

УДК 621.45.01 : 004.945

БУРОВОЕ ШАРОШЕЧНОЕ ДОЛОТО ДЛЯ БУРЕНИЯ БОКОВЫХ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СКВАЖИН МАЛОГО ДИАМЕТРА

© 2020 Р.М. Богомолов

Самарский государственный технический университет

Статья поступила в редакцию 12.05.2020

В статье даны результаты исследований по разработке бурового инструмента для строительства боковых стволов горизонтальных скважин. Приводятся рекомендации по созданию принципиально новых буровых долот малого диаметра, обусловленного габаритами внутреннего диаметра нарезаемой обсадной колонны, обеспечивающих эффективное бурение.

Ключевые слова: горизонтальные боковые стволы скважин, отверстия – окна в обсадной колонне, технология выполнения таких окон, конструкции одношарошечных долот, их шарошек, твердосплавное породоразрушающее вооружение шарошек, динамика разрушения породы на забое

DOI: 10.37313/1990-5378-2020-22-3-44-48

На сегодня в РФ насчитываются сотни тысяч бездействующих глубоких нефтяных и газовых скважин, на бурение которых, в своё время, были затрачены очень большие средства, сотни тысяч тонн вспомогательных материалов, расходованных при бурении и обустройстве скважин. Для предохранения стенок скважин от обрушения и для разобщения обнаженных пластов одного от другого, в скважину спускается непрерывная стальная колонна свинченных обсадных труб. После закачки цементного раствора в затрубное пространство и его застывания, обеспечивается герметичность обсадной колонны, необходимая для транспортировки внутри неё добываемой нефти. Внутри колонны нефть поступает через отверстия, простреливаемые специальным устройством изнутри колонны, сквозь тела трубы, цементного слоя в затрубном пространстве и заканчивающиеся непосредственно внутри нефтяного пласта. Если давление в нефтеносном пласте избыточное, нефть в колонну и наверх по ней поступает самотеком. При недостаточно высоком давлении пласта, внутри колонны создается вакуумирование с помощью специального насоса станка – качалки, вызывающего искусственный приток нефти в колонну и, далее в накопитель.

Со временем эксплуатации, давление в пласте падает, приток нефти уменьшается настолько, что дебет – суточный объем добычи нефти, не перекрывает затраты на рабочую эксплуатацию скважины. В этом случае скважина относится к разряду бездействующих и консервируется.

В последние десятилетия, в нашей стране и за рубежом, всё шире применяются различные технологические методы реанимации бездей-

ственных скважин. Чтобы использовать с минимальными затратами часть уже пробуренного и обустроенного ствола скважины, из её внутреннего пространства забуриваются новые боковые стволы, проходящие непосредственно внутри продуктивного пласта. Если при бурении вертикальных или наклонных скважин интервал встречающихся продуктивных пластов относительно невелик и исчисляется несколькими метрами, то при бурении боковых горизонтальных стволов непосредственно внутри продуктивных пластов, их длина исчисляется сотнями и даже тысячами метров, а количество простреливаемых отверстий для прохода нефти никак не лимитируется. Новые стволы проходят в зонах, где пластовые давления и количество нефти значительно увеличиваются и дебит становится многократно большим.

На пути внедрения указанной технологии бурения боковых стволов имеется немало трудностей. Одна из них – сложность выфрезерования окна в очень ограниченном пространстве внутри обсадной трубы, обычно имеющей диаметр всего 160 мм, в интервале глубин, исчисляемых многими сотнями метров, где залегает продуктивный горизонт. Для вырезания окна в стенке обсадной трубы необходим набор сложных режущих инструментов, опытный и квалифицированный персонал, большие временные и финансовые затраты.

Другая большая трудность состоит в том, что размер бурового долота для бурения бокового ствола должен быть ещё меньше, чем диаметр окна, для свободного прохождения и изменения направления при входе в окно при переходе долота из трубы в новую скважину. Поэтому обычно диаметр долота для бурения боковой скважины не превышает 124,5 мм. Диаметр труб колонны, на которой это долото закрепляется и

Богомолов Родион Михайлович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Бурение нефтяных и газовых скважин». E-mail: valevska@mail.ru

подвешивается на крюке буровой вышки, должен быть ещё меньше, чем у долота. Полный вес этой колонны, предназначенный для создания разрушающей нагрузки на породу, уменьшается ещё из-за того, что поверхность забоя при бурении бокового ствола располагается не горизонтально, как при вертикальном или наклонном бурении, а вертикально. При таком бурении корпус долота и колонна внутри боковой скважины находятся в прямом соприкосновении с её стенкой, создавая дополнительное трение при перемещении колонны. Это, в свою очередь, снижает возможность создания необходимой осевой нагрузки на вертикальный забой. Из – за малого осевого давления на породу забоя, недостаточного для объемного разрушения, порода разрушается малоэффективным истиранием. Поэтому проблемы повышения эффективности бурения боковых стволов пытаются решить ученые всех стран, занимающиеся этой технологией.

В начале внедрения технологии бурения новых стволов боковых скважин в качестве инструмента применялись обычные серийные трехшарошечные долота [1] малого размера. Выше отмечалось, что из – за малых размеров выфрезеровываемого бокового окна в стенке обсадной колонны, диаметр такого долота не может превышать 124 мм. При таком размере долота максимальные размеры его компонентов имели слишком маленькие габариты. Минимальные наружные размеры каждой из трёх шарошек такого долота не позволяли обеспечить достаточную прочность толщины опасных сечений их корпусов, подшипниковых опор, не позволяли разместить и закрепить в стенках шарошек достаточное количество стойких к поломкам и истиранию породоразрушающих зубков, а значит обеспечить до выхода долота из строя достаточную механическую скорость бурения и проходку на долото. Это заставило буровиков использовать в качестве инструмента для бурения боковых стволов одношарошечные долота [2], в габаритах которого можно было разместить единственную шарошку, равную по диаметру самого долота. В таком долоте габариты и схема опоры шарошки, толщина её стенки в опасном сечении, позволяли обеспечить кратно большую прочность и стойкость всех элементов долота при бурении, а, главное, надежно закрепить на стенке шарошки более крупные по размеру твердосплавные зубки.

Однако, динамика разрушения породы на забое одношарошечными долотами имела свои недостатки. Их применение было эффективным только лишь при бурении мягких и средних малоабразивных пород. Динамика разрушения пород с помощью этих долот сводилась к безударному соскребаанию породы с поверхности полусферического забоя заостренными верши-

нами копытообразных твердосплавных зубков. Поэтому, наряду с вышеуказанными преимуществами одношарошечных долот малого размера, буровикам приходилось мириться и с отрицательным их свойством, резко ограничивающим их применение.

Соскребание породы вооружением одношарошечного долота эффективно только при наличии острой кромки на вершине зубков. При её, даже малом, притуплении, например при росте площади контакта кромки с породой на 30%, механическая скорость бурения падала в 2 раза. Другое отрицательное свойство таких долот состояло в том, что полное перекрытие поверхности забоя, без сохранения на нём непораженных зон, препятствующих углублению долота, происходит только через 18 - 20 оборотов шарошки.

Применению одношарошечного долота препятствовало и ещё одно отрицательное свойство. Разрушение породы по полусферическому забою, особенно в сдвинутых слоях, плохо центрирует углубление долота, способствуя искривлению скважины.

С целью повышения эффективности и надежности работы долота при бурении боковых горизонтальных скважин, исключения вышеуказанных недостатков трехшарошечных и одношарошечных долот, использования их преимуществ, предложен новый буровой инструмент [3]. Его конструкция содержит корпус с промывочными каналами, состоящий из двух или более секций. На цапфе лапы одной из секций, отходящей внутрь долота и наклоненной вниз относительно его оси, с помощью подшипников устанавливается единственная шарошка с породоразрушающими фрезерованными зубьями или твердосплавными зубками. В окнах второй и третьей секций устанавливаются ещё две вертикальные калибрующие шарошки. Поверхности породоразрушающей и выступающие зубки двух калибрующих шарошек, образуют диаметр долота. Вертикальные плоскости, проходящие через оси калибрующих шарошек и ось долота, а также через среднюю точку касания обратного конуса породоразрушающей шарошки, максимально удаленную от оси долота, составляют между собой углы 120 градусов.

Калибрующие шарошки имеют цилиндрическую форму и оснащаются твердосплавными зубками, расположенными на наружной поверхности с условием равномерного её перекрытия. Это необходимо для исключения поперечных боковых колебаний долота при перекачивании калибрующих шарошек по стенке скважины.

Общий вид долота показан на рис. 1.

Корпус долота образуется двумя свариваемыми секциями 1 и 2, на хвостовике корпуса нарезается присоединительная резьба 3. На цапфе 4 секции 1 подвижно закреплена шарошка 5, на-

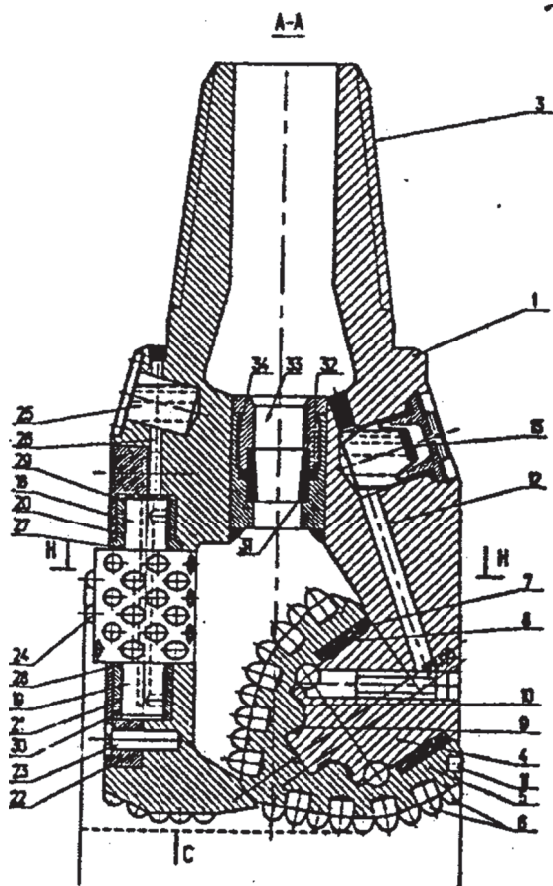


Рис. 1. Общий вид долота

ружная поверхность которой оснащена породоразрушающими элементами 6. Последние могут выполняться как в виде фрезерованных зубьев, наплавленных твердым сплавом, так и в виде вставных твердосплавных зубков, как показано на рис. 1.

Опора породоразрушающей шарошки может иметь любую известную схему, например герметизированную маслonaполненную, с элементами: « подшипник скольжения – шариковый – упорный бурт – подшипник скольжения », как показано на рис.1. Герметизация подшипников опоры может осуществляться эластичным кольцом 7 различного сечения, например круглого. Радиальные подшипники могут выполняться как с промежуточной втулкой скольжения 8, так и без таковой – 9. Торцевой подшипник 10 может выполняться без промежуточного антифрикционного кольца – шайбы или с таковым (на рис. 1 не показано).

Зубки на шарошке 5 расположены таким образом, чтобы перекрыть полностью радиус забоя, поскольку разрушение породы на забое осуществляет только эта шарошка. Для предотвращения от потери долотом диаметра при бурении. Установлен ряд зубков 11 со стороны стенки скважины. Компенсация расхода смазки при бурении осуществляется через систему каналов 12 мембранным узлом 13, включая

полость на замковом пальце и подводные отверстия в цапфе (на рис.1 не показаны). Назначение секции 2 (рис. 2), кроме образования корпуса долота, состоит также в том, чтобы разместить и удерживать калибрующие шарошки 14 и 15 в окнах 16 и 17.

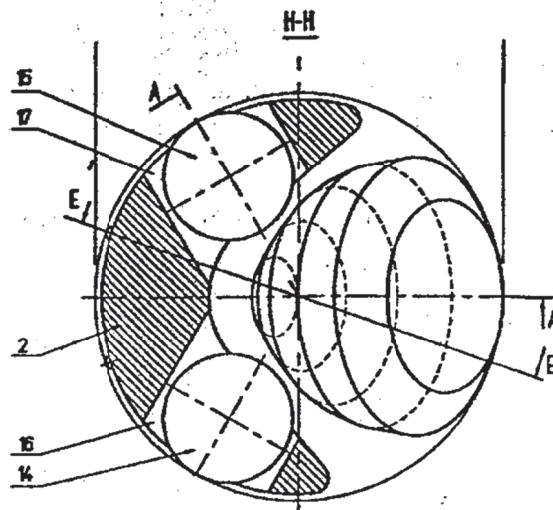


Рис. 2. Сечение долота по Н-Н

Секция 2, для упрощения технологии, может состоять из двух половин, соединяемых сваркой с секцией 1. Шарошки 14 и 15 имеют цилиндрические подшипниковые шейки 18 и 19, с помощью которых они закреплены в теле секции 2 с помощью антифрикционных установочных втулок 20 и 21, и крышки 22 с винтами 23 таким образом, чтобы вершины твердосплавных зубков 24, находились на поверхности, определяющей диаметр долота, как показано схематично на разрезе Н – Н на рис.2. В верхней части секции 2 предусмотрен масляный резервуар 25 с системой каналов 26, соединяющих его с зонами трения во втулках 20 и 21. Для предохранения шеек 18 и 19 от попадания шлама во время бурения, сверху и снизу втулок 20 и 21 предусмотрены эластичные пары уплотнительных колец 27 и 29, а также 28 и 30.

Вдоль оси долота для обеспечения промывки забоя промывочной жидкостью, предусмотрена насадка – сопло 31 с уплотнительным кольцом 32 и резьбовой втулки 33, фиксирующей при завороте в резьбовое соединение 34 насадку – сопло 31.

На рис 3 изображен вид снизу секции 2. Зубки 35 расположены на её нижнем торце таким образом, чтобы они дополнительно перекрывали радиус забоя и разрушали воротники, а также защищали обращенную к забою поверхность 36 от абразивного износа.

На рис. 4 показано продольное сечение В - В части корпуса, показанной на рис. 3, с приближенным к забою промывочным узлом. Каналы 37 обеспечивают подачу промывочной жидко-

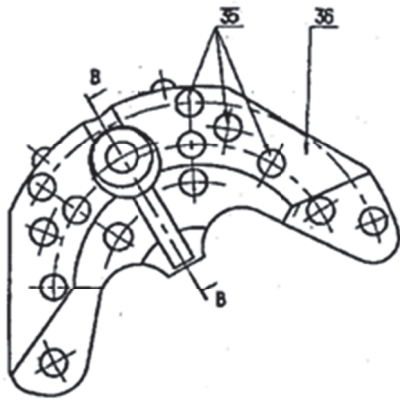


Рис. 3. Вид снизу секции 2

сти через износостойкую насадку – сопло 38 с боковым эластичным уплотнением 39 и стопорным кольцом 40. Для лучшей очистки забоя и перекрытия его радиуса струёй, под боковой насадкой 38 предусмотрен радиальный канал 41.

Буровое долото работает следующим образом. При его вращении колонной бурильных труб или забойным двигателем и создании осевой нагрузки, породоразрушающая шарошка перекачивается по забою, разрушая породу ударно-скалывающим воздействием. С помощью периферийного венца и вооружения обратного конуса породоразрушающей шарошки, а также с помощью обеих калибрующих шарошек, осуществляется калибрование стенки скважины.

Предлагаемое долото имеет следующие особенности, способствующие возможности его применения:

Конструкция позволяет резко, до 40%, повысить стойкость работы опоры за счет увеличения габаритов породоразрушающей шарошки, по сравнению с габаритами шарошек трехшарошечного долота того же диаметра.

Возможность усилить стойкость от сколов и абразивного износа твердосплавных зубков шарошки за счет возможности резкого увеличения их размеров.

Поскольку при работе предлагаемого долота в контакте с поверхностью забоя находятся зубки только одной шарошки, вместо трех как у трехшарошечного долота такого же диаметра, значительно возрастает удельная нагрузка на породу под каждым зубком. Это позволяет или повысить механическую скорость бурения, или снизить общую осевую нагрузку на долото, создавая щадящие условия для повышения срока работы опоры.

Калибрующие шарошки, равноудаленные друг от друга и от середины касания породоразрушающей шарошки со стенкой скважины, центрируют положение долота, препятствуя уходу оси скважины от заданного направления и калибруют стенку.

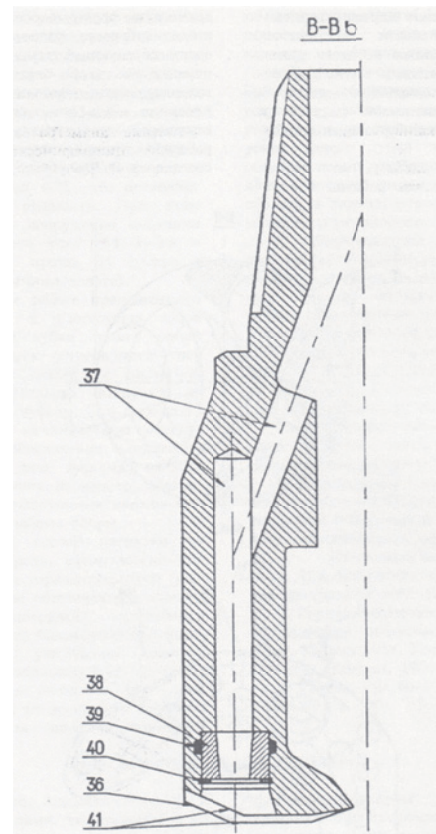


Рис. 4. Продольное сечение В - В части корпуса

В отличие от одношарошечного долота, способного разбуривать только лишь мягкие и средние малоабразивные породы безударным методом срезания, предлагаемое долото позволяет бурить ещё и твердые, твердокрепкие и крепкие породы ударно – скалывающим методом.

В отличие от одношарошечных долот, позволяющих обеспечивать их углубление только после полного срезания непоражаемых участков после 18 – 20 оборотов шарошки, предлагаемое долото полностью перекрывает поверхность забоя практически за один оборот, что повышает механическую скорость бурения.

Обеспечивается более интенсивная очистка забоя за счет комбинированного расположения насадок – сопел. Боковая, приближенная к забою насадка обеспечивает гидромониторное воздействие и разрушает породу, смывая её. Центральная – очищает центральную зону забоя от шлама и породоразрушающую шарошку. Это дополнительно позволяет повысить механическую скорость бурения.

Приведенные в статье предлагаемые конструктивные отличия способствуют повышению показателей работы шарошечного долота при бурении новых боковых стволов горизонтальных скважин и получению значительного экономического эффекта. Испытания опытных образцов в стендовых и промысловых условиях подтвердили правильность направлений выбора элементов долота, а также его работоспособность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горнодобывающее и нефтепромысловое оборудование, выпускаемое ОАО «Волгабурмаш», каталог-справочник, изд. Каспиен Коммьюникейшн Лимитед, Лондон, 1998. С28-41.
2. Масленников И.К. Справочник «Буровой инструмент». М.: Недра, 1989. С 14-17.
3. Марков О.К., Богомолов Р.М. и др. Буровое долото. Патент РФ № 2179619 кл. Е 21 В 10/20. 2000.

DRILLING ROCK BIT FOR HORIZONTAL WELLS SMALL DIAMETER

© 2020 R.M. Bogomolov

Samara State Technical University

The article presents the results of researches carried out to develop the design of drilling rock bin of small diameter, intended for drilling of additional sidetracks of horizontal wells.

Recommendations on the development of fundamentally new bits.

Keywords: horizontal lateral well bores; holes—windows in the casing string; sidetrack entrance; rock destroying drill pipes; drilled horizons; drill bit body.

DOI: 10.37313/1990-5378-2020-22-3-44-48