

УДК 621.1

СОЗДАНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ АЛМАЗНЫХ ДОЛОТ ДЛЯ БУРЕНИЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ БОКОВЫХ СТВОЛОВ

© 2016 Р.М. Богомолов, А.М. Гринев, Н.И. Дедов

Самарский государственный технический университет

Статья поступила в редакцию 20.09.2016

Приводятся результаты исследований для разработки инновационной конструкции алмазных долот малого диаметра для строительства боковых стволов наклонных и горизонтальных скважин. На основе анализа различных вариантов формы и работы алмазных долот, разработаны рекомендации по созданию принципиально новых долот с эффектом самоввинчивания, компенсирующим осевую нагрузку от веса бурильной колонны уменьшенного диаметра, обусловленного габаритами внутреннего диаметра обсадной колонны. Этого веса, как правило, недостаточно для разрушения породы на забое и интенсивной работы алмазного долота.

Ключевые слова: горизонтальные боковые стволы скважин, отверстия-окна в обсадной колонне, заход в боковой ствол, породоразрушающие алмазные резцы (РДС), бурильные трубы, разбуриваемые горизонты, корпус долота, вибрации при бурении, эффект самоввинчивания долота

В нашей стране сегодня насчитываются сотни тысяч бездействующих глубоких нефтяных скважин, на бурение и обустройство которых, в свое время, были затрачены очень большие средства, тысячи тонн металла труб и других исходных материалов.

Причин бездействия таких скважин несколько, но самой распространенной из них можно считать истощение нефтяных пластов в близлежащей зоне расположения скважин.

При обустройстве каждой новой скважины после окончания ее бурения, для предохранения стенки ствола от обрушения и разобщения давления обнаженных пластов одного от другого, в скважину обязательно спускается непрерывная обсадная стальная колонна из свинченных труб. После закачки цементного раствора в затрубное пространство и его застывания, обеспечивается герметичность внутри обсадной колонны, которое необходимо для транспортировки внутри колонны добываемой нефти. Внутри колонны нефть поступает через отверстия, простреленные специальным устройством изнутри пространства колонны, сквозь тела трубы, сквозь цементного слоя в затрубном пространстве и заканчивающиеся в пространстве нефтеносного нефтеносного пласта. Именно через эти отверстия нефть попадает внутрь колонны и самотеком, если до-

статочно давление в нефтеносном пласте, или с помощью вакуумного насоса – подъемника станка – качалки, транспортируется наверх.

Со временем давление в пласте падает, частично засоряются или запарафиниваются простреленные отверстия. Дебет – суточный объем добычи нефти в сутки – падает, затраты на рабочую эксплуатацию, нерентабельная скважина становится бездействующей.

За последние три десятилетия в РФ и за рубежом все шире применяются различные технологии по реанимированию добычи нефти из таких бездействующих скважин. Одна из таких технологий состоит в следующем. Чтобы максимально использовать без дополнительных затрат хотя бы часть уже пробуренного и обустроенного ствола бездействующей скважины, часть ее ствола и обсадной колонны используется при забуривании новых боковых стволов. В выбранном интервале обсадной трубы выфрезеровываются боковые отверстия в направлении будущей дополнительной скважины. Новые скважины проходят непосредственно внутри продуктивного пласта, часто на несколько километров, в зоны, где пластовое давление и количество нефти значительно больше. При этом длина трубы коллектора – сборника позволяет выполнить многократно большее количество сборочных отверстий из пласта в полость обсадной трубы. Их увеличенное количество позволяет резко увеличить суточный дебит боковой скважины и сделать ее рентабельной. Большое количество новых сборочных отверстий позволяет также замедлить сроки их засорения и запарафинивания.

На пути внедрения этой технологии бурения новых горизонтальных стволов имеется немало

Богомолов Родион Михайлович, доктор технических наук, профессор, заведующий базовой кафедрой «Инновационные технологии» ОАО «Волгабурмаш» при кафедре «Технология машиностроения» СамГТУ. Тел. 332-45-88. Гринев Алексей Михайлович, технический директор ОАО «Волгабурмаш» – начальник СКБ по долотам. Тел. 300-80-71.

Дедов Николай Иванович, кандидат технических наук, профессор кафедры «Механика» СамГТУ. Тел. 333-50-65.

трудностей. Одной из них является выфрезеровывание окна в очень ограниченном внутритрубном пространстве обсадной колонны диаметром всего 160 мм. в интервале глубин, исчисляемых сотнями метров, выбираемом достаточно близко к продуктивному интервалу. Для выполнения этой операции необходимы высококвалифицированный персонал, сложный режущий инструмент и большие затраты времени.

Другой трудностью является то, что размер бурового долота для бурения боковой скважины, также должен соответствовать малому внутреннему пространству обсадной колонны, да еще должен позволять ему свободно изменить направление при переходе из трубы в новую скважину. Обычно размер долота по диаметру соответствует 124,5 мм. Поэтому диаметр бурильной колонны, подвешиваемой на крюке буровой вышки, должен быть по диаметру еще меньше, чем диаметр долота. На конце этой колонны навинчивается долото. Полного веса такой бурильной колонны, предназначенной для обеспечения осевой нагрузки долота, не хватает для преодоления сопротивления породы и ее объемного разрушения на забое. Поэтому бурение осуществляется малоэффективно, способом истирания. Поэтому вопрос возможности повышения осевой нагрузки на долото с целью преодоления прочности пород при бурении тысяч новых горизонтальных боковых стволов является серьезной и важной проблемой, решаемой учеными всех стран, осваивающих технологию бурения новых боковых стволов.

Значительным препятствием для бурения дополнительных боковых скважин является также пространственное расположение долота непосредственно в самой горизонтальной скважине. Вместо традиционного вертикального положения оси долота по отношению к горизонту при вертикальном или наклонном бурении, ось долота при горизонтальном бурении находится в положении, близком к горизонтальному. При этом и плоскость забоя при бурении скважин боковых, соответственно разворачивается и становится близкой к вертикальному.

При этом корпус долота и спинки лап секций, не касающиеся стенки скважины и защищенные от истирания при вертикальном бурении, при горизонтальном бурении ложатся и входят в непосредственный контакт с нижней боковой поверхностью ствола бурящейся скважины и поэтому подвергаются дополнительному интенсивному абразивному износу. При истирании защитных козырьков на спинках лап вскрываются полости опор шарошек, что приводит к их ускоренному износу и выходу долота из строя.

Обеспечением интенсивности осевого нагружения долота малого диаметра долго занимались ученые в нашей стране и за рубежом. Например, уже в 1970 году авторы патента США [1], создали конструкцию конического винтового бура для

бурения горных пород, имевшую центральный сменный наконечник заостренной формы, игравший роль пилотного направления при начале бурения, а также винтовое лезвие, закрепленное на центральной штанге. Следуя за закрепленным наконечником, винтовое лезвие постепенно ввинчивалось в породу и обеспечивало шнековое смещение шлама ее винтовой кромкой в сторону устья скважины.

Контакт конического непрерывного лезвия с конической поверхностью стенки получаемой скважины частично обеспечивал осевое завинчивание, резко снижал вибрации и биение долота, присущие традиционным шарошечным долотам, при бурении которыми диаметр получаемой скважины получался больше диаметра долота. Увеличение диаметра скважины приводило к дополнительным затратам на дополнительное лишнее разрушение стенки скважины, а так же к увеличению вибраций и биению долота о стенку скважины увеличенного диаметра, что, в свою очередь, дополнительно способствовало его преждевременному разрушению. Применение винтового бура резко снизило такое биение.

Однако, при наличии указанных положительных качеств при применении такого типа бура, по мере затупления острого наконечника, быстро снижалась интенсивность разрушения центральной зоны забоя. И без того малая линейная скорость резцов лопастей, близких к оси долота, вообще приближалась к нулю. Долото «зависало» на центральной зоне забоя, поскольку линейная скорость разрушения породы в этой зоне всегда отстает от линейной скорости разрушения зубьями в периферийной зоне забоя. Там она максимальна.

Позже, в 1987 году, авторы патента США [2] заменили малоэффективное однозаходное винтовое расположение лопастей на многозаходное. Периферийная поверхность лопастей, обращенная к стенке скважины, а также торцевая их поверхность, вместо твердосплавных зубков были вооружены алмазными резцами. Кроме того, горизонтальная проекция расположения наклонных лопастей, в совокупности одновременно и более полно перекрывала вооружением всю длину окружности долота по его наибольшему диаметру. Это практически исключало биение долота при бурении.

Но у этой конструкции, исключающей биение долота, при многозаходном расположении винтовых лопастей еще более возросла перегруженность вооружения в центральной зоне, что способствовало снижению механической скорости и «зависанию» долота на забое.

В 2009 году в ОАО «Волгабурмаш» с целью исключения указанных недостатков разработано долото с алмазным вооружением [3], предназначенное для бурения дополнительных

боковых стволов с использованием эффекта самоввинчивания в забой и с дополнительным отбором керна.

Вооружение этого долота представлено в виде алмазных резцов на двух или более заходных непрерывных конических винтовых лопастях, разделенных каналами для прохода промывочной жидкости из центральной части долота к поверхности забоя. Часть промывочной жидкости в этом долоте была направлена в зазор между стенкой отверстия под керн и образующимся при бурении столбиком керна. Этот зазор обеспечивает одновременное охлаждение и промывку породоразрушающих элементов на торце долота, обуривающих керн. Элементы вооружения в виде алмазных резцов, расположенных снаружи конических лопастей, как и в выше указанных долотах, исключали биение долота в скважине и обеспечивали эффект самоввинчивания в дополнение к осевой нагрузке, образуемой от веса облегченной бурильной колонны.

Однако, конструкция керноприемника не позволяла из-за малых габаритов стенки в самой нижней части в начале отверстия под керн разместить достаточно мощные и стойкие породоразрушающие элементы, обуривающие основание керна. Кроме того, сам столбик керна в значительной мере препятствовал проходу промывочной жидкости для очистки забоя. Слишком большой объем породы, одновременно находившейся в контакте с боковыми породоразрушающими элементами, снижал искомый эффект самоввинчивания долота.

В 2014 году в результате исследований появилась новая инновационная конструкция алмазного долота РДС малого диаметра для бурения боковых стволов. Она обладает мировой новизной и создана в СамГТУ и в ОАО «Волгабурмаш» [4]. Эта конструкция, подобно «шурупу-саморезу» способна ввинчиваться в породу при самой малой осевой нагрузке от облегченной бурильной колонны или даже вообще без нее, лишь только с приложением крутящего момента от спускаемого внутри обсадной колонны объемного двигателя долота, мощность которого не регламентируется малыми габаритами внутреннего диаметра обсадной трубы. Новая конструкция бурового долота лишена недостатков вышеприведенных долот при использовании их преимуществ.

Способность самоввинчивания долота в породе зависит от угла подъема конических винтовых лопастей относительно оси долота. В зависимости от прочностных свойств разбуриваемых горных пород, в частности от их твердости, этот угол подъема подбирается экспериментально. Оптимальная его величина может колебаться в пределах 48 – 75 градусов. Для повышения интенсивности подъема промывочной жидкости с частицами выбуренной породы с забоя, боковые промывочные каналы, соединяющие внутрен-

ний центральный канал долота с наружными винтовыми канавками выполняются под острым углом к их поверхности в сторону направления восходящего потока.

Вершина этого долота выполнена в виде наконечника специальной формы - удлиненного выступа с диаметром основания, равным части диаметра долота - $d=(0,6\div 0,7)D$ и высотой также равной части диаметра долота - $h=(0,4\div 0,6)D$, где D – максимальный наружный диаметр долота. Выбранные габариты выступа-наконечника позволяют подвести к забою промывочные каналы, позволяющие подвести в зоны резания породы достаточное количество промывочной жидкости для исключения в центральной зоне забоя шламовой подушки, рационально разместить мощные породоразрушающие зубья с РДС-элементами, способные активно разрушать центральную зону забоя, сопротивляться абразивному износу при бурении. Все это позволяет исключить вышеуказанное зависание долота на забое из-за низкой скорости разрушения породы в центральной зоне и повысить механическую скорость бурения долотом.

Конические винтовые лопасти, в количестве одной или более, расположенные на корпусе долота выше уступа от наибольшего диаметра удлиненного выступа до максимального диаметра долота, также оснащены мощными РДС-элементами. Все рабочие породоразрушающие кромки располагаются на винтовых лопастях в плоскостях, близких к плоскостям, параллельным оси долота. Для улучшения общей очистки забоя долота от разбуренного шлама, корпус снабжен промывочными каналами достаточного сечения со взаимозаменяемыми твердосплавными насадками.

В начале бурения, когда периферийные венцы в работе еще не участвуют, выступ-наконечник образует предварительную цилиндрическую нишу в забое, диаметром меньшим максимального диаметра долота. При продолжении бурения, уже после выполнения готовой ниши, начинают вступать в контакт с ее стенкой конические винтовые лопасти долота с породоразрушающими элементами, которые начинают последовательно соскребать оставшийся слой породы на стенке получающейся скважины – от максимального диаметра выступа до полного диаметра скважины, формируемой долотом.

Такая новая форма долота и забоя позволила обеспечить новый важный технический эффект. Дело в том, что при работе ранее известных предыдущих конструкций долот с неступенчатым корпусом, формирование стенки скважины осуществлялось сразу одновременно и центральными, и периферийными венцами породоразрушающих зубьев по всей монолитной поверхности забоя с упомянутым выше зависанием долота из-за более медленного разрушения централь-

ной зоны забоя. Предложенное изменение формы забоя вооружения выступа-наконечника, позволили значительно ускорить разрушение центральной зоны, исключить зависание долота, а разрушение породы в оставшейся кольцевой зоне от максимального диаметра выступа-наконечника до стенки скважины обеспечить только периферийными венцами, разрушающими породу в гораздо более легких условиях, вне зависимости от зависания, а значит с увеличением интенсивности разрушения породы и увеличением искомого эффекта самоввинчивания долота конической лопастью или несколькими коническими лопастями.

На рис. 1 и 2 показан общий вид нового инновационного долота. В долоте имеется корпус 1, с конической присоединительной резьбой 2, шейкой 3, пазом под ключ 4, для закрепления и раскрепления долота на бурильной колонне, максимальный калибрующий пояс 5, предназначенный для размещения калибрующих зубков 6 (РДС). Корпус имеет наклонные винтовые лопасти 7. На наклонных винтовых лопастях размещены породоразрушающие элементы 8 и канавки-пазы 9 для восходящего потока промывочной жидкости с забоя. На удлиненном выступе 10 долота диаметром «d» и высотой «h» расположены две или более лопасти 11 с усиленными породоразрушающими элементами 12, режущие кромки которых расположены в плоскостях, близких к параллельным плоскостям относительно оси долота. Позицией 13 обозначены промывочные боковые отверстия с износостойкими насадками на конической поверхности долота, а позицией 14 обозначены промывочные каналы со сменными твердосплавными насадками на выступе-наконечнике.

Долото работает следующим образом. При забуривании и углублении в породу централь-

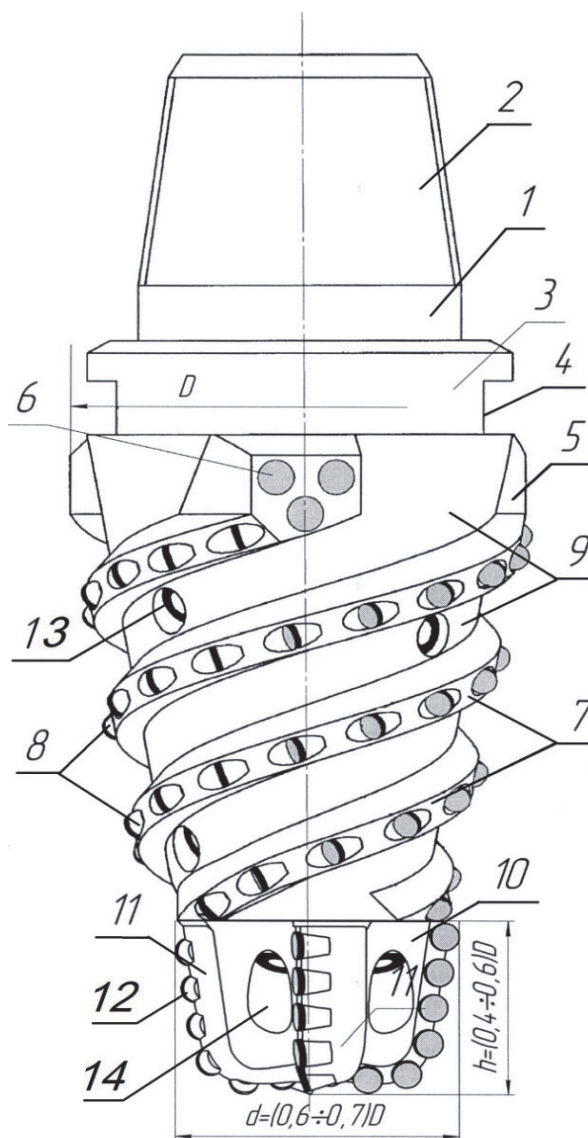


Рис. 1. Общий вид алмазного долота, конструкция которого обеспечивает эффект самоввинчивания в забой

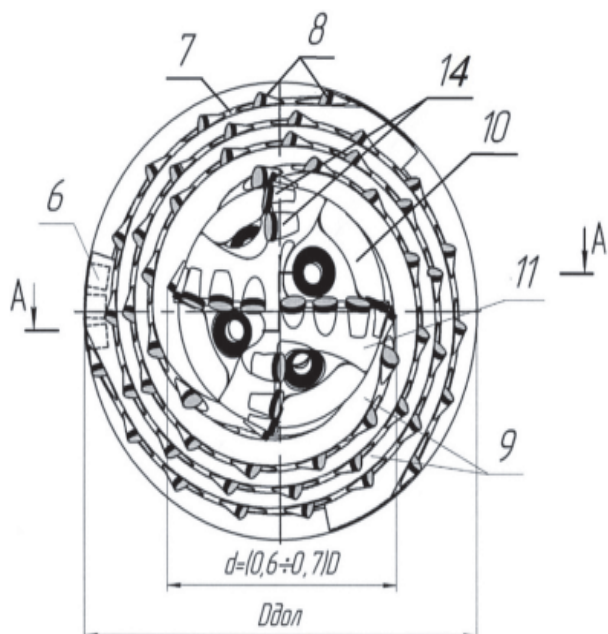


Рис. 2. Вид алмазного долота снизу

ная часть забоя в виде ниши оказывается разрушенной в первую очередь вершиной удлиненного выступа, оснащенной мощными зубками РДС и каналами достаточного сечения для подведения промывочной жидкости и очистки от разрушенного шлама центральной зоны забоя. Далее, при входе в эту нишу зубья РДС боковых конических винтовых лопастей врезаются в оставшуюся на стенке скважины часть породы толщиной $(0,15 \pm 0,25) D$ с увеличенным эффектом самоввинчивания. Наличие этого эффекта сводит на нет возможность биения долота и стабилизирует работу вооружения, включая интенсификацию самоввинчивания. При работе в мягких и средних по твердости породах, для которых долото предназначено, значительно вырастают проходка и механическая скорость бурения, что подтверждается испытанием опытных образцов в стендовых и промысловых условиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Патент США № 3537537, E21C 13/04. 1970.

2. Патент США № 5004057, E21B 10/46, 1987.

3. Патент РФ №2360096, E21B, 10/00, 2009.

4. Патент РФ № 2520317, E21B, 10/43.

**CREATION OF THE INNOVATIVE DIAMOND CHISELS
FOR DRILLING OF LATERAL TRUNKS**

© 2016 R.M. Bogomolov, A.M. Grinyov, N.I. Dedov

Samara State Technical University

The results of researches in development of an innovative design of diamond chisels of small diameter for construction of lateral trunks of inclined planes and horizontal wells are given. On the basis of the analysis of various options of a form and work of diamond chisels the recommendations about creation of essentially new chisels with the effect of self-screwing up compensating missing axial loading from the weight of a boring column, insufficient for destruction of breed on a face and a hard work of a diamond chisel are developed.

Keywords: lateral trunks, diamond chisel, upsetting column, drilling speed.

Rodion Bogomolov, Doctor of Technics, Professor, Head at the Innovative Technology Basic Department of "VOLGABURMASH" at the of Mechanical Engineering department, SamSTU. Tel. 332-45-88.

Alexey Grinyov, Technical Director of JSC "VOLGABURMASH" - Head of the Specialized Design Bureau on the Bit. Tel. 300-80-71.

Nikolay Dedov, Candidate of Technics, Professor at the Mechanics Department, SamSTU. Tel. 333-50-65.