

УДК 622.24.05

Д.Ю. Сериков, к.т.н., Российский государственный университет нефти и газа имени И.М. Губкина,
e-mail: serrico@rambler.ru

Совершенствование геометрии вооружения шарошечных расширителей

Представлены результаты работы, направленной на совершенствование геометрии вооружения шарошечных расширителей за счет использования косозубого вооружения.

Ключевые слова: шарошечное буровое долото, косозубое вооружение, шарошечный расширитель.

Возрастающий спрос на углеводородное сырье требует поиска и освоения все новых нефтяных и газовых месторождений. Но, как правило, это сопряжено с увеличением глубин бурения и связано с более глубоким залеганием новых нефтегазоносных горизонтов. Это, в свою очередь, обуславливает усложнение и утяжеление конструкций скважин и, соответственно, увеличение начальных диаметров и глубин стволов большого диаметра.

В связи с этим разработка новых и совершенствование существующих конструкций бурового инструмента, необходимого для строительства скважин данного типа, является одной из неотложных задач.

Одним из наиболее распространенных способов создания верхнего интервала стволов большого диаметра является бурение с образованием наружно-ступенчатого забоя, который формируется при одновременном углублении скважины в двух или более плоскостях. При этом в нижней плоскости возникает меньший по диаметру центральный круговой забой, а выше – периферийные один или более кольцевые забои. Наружно-ступенчатый забой образуется при бурении с применением технических средств, конструктивной особенностью которых является наличие породоразрушающих элементов, вырабатывающих центральный забой, а также элементов, расширяющих ствол скважины. Ярким представителем такой компоновки является совместное ис-

пользование пилотного шарошечного долота и наддолотного шарошечного расширителя (рис. 1).

На сегодняшний день у нас в стране и за рубежом существует огромное количество конструкций шарошечных расширителей, которые в основном различаются в зависимости от типа вооружения, количества используемых шарошек и способа закрепления их на корпусе инструмента, т.е. расширители со сменными или несменными шарошками.

Расширители со сменными породоразрушающими элементами представляют собой специальные конструкции, оснащенные шарошками, по своей геометрии и способу крепления существенно отличающимися от шарошек, используемых в долотах для сплошного бурения.

При этом они значительно дороже неразборных конструкций.

В связи с этим многие буровые предприятия совместно с научно-исследовательскими, проектными и конструкторскими организациями разрабатывают и изготавливают в местных условиях шарошечные расширители упрощенных конструкций.

В основу таких технических решений положена возможность использования для их изготовления имеющихся у буровых предприятий шарошечных долот, буроголовков, утяжеленных бурильных труб (УБТ), переводников и т.д. Как правило, они состоят из корпуса, изготовленного из УБТ, и приваренных к нему секций серийных буровых долот (лап с шарошками) [2].



Однако при всей простоте и бюджетности расширителей данного типа при их проектировании и изготовлении не учитывается изменение кинематических характеристик шарошек, работающих в новых условиях, что приводит к несоответствию геометрии вооружения расширителя характеру и условиям разрушения кольцевого забоя.

Рассмотрим принцип и условия работы расширителей данного типа. Для примера возьмем компоновку низа буровой колонны, состоящей из пилотного долота и расширителя, изготовленного из секций аналогичного долота (рис. 1). Как правило, скорость работы шарошечных расширителей должна быть значительно меньше скорости вращения долота, из которого он изготовлен, в силу того что скорость вращения отдельной шарошки значительно увеличивается при увеличении диаметра инструмента. Стандартная формула для расчета рекомендуемой скорости вращения расширителя:

$$N = \frac{D_D}{D_P} n_R;$$

где D_D – диаметр долота, использованного при изготовлении расширителя, мм;

D_P – диаметр расширителя, мм;

n_R – рекомендуемые обороты для долота, из которого изготовлен расширитель, об./мин.

Нагрузка на расширитель в идеале должна совпадать с рекомендованной для долота, из которого он изготовлен из расчета на одну шарошку:

$$Q_P = \frac{Z}{3} Q_D;$$

где Z – количество шарошек в расширителе, шт.;

Q_D – рекомендованная нагрузка на долото, из которого изготовлен расширитель, кН.

Количество шарошек всегда зависит от условий бурения, но при выборе необходимо учитывать два фактора: вибрацию и износ инструмента. При увеличении количества шарошек снижается вибрация бурового снаряда, но при этом увеличивается необходимая нагрузка на расширитель. В свою очередь, при большем количестве шарошек увели-

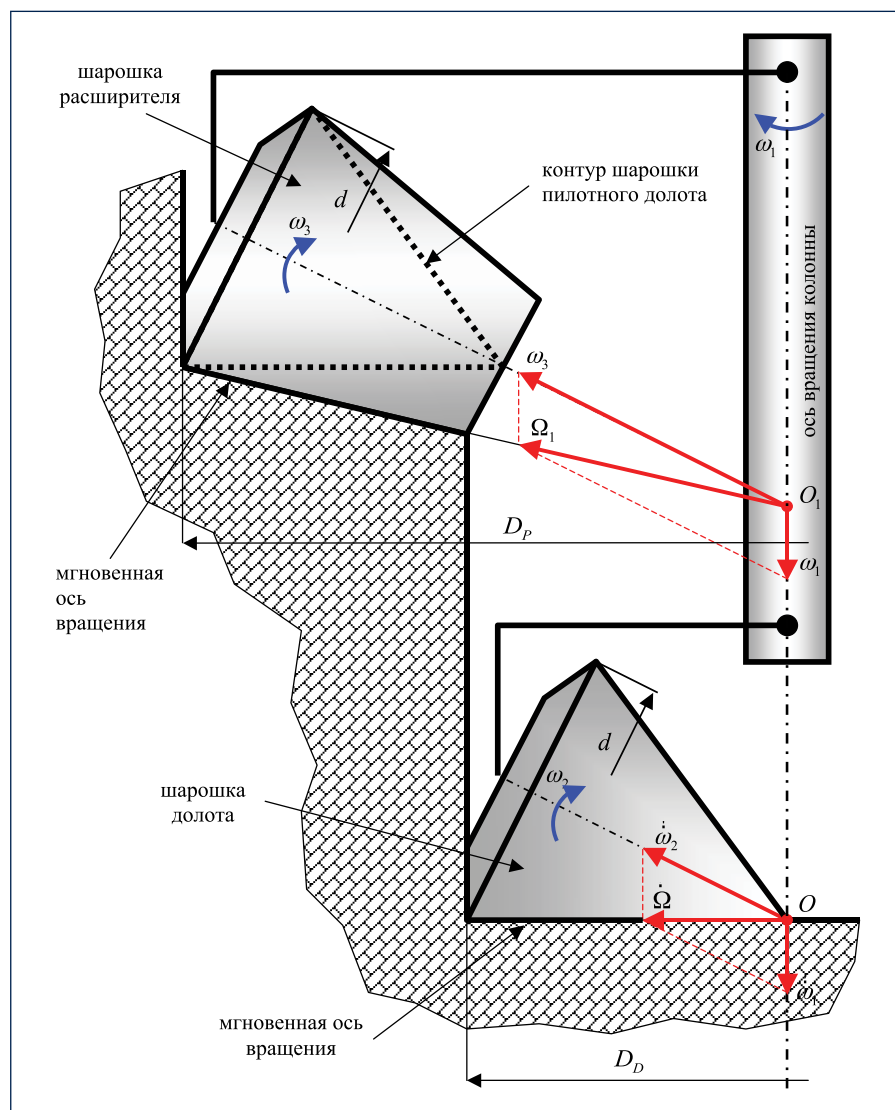


Рис. 1. Принципиальная схема работы пилотного долота и наддолотного шарошечного расширителя: ω_1 – угловая скорость вращения буровой колонны; ω_2 – угловая скорость вращения шарошки пилотного долота; ω_3 – угловая скорость вращения шарошки расширителя; d – диаметр периферийного венца шарошки пилотного долота; Ω и Ω_1 – величины мгновенных угловых скоростей вращения шарошек пилотного долота и расширителя соответственно

чивается ресурс работы расширителя, но при этом опять же увеличивается необходимая нагрузка на инструмент. Как известно, буровые долота, предназначенные для бурения мягких и средних пород, оснащаются многоконусными смещенными в плане шарошками, значительно отличающимися от формы подвижного аксоида, образующегося при вращении тела вокруг двух пересекающихся осей. Эти два фактора в основном и обеспечивают наличие у данного типа бурового инструмента эффекта проскальзывания вооружения в процессе перекатывания шарошек

по поверхности забоя. При этом, как правило, вершинные венцы шарошек работают с пробуксовкой вооружения, а периферийные – в режиме подтормаживания [1]. Однако как только эти же шарошки разносятся на более значительное расстояние от оси вращения буровой колонны, картина резко меняется. В некоторых случаях вершинные венцы начинают подтормаживать, а периферийные – работать в режиме пробуксовки. Это объясняется тем, что при удалении шарошки (с сохранением величины наклона цапфы лапы по отношению к оси вращения буровой

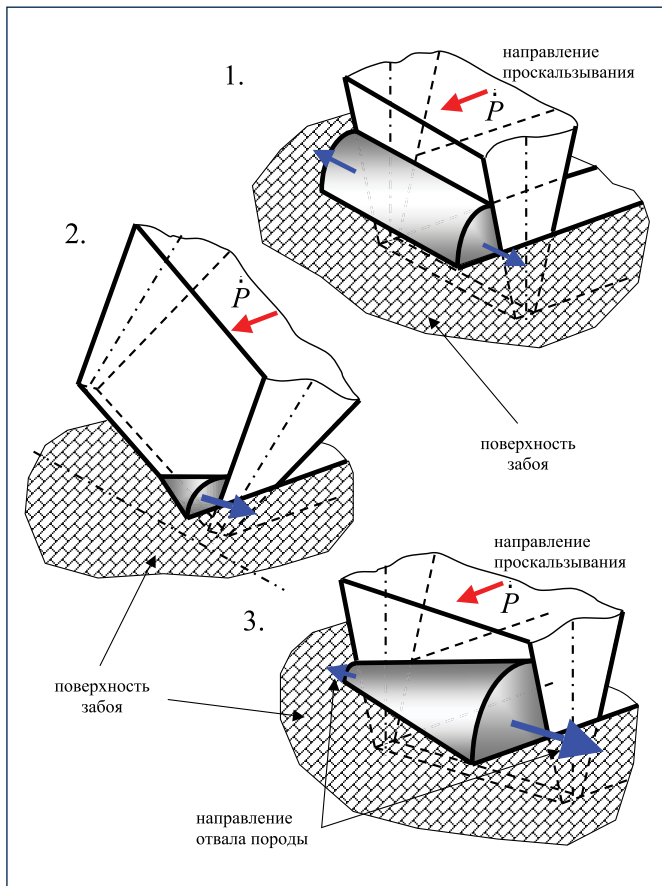


Рис. 2. Принципиальная схема воздействия зубьев бурового инструмента на поверхность забоя при подтормаживании вооружения: 1 – прямогозубого в максимальном заглублении; 2 – косозубого в момент входа в поверхность забоя; 3 – косозубого в максимальном заглублении

колонны) меняется положение мгновенной оси вращения (рис. 1). Это обстоятельство необходимо учитывать при проектировании шарошечных расширителей, так как для разбуривания твердых пород необходимо добиться того, чтобы вся образующая шарошек расширителя, контактирующая с поверхностью забоя, совпадала с мгновенной осью вращения. Только в этом случае перекачивание шарошек будет осуществляться без проскальзывания, что для работы инструмента в таких условиях бурения является весьма важным. И наоборот, при бурении мягких и средних пород необходимо заведомо создавать проскальзывание тех или иных венцов вооружения шарошек расширителя в зависимости от его конструктивных особенностей. Очистка забоя является одним из важнейших факторов при бурении скважин большого диаметра, где количество

шлама значительно увеличивается. Так, например, количество шлама при бурении ствола диаметром 609 мм в четыре раза больше, чем при бурении скважины диаметром 304,8 мм. При этом существуют рекомендации, согласно которым при использовании расширителя желательнее заглушить одно или два промывочных отверстия в пилотном долоте, чтобы перенаправить основной поток бурового раствора на шарошки расширителя [2]. В связи с этим одним из перспективных способов, позволяющих повысить эффективность очистки призабойной зоны, является оснащение шарошечного бурового инструмента косозубым вооружением. Данный тип вооружения позволяет превращать зубчатые венцы шарошек в мини-шнеки, которые в зонах пониженных скоростей потока промывочной жидкости механически эвакуируют шлам в заданном направлении [3].

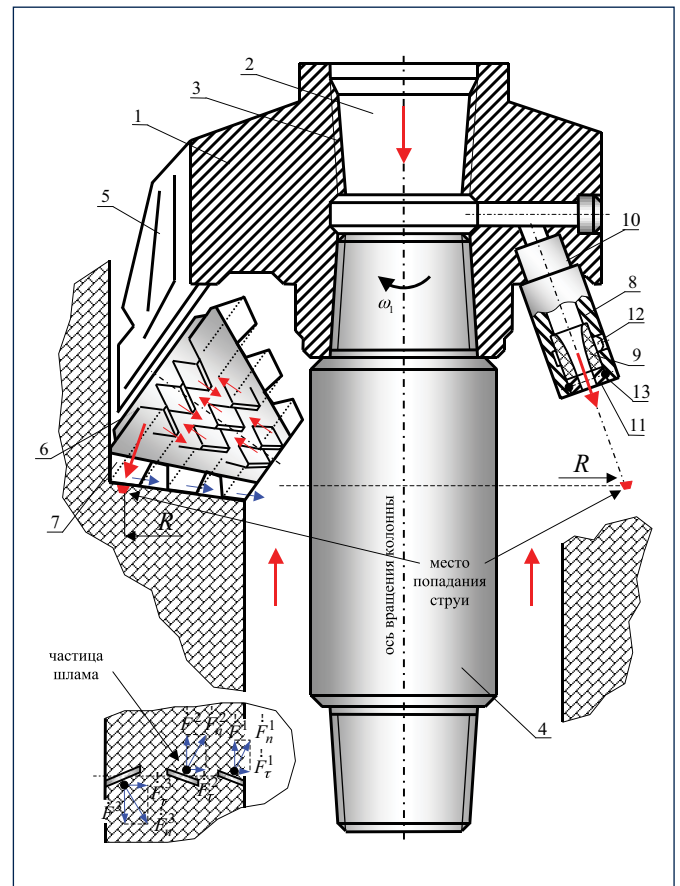


Рис. 3. Принципиальная схема шарошечного расширителя с косозубым вооружением

На рисунке 2 продемонстрирована работа прямогозубого и косозубого вооружения бурового инструмента, работающего в режиме подтормаживания. Если прямозубое вооружение работает с образованием равномерного бурта и равностороннего отвала, то косозубое с первых моментов внедрения зуба в поверхность забоя образует конусообразный бурт, с преимущественным отвалом выбуренной породы в сторону наклона зубьев вооружения. Это позволяет не только снизить изгибающие нагрузки, действующие на зуб в процессе его работы, но и задавать направление эвакуации шлама. Таким образом, недостатками шарошечных расширителей, оснащенных шарошками или секциями обычных долот с прямозубым вооружением, являются низкие технико-экономические показатели бурения, а именно проходка и механическая скорость, вследствие

несоответствия геометрии их вооружения характеру и условиям бурения и малоэффективной работой промывочной системы. Это связано с низкой эффективностью удаления шлама с забоя скважины и повторным разрушением его зубьями шарошек, т.к. зубья шарошек не участвуют в эвакуации разрушенной породы, особенно из периферийных участков забоя скважины, где накапливается основная масса шлама. Это приводит к усиленному износу вооружения расширителя и росту энергоёмкости процесса разрушения породы. С целью повышения эффективности работы шарошечных расширителей за счет увеличения агрессивности зубчатого вооружения и более качественной очистки забоя от разрушенной породы была разработана принципиальная схема шарошечного расширителя с косозубым вооружением (рис. 3).

Расширитель содержит полый корпус 1 с осевым каналом 2, на концевых участках которого выполнены резьбы 3 для присоединения с бурильной колонной и пилотным наконечником 4, и промывочной системой. На корпусе 1 жестко закреплены лапы 5 с шарошками 6, вооружение которых выполнено в виде фрезерованных или литых зубьев 7. Вид выбираемого вооружения определяется физико-механическими свойствами разбуриваемых пород. В проеме между шарошками 6 размещены промывочные патрубки 8, оснащенные гидромониторными насадками 9, закрепленными в наклонных каналах 10 посредством втулок

11, которые, в свою очередь, крепятся с патрубком 8 посредством гвоздевых шплинтов 12 или разрезных пружинных колец. Герметизация насадок 9 обеспечивается уплотнительными кольцами 13. Все шарошки 6 расширителя выполнены с косозубым вооружением и имеют форму, обеспечивающую режим работы зубьев 7 со скольжением.

При этом зубья периферийных венцов имеют правое направление подъема образующей винтовой линии площадок притупления при бурении по часовой стрелке и левое – при бурении против часовой стрелки, а зубья остальных венцов наклонены в противоположную сторону. Очистка забоя от шлама осуществляется промывочной жидкостью, прокачиваемой через гидромониторные насадки, оси которых направлены на забой в зону действия периферийных венцов под разными углами, составляющими от 800 до 1000, причем величина угла наклона насадок меняется в зависимости от конкретных условий работы расширителей.

Расширитель работает следующим образом. Под действием осевой нагрузки и крутящего момента, передаваемого через бурильный вал на корпус 1, зубья 6 внедряются в породу и разрушают ее. Разрушенная порода удаляется промывочной жидкостью, подаваемой через полость корпуса 1 и промывочные патрубки 8 с насадками 9.

При этом благодаря выполнению шарошек 6 с косозубым вооружением и с разным направлением наклона пе-

риферийных и центральных венцов обеспечивается более эффективная очистка забоя от шлама. Это достигается благодаря использованию косых зубьев 7 шарошек 6 в качестве транспортирующего средства. Этому также способствует выполнение шарошек 6 в форме, обеспечивающей проскальзывание вооружения при перекачивании шарошек по забою во время работы инструмента. При этом в связи с удалением шарошек 6 от оси вращения буровой колонны проскальзывание вооружения различных венцов шарошек расширителя происходит в противоположном направлении по отношению к аналогичным венцам шарошек пилотного бурового долота. В предложенном расширителе вооружение центральных венцов шарошек 6 расширителя работает в режиме подтормаживания, а вооружение периферийных – в режиме пробуксовки. В этом случае периферийные венцы шарошек 6, проскальзывая по забою механически, за счет шнекового эффекта перемещают шлам в сторону центра скважины, эвакуируя его из зоны, образованной стенкой скважины и поверхностью забоя, где обычно накапливается наибольшее количество шлама, удаление которого связано со значительными трудностями. При этом зубья центральных венцов шарошек 6, проскальзывая в противоположном направлении, но имея при этом противоположный угол наклона зубьев, также перемещают выбуренную породу вдоль поверхности забоя к центру пилотной



РАЗРАБОТЧИК И ПРОИЗВОДИТЕЛЬ
ЗАО «НПП «СПЕКТР»
 Тел./факс: (8352) 74-05-12, 74-05-34, 74-05-65

ТЕРМОСТОЙКИЕ ЦВЕТНЫЕ ЭМАЛИ, ЛАКИ
 «ЦЕРТА» (до 750°С) - 16 ЦВЕТОВ,
 КО-08, КО-815, КО-075, КО-85, КО-84, КО-811,
 КО-814, КО-813, КО-822, КО-828, КО-835, КО-42,
 «ЭКОЦИН»

АТМОСФЕРОСТОЙКИЕ ФАСАДНЫЕ ЭМАЛИ
 ОС-12-03, КО-174, КО-198

ОРГАНОСИЛИКАТНЫЕ КОМПОЗИЦИИ
 ОС-11-07, ОС-12-01, ОС-51-03, ОС-52-20,
 ОС-74-01, ОС-82-03

КУЗНЕЧНЫЕ КРАСКИ
 «ЦЕРТА-ПЛАТЬ», «ЦЕРТА-ПАТИНА»
 (золото, зелень, медь, серебро, бронза)

ГИДРОФОБИЗИРУЮЩАЯ ЖИДКОСТЬ
 ГКЖ-11Н

СОПОЛИМЕРЫ
 Стирол-акриловый «SAS-150»
 Силкоксан-акриловый «SIA5-200»

www.certa.ru



скважины (рис. 3). Таким образом обеспечивается однонаправленность потоков промывочной жидкости, исходящих из боковых гидромониторных насадок 9 и механической эвакуации шлама проскальзывающими зубьями вооружения всех венцов шарошек к центру скважины.

При прохождении наклонными зубьями гидравлической среды также за счет шнекового эффекта происходит транспортировка шламовой взвеси периферийными венцами в сторону центра, а центральными венцами – в сторону стенки скважины. Это также обеспе-

чивает однонаправленность основного потока промывочной жидкости, восходящего вверх по пилотной скважине и омывающего шарошки 6 сбоку и сверху с направлением эвакуации шлама косо-зубым вооружением центральных венцов при прохождении ими гидравлической среды. В свою очередь, наклонные зубья периферийных венцов, работая в гидравлической среде, эвакуируют шлам в противоположную сторону. Это позволяет создать демпферную зону, не позволяющую шламу из основного потока промывочной жидкости попадать в проблемные с точки

зрения очистки места работы калибрующих конусов шарошек.

Встреча разнонаправленных потоков, создаваемых разнонаправленным косо-зубым вооружением, происходит в нейтральной межвенцовой зоне, откуда обогащенная шламом промывочная жидкость направляется в свободную зону, расположенную между лапами (или несущими конструкциями шарошек) расширителя и далее в затрубное пространство.

При расположении зубьев шарошек 6 по указанной схеме обеспечивается эффективное удаление шлама как из периферийной, так и из центральной зоны расширителя, обеспечивая тем самым работу шарошек по чистому забою. Оба этих фактора являются решающими для обеспечения качественной очистки забоя от шлама, а следовательно, способствуют повышению основных показателей бурения.

Таким образом, применение предложенной конструктивной схемы шарошечного расширителя благодаря более рациональной геометрии вооружения и созданию благоприятных условий, как механических, так и гидравлических, для удаления шлама с поверхности кольцевого забоя скважин большого диаметра позволит повысить проходку и скорость бурения стволов большого диаметра и тем самым снизить себестоимость проведения буровых работ.

Литература:

1. Сериков Д.Ю. Исследование проскальзывания косо-зубого вооружения шарошечных буровых долот при бурении мягких пород // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2014. – № 2.
2. Буримов Ю.Г., Копылов А.С., Орглов А.В. Бурение верхних интервалов глубоких скважин большого диаметра. – М., 1975.
3. Сериков Д.Ю., Ясашин В.А., Панин Н.М. Буровое гидромониторное шарошечное долото. Пат. РФ на изобр. № 2394146, опубл. Б.И. № 19 от 10.07.2010 г.

UDC 622.24.05

D.Yu. Serikov, Candidate of Science (Eng.), I.M. Gubkin Russian State University of Oil and Gas, e-mail: serrico@rambler.ru

Improvement of geometry of roller reamers structure

Results of work aimed at improvement of geometry of roller reamers structure due to use of helical structure.

Keywords: roller cutter drilling bit, helical structure, roller reamer.

References:

1. Serikov D.Yu. Issledovanie proskal'zyvaniya kosozubogo vooruzheniya sharoshechnykh burovyykh dolot pri burenii myagkikh porod (Research into slipping of helical structure of roller cutter drilling bits when drilling soft grounds) // On-shore and offshore oil and gas wells construction. – 2014. – No. 2.
2. Burimov Yu.G., Kopylov A.S., Orglov A.V. Burenie verkhnikh intervalov glubokikh skvazhin bol'shogo diametra (Drilling of upper intervals of deep wells with large diameter). – Moscow, 1975.
3. Serikov D.Yu., Yasashin V.A., Panin N.M. Burivoe gidromonitornoe sharoshechnoe doloto (Drilling water jet roller cutter bit). Invention patent of the Russian Federation No. 2394146 published in the Bulletin of Inventions No. 19 dated 10.07.2010.