



УДК 622.243.2

## РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКИХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ЗАБУРИВАНИЯ БОКОВОГО СТВОЛА СКВАЖИНЫ В ГОРНЫХ ПОРОДАХ ВЫСОКОЙ КАТЕГОРИИ ТВЕРДОСТИ



### DEVELOPMENT OF TECHNICAL AND TECHNOLOGICAL METHODS FOR DRILLING SIDETRACKS IN ROCKS OF HIGH HARDNESS CATEGORY

**Еловых Павел Федорович**

аспирант,  
начальник производственно-технологического отдела,  
Управление по организации геологоразведочных работ  
по Восточной Сибири (г. Красноярск) ООО «Газпром недра»  
pavlo.rt@mail.ru

**Нескоромных Вячеслав Васильевич**

доктор технических наук, профессор,  
заведующий кафедрой технологии и техники разведки  
месторождений полезных ископаемых,  
Институт горного дела, геологии и геотехнологий,  
Сибирский Федеральный Университет  
sovair@bk.ru

**Еловых Василий Федорович**

аспирант,  
инженер по бурению,  
АО «Бейкер Хьюз»  
vfelovykh@gmail.com

**Аннотация.** Рассмотрен процесс производства работ по забуриванию новых направлений из открытого ствола скважины, сложенного крепкими и твердыми породами, с опорой на искусственный забой. Рассмотрены и сформулированы дополнительные требования к применяемому породоразрушающему инструменту при забуривании нового ствола. Приведено описание долота для забуривания нового направления ствола скважины с искусственного забоя, позволяющее повысить эффективность процесса забуривания нового ствола скважины в твердых и крепких породах. Приведена последовательность производства работ по забуриванию нового ствола скважины с применением специально подготовленного долота. Приведен пример расчета установки опорно-центрирующего элемента в компоновке низа бурильной колонны для осуществления забуривания нового направления.

**Ключевые слова:** направленное бурение, забуривание нового ствола, долото, искривление скважины, наработка уступа, фрезерование стенки скважины, искусственный забой, цементный мост, компоновка низа бурильной колонны, бурение бокового ствола.

**Elovykh Pavel Fedorovich**

Postgraduate Student,  
Head of production  
and technology Department,  
Management of organization exploration  
in Eastern Siberia (Krasnoyarsk),  
LLC «Gazprom nedra»  
pavlo.rt@mail.ru

**Neskoromnykh Vyacheslav Vasilievich**

Doctor of Technical Sciences,  
Professor, Head of Department of Technology  
and engineering exploration  
of mineral deposits of Institute of mining,  
Geology and geotechnologies,  
Siberian Federal University  
sovair@bk.ru

**Elovykh Vasily Fedorovich**

Postgraduate Student,  
Drilling Engineer,  
Baker Hughes  
vfelovykh@gmail.com

**Annotation.** The production process of drilling the new hole from an open wellbore, composed of hard and hard rocks, based on artificial downhole, is considered. Additional requirements for the used rock cutting tool when drilling a new trunk are considered and formulated. The description of the bit for drilling a new direction of the wellbore from artificial downhole is given, which allows to increase the efficiency of the process of drilling a new wellbore in hard and hard rocks. The sequence of work on drilling a new wellbore using a specially prepared bit is given. An example of calculating the installation of the support-centering element in the drill string assembly bottom for drilling a new direction is given.

**Keywords:** directional drilling, the drilling the new hole, drill bit, the curvature of the wells, drilling of the bench, the milling of the borehole wall, the artificial downhole, cement artificial downhole, the drill string assembly bottom, the drilling sidetrack.

В последнее время, забуривание новых (боковых) стволов при осуществлении строительства разведочных, поисковых и структурных скважин является довольно часто применяемой технологической операцией. К забуриванию новых (боковых) стволов прибегают как при необходимости ликвидации сложного осложнения (обвалообразование горных пород, произвольное искривление профиля скважины, требующее корректировки и пр.), так и при ликвидации аварии в бурении (оставленный в скважине инструмент, нарушение целостности обсадной колонны и пр.).

Производство работ по забуриванию новых направлений из открытого ствола скважины является одной из наиболее серьезных и технологически сложных задач при осуществлении строительства скважин. При применении бесклиновых технологий для осуществления зарезания, основным методом считается, создание в месте забуривания искусственного забоя, образованного в основном отверждением



вяжущих материалов (чаще всего применяются цементные смеси), и дальнейшие работы по зарезанию нового ствола с применением различных отклонителей непрерывного действия. При проведении технологической операции в твердых и крепких горных породах, сложность и технологические требования к производству таких работ возрастает, в связи с увеличением прочности горной породы по отношению к прочности материала искусственного забоя и как следствие усложнение условий забуривания.

Рассмотрим более подробно процесс проведения работ по забуриванию нового направления из открытого ствола скважины с опорой на искусственный забой.

Специфика процесса забуривания нового направления состоит в том, что при зарезании существует начальный период формирования нового ствола скважины, который заключается в наработке уступа и является наиболее сложным во всем процессе забуривания. Успешность производства данного этапа во много определяет успешность осуществления всей операции по забуриванию. Условия работы отклонителей при этом носят экстремальный характер, косвенным подтверждением чего является повышение затрат мощности на бурение [1]. После образования уступа на определенную величину процесс искривления практически мало чем отличается от обычного процесса искусственного искривления.

Особую роль в производстве работ по забуриванию нового направления из открытого ствола скважины, сложенного крепкими и твердыми породами, прочность которых, как и категория буримости превышает данные параметры материала используемого искусственного забоя, принадлежит применяемому буровому (зарезному) инструменту.

Работоспособность, геометрические размеры и фрезерующая способность породоразрушающего инструмента в значительной степени определяют эффективность и технические возможности производства работ по забуриванию новых стволов скважины при забуривании дополнительного ствола скважины с искусственного забоя в твердых породах.

Долото, применяемое для забуривания дополнительных стволов скважины в твердых породах должно соответствовать следующим требованиям:

- высокая фрезерующая способность долота и стойкость фрезерующих элементов, поэтому при проведении работ в твердых породах фрезерующие элементы долота должны быть выполнены из алмазов или резцов PDC;
- торец долота должен иметь равномерное устойчивое опирание на забой для снижения вероятности соскальзывания с уступа и возвращения в основной ствол;
- угол бокового фрезерования должен быть максимальным;
- торец долота должен обладать острой режущей кромкой для интенсификации фрезерования и иметь плоскую или вогнутую форму.

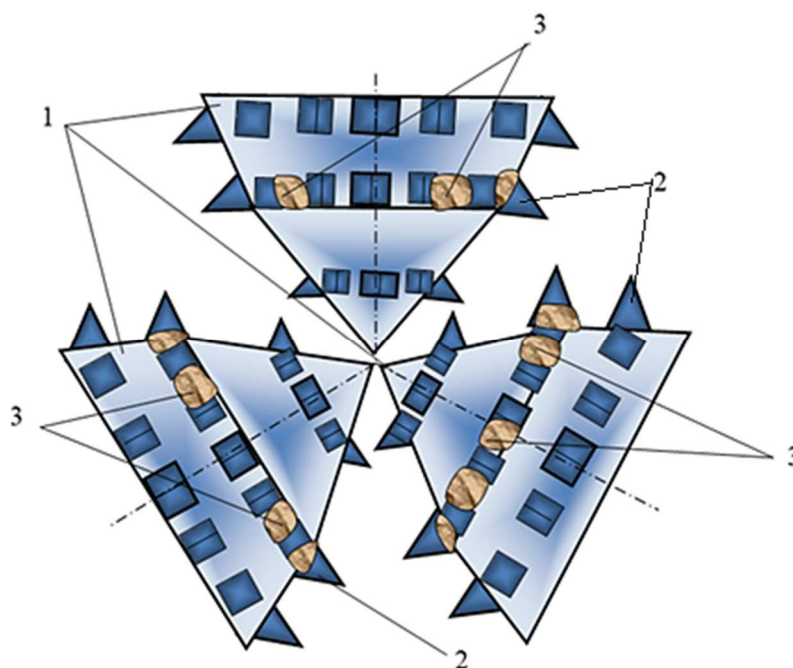
С целью повышения эффективности забуривания нового направления ствола скважины с искусственного моста в горных породах, твердость которых выше твердости материала искусственного забоя разработано следующее долото [2].

Долото с наплавляемым легкоизнашиваемым материалом, расположенным между породоразрушающими элементами среднего венца на каждой шарошке на высоту частично или полностью равную высоте породоразрушающих элементов (рис. 1), при этом высота покрытия наплавляемым материалом определяется из соотношения:

$$K = H - N \cdot h,$$

где  $K$  – высота покрытия, м;  $H$  – высота породоразрушающего элемента долота на среднем венце шарошки, м;  $N = h_3/h$  – требуемое соотношение глубин внедрения в породу породоразрушающих элементов долота без покрытия –  $h$  и после покрытия  $h_3$ .

Предлагаемое долото работает следующим образом. Долото с наплавками 3 между породоразрушающими элементами 2 устанавливается на валу отклонителя фрезерующего типа для забуривания нового направления ствола скважины с искусственного моста. Наплавки наносятся между породоразрушающими элементами 2 долота таким образом, чтобы ограничить скорость разрушения материала искусственного моста и создать благоприятные условия для забуривания нового направления ствола скважины за счет ограничения скорости бурения по материалу, из которого изготовлен мост в скважине. В процессе бурения происходит ограничение скорости бурения за счет снижения глубины внедрения породоразрушающих элементов 2 долота в материал искусственного забоя и активное фрезерование горной породы боковым вооружением долота, что позволяет достаточно эффективно производить забуривание нового направления ствола скважины. По мере бурения пластичный легко изнашиваемый (в сравнении с износом породоразрушающих элементов 2 и шарошек 1) материал изнашивается и породоразрушающие элементы 2 дополнительно обнажаются, что позволяет после забуривания нового направления ствола скважины, при разрушении горной породы обеспечить необходимую скорость бурения.



**Рисунок 1** – Долото для забуривания нового направления с нанесенным легко изнашиваемым материалом на средний венец шарошек долота

В данном случае ограничивая глубину внедрения породоразрушающих элементов 2 в требуемых для снижения механической скорости бурения пределах, удастся точно установить ограничение механической скорости и определить вероятное значение интенсивности искривления. Кроме этого достигается повышение эффективности работы долота за счет минимизация покрытия на шарошках и таким образом достигается эффект более точного обнажения породоразрушающих элементов вследствие износа материала покрытия при переходе долота в процессе забуривания с искусственного забоя в горную породу.

Для применения данного долота при осуществлении забуривания нового направления из открытого ствола скважины с искусственного забоя предлагается следующая технологическая последовательность операций.

#### 1. Определение места забуривания нового ствола.

По данным геофизических исследований и фактических данных о составе горных пород (анализ выбуренного шламового материала при бурении, данные механической скорости бурения) и степени разработанности ствола скважины в предполагаемом интервале забуривания, производится выбор места зарезания нового ствола. Участок для зарезания нового направления следует выбирать с минимальным коэффициентом кавернозности, т.е. с диаметром ствола скважины близким к номиналу, которым осуществлялось бурение скважины. Это необходимо для того, чтобы компоновка бурильных труб обеспечивала необходимую отклоняющую силу, направленную в сторону нового ствола скважины, на протяжении всего интервала зарезания.

#### 2. Создание искусственного забоя в интервале забуривания нового ствола скважины.

Для создания искусственного забоя необходимо применять цементы с максимальными прочностными характеристиками и с минимальными сроками схватывания цементного камня. Для повышения показателя твердости цементного камня можно использовать кварцевый песок. Эксперименты показывают [3], что в условиях низких и нормальных температур введение обычного крупнозернистого кварцевого песка в объеме до 20 % от веса цемента, позволяет повысить твердость образованного цементного камня в 1,5 раза.

Для установки цементного моста следует применять трубы с минимальной разницей диаметра тела трубы и диаметра резьбового соединения (НКТ, ГНКТ), для исключения нарушения структуры цементной смеси при установке цементного моста и последующего подъема заливочной колонны на глубину вымыва излишком цементного раствора.

После спуска заливочной колонны до нижней отметки устанавливаемого моста, производится промывка скважины с выравниванием параметров бурового раствора и последующая установка цементного моста в скважине. После установки цементного моста выдерживается необходимое время для затвердевания и набора прочности цементного камня. При производстве работ по установке цементного моста для последующего забуривания бокового ствола можно воспользоваться рекомендация изложенными в следующих работах [3, 4].



3. Выбор компоновки для осуществления забуривания нового ствола.

Компоновка низа бурильной колонны (КНБК) должна обеспечивать формирование нового ствола скважины в результате фрезерования стенки скважины боковой поверхностью долота и разрушения цементного камня его рабочей поверхностью с сохранением отклоняющей силы, направленной в сторону забуривания нового ствола скважины в интервале забуривания при поддержании постоянного режима бурения. Применяемая КНБК должна обеспечивать создание максимального коэффициента фрезерующей способности отклоняющей системы за счет применения долота с высоким коэффициентом фрезерующей способности и минимизации расстояния от долота до узла искривления в забойном двигателе, а также обеспечения совместного процесса фрезерования стенки скважины и асимметричного разрушения забоя за счет совпадающих по направлению действий данных процессов [5].

Для повышения надежности забуривания нового ствола скважины не малое значение будет иметь также и создаваемая под действием нагрузки на инструмент полуволна бурильных труб, установленных над забойным двигателем. При достаточно малой нагрузке на долото, в прямолинейной колонне остаётся также прямолинейной. По мере увеличения осевой нагрузки бурильная колонна изгибается и соприкасается со стенкой скважины – это явление называется продольным изгибом первого порядка, при дальнейшем увеличении осевой нагрузки бурильная колонна изгибается повторно – это изгиб второго порядка и т.д. Таким образом, при изменении осевой нагрузки длина полуволны бурильного инструмента будет изменяться, тем самым возможна дезориентация отклоняющей системы реализующей совместное фрезерование стенки скважины и асимметричное разрушение забоя от совпадающих по направлению действий данных процессов до несовпадающих, в результате прогиба вала-ротора забойного двигателя под действием высокой осевой нагрузки.

Для минимизации влияния изменения полуволны бурильного инструмента на пространственное положение породоразрушающего инструмента, необходимо учитывать текущий зенитный угол скважины и применяемую КНБК, определить, в некоторых пределах, значения осевой нагрузки при бурении наклонного ствола скважины, и исходя из данных показателей подобрать оптимальное расположение опорно-центрирующих элементов в КНБК. Опорно-центрирующие элементы расположить таким образом, чтобы между местом контакта отклонителя со стенкой скважины (в месте установленного узла искривления) и установленной опорой создавалась полуволна бурильного инструмента с касанием противоположенной стенки скважины, что позволит создать оптимальное соотношение осевой нагрузки и отклоняющей силы, под воздействием которой производится фрезерование боковой стенки скважины в требуемом направлении (рис. 4).

Для определения места расположения промежуточного опорно-центрирующего элемента и расчета длины полуволны бурильной колонны используем методику Г. Вудса и А. Лубинского [6] с использованием номограммы Б.З. Султанова [7], учитывающих в расчете такой показатель как зенитный угол. Длина нижней полуволны  $L_r$ , по предложенной методике будет зависеть от осевой нагрузки и зенитного угла скважины  $\theta$ :

$$\frac{\theta \times m}{r}, \tag{1}$$

где  $\theta$  – зенитный угол, рад;  $m$  – длина безразмерной единицы веса в метрах;  $r$  – кажущийся радиус ствола скважины, м.

Для нашего случая, учитывая, что мы производим расчет образовавшейся полуволны утяжеленных бурильных труб от места контакта отклонителя со стенкой скважины, а не от долота, выражение для определения нижней полуволны примет вид:

$$\frac{\theta \times m}{2r}. \tag{2}$$

Под кажущимся радиусом ствола подразумевается стрела прогиба колонны в скважине определенного диаметра. Величина кажущегося радиуса скважины  $r$ , определяется из выражения:

$$r = \frac{D_c - d_{БК}}{2}, \tag{3}$$

где  $D_c$  и  $d_{БК}$  – соответственно диаметры скважины и бурильной колонны.

Длина одной безразмерной единицы (б.е.) веса в метрах, определяется следующим выражением:

$$m = 10^{-2} \sqrt[3]{\frac{E \times I}{10^{-2} \times P_{БКЖ}}}, \tag{4}$$

где  $E$  – модуль Юнга для стали, даН/см<sup>2</sup>;  $I$  – момент инерции поперечного сечения бурильной трубы, см<sup>4</sup>;  $P_{БКЖ}$  – вес 1 метра бурильной трубы в промывочной жидкости, даН/м.



Вес 1 метра буровой трубы в промывочной жидкости определяется следующим образом:

$$P_{\text{бкпж}} = P_{\text{бк}} \times \frac{\gamma_{\text{мет}} - \gamma_{\text{бр}}}{\gamma_{\text{мет}}}, \quad (5)$$

где  $P_{\text{бк}}$  – вес 1 метра буровой трубы, м;  $\gamma_{\text{мет}}$  и  $\gamma_{\text{бр}}$  – соответственно удельный вес металла буровой трубы и промывочной жидкости, г/см<sup>3</sup>;

После определения длины полутолны и места касания колонны утяжеленных буровых труб с противоположенной стенкой скважины, опорно-центрирующий элемент предлагается разместить на двукратном расстоянии длины полутолны от места соприкосновения отклонителя со стенкой скважины, что позволит создать оптимальное соотношение осевой нагрузки и отклоняющей силы.

#### Пример

Рассчитать длину полутолны для установки опорно-центрирующего элемента для следующей КНБК: долото 215,9 мм (высота долота 0,3 м), забойный двигатель ДГР-172 длиной 8,6 м с регулируемым углом искривления ( $\gamma = 1,5^\circ$ ) на расстоянии 1,9 м от присоединительной резьбы к долоту, УБТС-165х57 – 200 метров, при создаваемой нагрузке при углублении наклонного ствола скважины 100–200 кН. Плотность минерализованного полимерглинистого раствора составляет 1,25 г/см<sup>3</sup>. Зенитный угол ствола скважины составляет 30° (0,5236 рад).

Вес 1 метра УБТС-165х57 в воздухе составляет 144 даН.

$$P_{\text{бкпж}} = 144 \times \frac{7,85 - 1,25}{7,85} = 122 \text{ даН.}$$

Длина безразмерной единицы веса УБТС-165 в буровом растворе составит:

$$m = 10^{-2} \sqrt[3]{\frac{2,1 \cdot 10^6 \cdot 3,14 \cdot (16,5^4 - 5,7^4)}{10^{-2} \times 122 \cdot 64}} = 18,34 \text{ м.}$$

Вес одной безразмерной единицы составит:  $18,34 \cdot 122 = 2237,5 \text{ даН} = 22,38 \text{ кН}$ .

Для заданных осевых нагрузок количество безразмерных единиц составит:  $100 : 22,38 = 4,5 = 5 \text{ б.е.}$ ;  $200 : 22,38 = 8,9 = 9 \text{ б.е.}$

Кажущийся радиус скважины будет равен:

$$r = \frac{0,216 - 0,165}{2} = 0,0255 \text{ м.}$$

Для определения длины полутолны, в данных условиях, выражение примет вид:

$$\frac{\theta \times m}{2r} = \frac{0,5236 \cdot 18,34}{2 \cdot 0,0255} = 189.$$

Таким образом, для наших условий, согласно номограмме по Б.З. Султанову, длина полутолны составит:

- для нагрузки 100 кН – 0,58 б.е. – 10,6 м;
- для нагрузки 200 кН – 0,55 б.е. – 10,1 м;

Для создания наиболее благоприятных условий при бурении наклонного ствола данной скважины опорно-центрирующий элемент необходимо будет разместить на расстоянии равном двукратной длине полутолны, т.е. 20,2–21,2 м от узла искривления (кривой переводник).

Для использования максимального значения коэффициента фрезерующей способности всей КНБК и создания оптимального соотношения осевой нагрузки и отклоняющей силы, под воздействием которой будет производиться фрезерование боковой стенки скважины в требуемом направлении, а также для снижения вероятности дезориентации долота на забое при забурировании нового ствола скважины нужно предусмотреть установку опорно-центрирующего элемента в КНБК таким образом, чтобы место соприкосновения буровых труб со стенкой скважины находилось между местом касания искривляющего элемента со стенкой скважины и установленного опорно-центрирующего элемента.

#### 4. Подбор и нанесение легко изнашиваемого материала на долото.

При забурировании нового направления ствола скважины долото изначально разрушает мягкий искусственный забой и фрезерует более твердую горную породу. В этот момент необходимо ограничить скорость бурения по искусственному забою, сохраняя скорость фрезерования на максимальном уровне. В последующем, после некоторого частичного забурирования в стенку скважины, необходимо производить разрушение торцевыми элементами долота твердую горную породу.

Учитывая то, что забурирование производится в крепких и твердых породах, в качестве долота для забурирования можно рассмотреть трехшарошечное долото типа ОК, применяемые для бурения крепких и очень крепких пород. Торцевое вооружение данных долот представлено наименее агрессивными твердосплавными вставками сферической формы с небольшим вылетом над корпусом шарошек, что не позволит произвести быстрое разрушение цементного камня. Проведение дополнительной подготовки долота, методом закрытия части торцевого вооружения на среднем венце шарошки позволит еще более снизить скорость бурения цементного камня.



Для успешного забуривания нового ствола необходимо обеспечить следующее соотношение скорости бурения  $v_6$  и скорости фрезерования  $v_\phi$ :

$$\frac{v_\phi}{v_6} \geq 1. \quad (6)$$

Выражение для расчета скорости бурения  $v_6$  можно аналитически записать в виде выражения:

$$v_6 = \omega_{ш} h_6 N Z_{ш}^c, \quad (7)$$

где  $\omega_{ш}$  – частота вращения шарошки долота,  $\text{мин}^{-1}$ ;  $h_6$  – глубина внедрения в породу породоразрушающего элемента на среднем венце шарошки долота, м;  $N$  – число шарошек у долота;  $Z_{ш}^c$  – число породоразрушающих элементов в среднем венце шарошки долота.

Скорость фрезерования  $v_\phi$  можно определить по аналогичной формуле:

$$v_\phi = \omega_{ш} h_\phi N Z_{ш}^\phi, \quad (8)$$

где  $h_\phi$  – глубина внедрения в породу породоразрушающего элемента на боковом фрезерующем венце шарошки долота, м;  $Z_{ш}^\phi$  – число породоразрушающих элементов на боковом фрезерующем венце шарошки долота.

Таким образом, соотношение (6) примет следующий вид:

$$\frac{v_\phi}{v_6} = \frac{h_\phi Z_{ш}^\phi}{h_6 Z_{ш}^c} \geq 1. \quad (9)$$

Для расчета значений  $h_6$ , учитывая, что нами для забуривания выбрано долото типа ОК с породоразрушающими элементами сферической формы, можно воспользоваться следующей формулой [8]:

$$h_6 = r - \sqrt{r^2 - \frac{P}{\pi p_{из}(1 + \tan \varphi)}}, \quad (10)$$

где  $r$  – радиус сферического породоразрушающего элемента, м;  $P$  – осевая нагрузка на породоразрушающий элемент, Н;  $p_{из}$  – твердость искусственного забоя, Па;  $\varphi$  – угол внутреннего трения, град.

Следовательно, для повышения результативности при забуривании нового направления ствола скважины с искусственного забоя можно ограничить глубину внедрения породоразрушающих элементов в горную породу  $h_6$ , путем нанесения легко изнашиваемого материала между породоразрушающими элементами среднего венца, и число активно работающих породоразрушающих элементов среднего венца шарошек долота  $Z_{ш}^c$ , путем полного исключения последних из работы по разрушению забоя, методом наплавки легко изнашиваемого материала на всю высоту породоразрушающих элементов.

5. Проведение работ по забуриванию нового ствола скважины с опорой на искусственный забой.

После производства вышеперечисленных подготовительных работ к забуриванию нового направления, направленных на повышение эффективности и снижение затрат времени на резание, осуществляются непосредственно работы по забуриванию нового направления.

Данные мероприятия позволяют реализовать следующие задачи при проведении операции по забуриванию нового ствола скважины из открытого ствола в породах высокой категории твердости:

- Повышение скорости фрезерования стенки скважины  $v_\phi$  над скоростью бурения искусственного забоя  $v_6$ , тем самым повышение эффективности резания нового ствола скважины;
- Производство работ по забуриванию нового направления без ограничений нагрузки в период наработки уступа, за счет дополнительной подготовки долота, путем нанесения легко изнашиваемого материала между породоразрушающими элементами среднего венца шарошек долота.
- Создания оптимального соотношения осевой нагрузки и отклоняющей силы, под воздействием которой будет производится фрезерование боковой стенки скважины в требуемом направлении, за счет размещения опорно-центрирующего элемента на расстоянии равном двукратной длине полуволны от узла искривления забойного двигателя.
- Сокращение времени на производство работ по забуриванию нового направления ствола скважины и его дальнейшему бурению, за счет интенсификации процесса наработки уступа и сокращения времени на производство спускоподъемных операций. При забуривании нового ствола, предварительно нанесенный между породоразрушающими элементами среднего венца шарошек, легко изнашиваемый материал изнашивается, и породоразрушающие элементы обнажаются, что позволяет продолжить работы по бурению уже нового ствола скважины без дополнительных спускоподъемных операций для замены долота.



## Литература

1. Нескоромных В.В. Методы и технические средства бесклинового забуривания дополнительных стволов скважин с искусственных забоев. – МГП «Геоинформмарк», 1993. – 55 с.
2. Долото для забуривания нового направления ствола скважины с искусственного забоя. Полезная модель № 178915 / Нескоромных В.В., Петенёв П.Г., Еловых П.Ф. / заявка 2017143959 от 14.12.2017, опубликовано 23.04.2018, 6 с.
3. Гилязов Р.М. Методика расчета цементных мостов для забуривания боковых стволов // Бурение и нефть. – 2003. – № 3. – С. 18–19.
4. Инструкция по забуриванию дополнительного ствола из обсаженной эксплуатационной скважины : РД 39-0148052-550-88. – М., 1988. – 85 с.
5. Еловых П.Ф., Нескоромных В.В., Еловых В.Ф. Определение коэффициента боковой фрезерующей способности отклоняющей системы при бурении наклонно-направленного ствола скважины // Инженер-нефтяник. – 2018. – №1. – С. 11–14.
6. Вудс. Г., Лубинский А. Искривление скважин при бурении. – М. : Гостоптехиздат, 1960. – 162 с.
7. Музапаров М.Ж. Направленное бурение : учебник. – Алматы : КазНТУ, 2001. – Т. 1: Бесклиновая технология. – 205 с.
8. Нескоромных В.В. Разрушение горных пород при бурении скважин : учеб. пособие. – М. : «ИНФРА-М», Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2015. – 336 с.

## References

1. Neskormnykh V.V. Methods and technical means of wedge-free drilling of additional wells from artificial faces. – IHL «Geoinformmark», 1993. – 55 p.
2. A bit for drilling a new direction of the wellbore with artificial downhole. Utility model № 178915 / Neskormnykh V.V., Petenev P.G., Elovych P.F. / application 2017143959 dated 12/14/2017, published 04/23/2018, 6 p.
3. Gilyazov R.M. The calculation method of cement bridges for sidetracking // Drilling and Oil. – 2003. – № 3. – P. 18–19.
4. Instruction for drilling an additional shaft from a cased production well : RD 39-0148052-550-88. – M., 1988. – 85 p.
5. Elovych P.F., Neskormnykh V.V., Elovych V.F. Determination of the coefficient side of the milling abilities of the deflection system in the drilling of a directional wellbore // Oil engineer. – 2018. – № 1. – P. 11–14.
6. Woods G., Lubinsky A. Curvature of wells during drilling. – M. : Gostoptekhizdat, 1960. – 162 p.
7. Muzaparov M.Zh. Directional Drilling : a textbook. – Almaty : KazNTU, 2001. – Vol. 1: Wedge-free technology. – 205 p.
8. Neskormnykh V.V. Rock destruction during well drilling : Textbook. – M. : «INFRA-M», Krasnoyarsk : Sib. Feder. Univ., 2015. – 336 p.