



УДК 622.24

РАЗРАБОТКА ИННОВАЦИОННЫХ ДОЛОТ, АРМИРОВАННЫХ РЕЗЦАМИ PDC**DEVELOPMENT OF INNOVATIVE BITS REINFORCED WITH PDC CUTTERS****Третьяк Александр Яковлевич**

доктор технических наук,
профессор,
заведующий кафедрой «Нефтегазовая техника и технологии»,
Южно-Российский государственный политехнический
университет (НПИ) имени М.И. Платова
13050465@mail.ru

Кривошеев Кирилл Владимирович

студент,
Южно-Российский государственный политехнический
университет (НПИ) имени М.И. Платова
kirillkriwosheev@yandex.ru

Донченко Дмитрий Сергеевич

студент,
Южно-Российский государственный политехнический
университет (НПИ) имени М.И. Платова
donchenko_dar@mail.ru

Аннотация. Разработаны, изготовлены и внедрены антивибрационные двухъярусные долота, армированные резцами PDC. Приведены рисунки и дано описание конструкции и принципа работы.

Ключевые слова: антивибрационные двухъярусные долота, конструкция долот, принцип работы долот.

Tretiak Alexander Yakovlevich

Doctor of Technical Sciences, Professor,
Head of the Department «Oil and gas
equipment and technologies»,
South Russian State Polytechnic University
(NPI) named after M.I. Platova
13050465@mail.ru

Krivosheev Kirill Vladimirovich

Student,
South Russian State Polytechnic University
(NPI) named after M.I. Platova
kirillkriwosheev@yandex.ru

Donchenko Dmitry Sergeevich

Student,
South Russian State Polytechnic University
(NPI) named after M.I. Platova
donchenko_dar@mail.ru

Annotation. Designed, manufactured and implemented anti-vibration double-deck bits reinforced with PDC cutters. Figures are given and a description of the design and principle of operation is given.

Keywords: anti-vibration double-deck bits, bit design, bit operation principle.

3 алог экономической устойчивости Российской Федерации – это, прежде всего, эффективное развитие топливно-энергетического комплекса (ТЭК). Однако, для обеспечения развития ТЭК, необходим интенсивный рост сырьевой базы нефтегазовой промышленности, который невозможен без внедрения новых технологий и породоразрушающего инструмента для бурения скважин [5].

В настоящее время многочисленные, как зарубежные, так и российские предприятия выпускают буровые долота различного назначения. Наибольшее распространения получили долота, армированные алмазно-твердосплавными пластинами PDC, так как при бурении скважин более 80 % объема бурения горных пород проходят ими.

Многообразие буровых долот, армированных пластинами PDC, на рынке производителей, как и разнообразие геологических разрезов, заставляет специалистов заниматься разработкой путей усовершенствования конструкций долот и технологии их применения применительно к каждому конкретному нефтегазовому месторождению [3, 4].

Однако анализ современных конструкций долот отечественного и зарубежного производства и результаты выполненных нами работ, позволяют заявить о создании новых конструкций буровых долот повышенной эффективности [1, 2].

Традиционные долота, армированные PDC, имеют одноярусное исполнение. Эта модель широко апробирована и имеет ряд преимуществ: относительная простота изготовления, высокие наработки, возможность реставрации. Однако стоит учитывать довольно узкий диапазон возможности работы данной компоновки в рамках категорий твердости горных пород и в особенности выше VII категории. Связано данное явление, прежде всего, с большой первоначальной площадью соприкосновения торцевой часть долота с забоем. Каждая лопасть, состоящая из нескольких режущих элементов в единицу времени, проходит одинаковый путь резания и поэтому имеет одинаковую со всеми лопастями интенсивность изнашивания. Частота вращения для таких долот устанавливается, исходя из критической скорости резания, которая имеет максимальное значение на периферийных режущих элементах. Скорости резания на остальных линиях, более близких к оси вращения, ниже критических значений и убывают обратно пропорционально увеличению диаметров окружностей, на которых размещены режущие элементы. С учетом вышеизложенного нами предложено оригинальное решение задачи по



увеличению скорости резания горной породы забуривающим радиусом меньшего диаметра. Сохранение диаметра происходит за счет использования калибрующего яруса.

В настоящее время накоплен большой опыт эксплуатации буровых долот, армированных PDC, который позволяет определить «узкие» места, как к конструкции, так и в технологии их отработки. С учетом выше изложенного было разработано, на уровне изобретения, долото новой конструкции и подана заявка на получения патента. Разработка конструкции такого долота связана с необходимостью уменьшения степени вибрации и искривления ствола скважины, особенно когда горные породы в разрезе чередуются по твердости, трещиноватости, углу падения. Долото разработано для бурения средних, твердых и абразивных горных пород.

Благодаря улучшенной стабилизации, усовершенствованной гидравлике со сменными насадками, эффективной структуре вооружения (расположения резцов), применению съемных лопастей с высокопроизводительными резцами нового поколения гребнеобразной и конусной формы с увеличенной толщиной алмазного слоя долото обладает повышенной надежностью и обеспечивает высокую скорость и проходку.

Внедрение эффективного дизайна предлагаемого долота позволит сократить время бурения и снизить расходы на сооружение скважины.

При проектировании конструкций долот, армированных PDC используются следующие элементы дизайна: конфигурация долот (высота и толщина каждого из 3-х отдельных корпусов, количество, направление и конструкция гидромониторных насадок, материал долот, характеристика резцов PDC (количество резцов, расстояние между ними, размер резцов, угол атаки, угол бокового наклона резца; интерфейс основных резцов (конфигурация, состав, форма). Исходя из вышеизложенного и с целью оптимального проектирования нами предложен дизайн алгоритма работы долот, армированных PDC (рис. 1). Детальное изучение дизайна буровых долот позволило приступить к моделированию в натуральную величину оптимального стабилизирующего антивибрационного долота и к мелкосерийному его производству.

Известно, что если горная порода имеет категории по буримости от I до VIII, то породоразрушающий инструмент работает в режиме резания, если горная порода имеет категорию по буримости IX–X, то алмазный породоразрушающий инструмент работает в режиме алмазного резания – истирания.

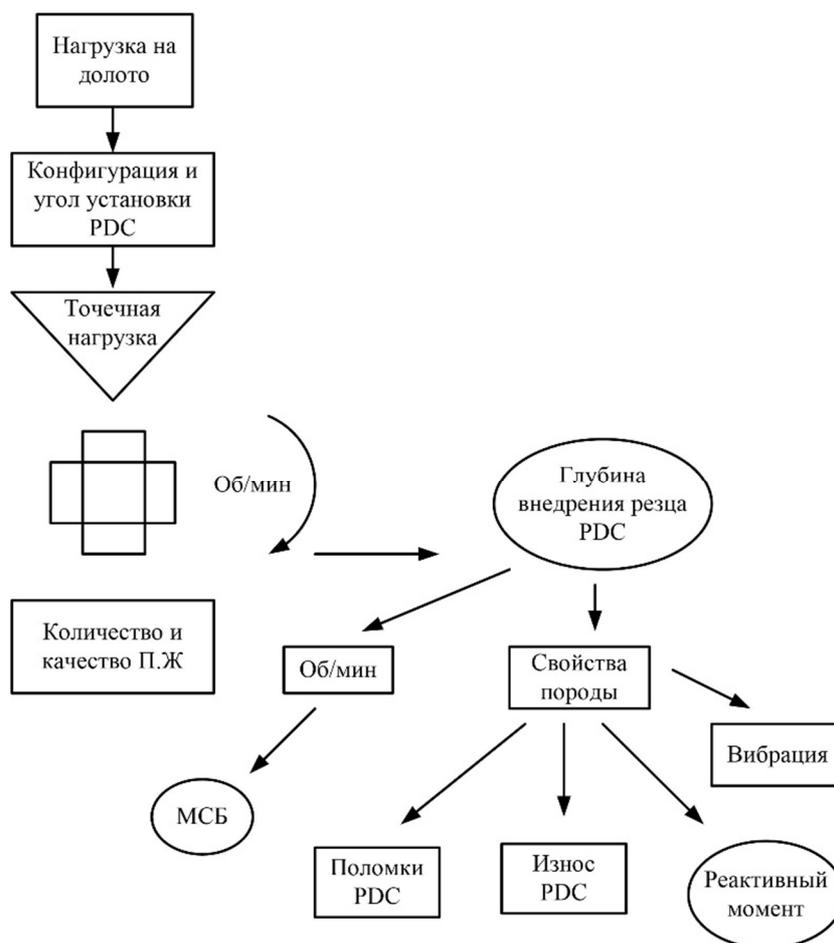


Рисунок 1 – Дизайн алгоритма работы долот, армированных PDC: МСБ – механическая скорость бурения; П.Ж – промывочная жидкость



Применение оптимальных по конструкции резцов PDC позволит обеспечить более высокую износостойкость и ударную прочность по сравнению с обычными резцами. Они создают более высокую концентрированную нагрузку на породу и способствуют эффективному разрушению породы с высокой прочностью на сжатие и категорией по буримости до X включительно. Достоинством разработанных долот является их высокая ремонтпригодность, то есть, все три части долота соединяются на резьбе и могут быть, в случае выхода из строя, заменены. Сменные гидравлические насадки позволяют оперативно производить их смену, в зависимости от прочности горных пород.

Рекомендуемая конструкция долот предназначена для бурения крепких и абразивных горных пород. Известно, что чем дальше от центра на долоте располагаются резцы PDC, тем в большей степени они изнашиваются. Поэтому предлагается именно такая конструкция долот. Алмазные резцы в виде синтетических штапиков и пластин PDC закрепляются на корпус долота с помощью пайки. Экспериментальные исследования разработанных долот показали, что именно двухъярусность долот и оптимальная схема расположения резцов PDC (угол поворота и угол установки резца) придают ему антивибрационные свойства. Таким образом, комплекс выше перечисленных свойств разработанных нами долот будет способствовать повышению механической скорости бурения, уменьшению вибрации и повышению проходки на долото. Долота отличаются от известных тем, что с целью гашения вибрации от крутильных и продольных колебаний, вызывающих поломки резцов оно выполнено двухъярусным с выпуклой конусообразной формой. Углы установки резцов PDC увеличиваются от периферии к центру долота. Ступенчатый забой, образующийся при бурении скважины экспериментальным долотом способствует меньшему искривлению ствола скважины, уменьшению вибрации, и, как результат, увеличению скорости бурения и проходки на долото.

К преимуществам двухъярусного, антивибрационного долота, армированного пластинами PDC в два ряда, относится:

- высокая механическая скорость и проходка на долото при бурении горных пород V категории по буримости (контактная прочность – P_k – 810 МПа), VI категории по буримости (P_k – 960 МПа), VII категории по буримости (P_k – 1200 МПа), VIII категории по буримости (P_k – 1780 МПа), IX категории по буримости (P_k – 2200 МПа);
- стойкость резцов к нагрузкам (до 350 Кн);
- улучшенная очистка забоя скважины и долота от шлама за счет оптимального расположения насадок, что исключает повторное истирание шлама;
- улучшенная стабилизация долота по стволу скважины за счет его двухъярусности, особенно при сооружении наклонно-направленных скважин и бурении трещиноватых и абразивных горных пород, залегающих под определенным углом к горизонту.

На кафедре «Нефтегазовая техника и технологии» Южно-Российского государственного технического университета разработано и мелкосерийно выпускаются двухъярусные антивибрационные буровые долота, армированные пластинами PDC. На разработанные долота получены патенты Российской Федерации.

Сущность изобретения поясняется на рисунке 2, где представлено: антивибрационное двухъярусное долото, включающее нижний забуривающий ярус 1, стабилизаторы 7 нижнего забуривающего яруса 1 и режущие лопасти 3 нижнего забуривающего яруса 1, верхний забуривающий ярус, включающий хвостовик 10, внутренний канал долота 12, стабилизаторы 8 верхнего забуривающего яруса и режущие лопасти 5 верхнего забуривающего яруса 2, режущие лопасти 3 нижнего забуривающего яруса 1 и режущие лопасти 5 верхнего забуривающего яруса 2 выполнены симметрично с радиально расположенными режущими элементами 4 нижнего забуривающего яруса 1 и режущими элементами 6 верхнего забуривающего яруса 2, стабилизаторы 7 нижнего забуривающего яруса 1 и стабилизаторы верхнего забуривающего яруса 2 представляют собой цилиндрические калибрующие поверхности, стабилизаторы 8 верхнего забуривающего яруса 2 оснащены штырями 9, обладающими калибрующим действием, промывочные отверстия расположены в нижнем забуривающем ярусе 1 долота. Количество режущих элементов 4 на лопастях 7 нижнего забуривающего яруса 1 равно количеству режущих элементов 6 на лопастях 5 верхнего забуривающего яруса 2. Режущие лопасти нижнего забуривающего яруса и режущие лопасти верхнего забуривающего яруса выполнены по прямой линии под углом от 10 до 20 градусов к продольной оси долота. Режущие элементы 4,6 лопастей ярусов выполнены в виде резцов PDC, резцы PDC: плоской передней гранью установлены под отрицательным углом резания от 10 до 20 градусов, за резцами PDC с плоской передней гранью установлен второй ряд резцов PDC с выпуклой конусообразной формой, расположенных в линиях резания между резцами PDC с плоской передней гранью. Схема установки резцов PDC показана на рисунке 3.

На фото 1 показано экспериментальное двухъярусное антивибрационное долото. На конструкцию долота получен патент (RU № 2740954).

Двухъярусное долото, отличающееся от известных тем, что с целью гашения вибрации от крутильных и продольных колебаний долота, вызывающих поломки резцов, за режущими резцами PDC с плоской передней гранью установлен второй ряд резцов PDC с выпуклой конусообразной формой,



расположенных в линиях резания между плоскими резцами PDC. Таким образом, двухъярусное долото является антивибрационным.

С целью улучшения технологии бурения, особенно в части качества бурового раствора, было разработано стабилизирующее двухъярусное долото с вмонтированным в его корпус кольцевым постоянным магнитом (рис. 4)

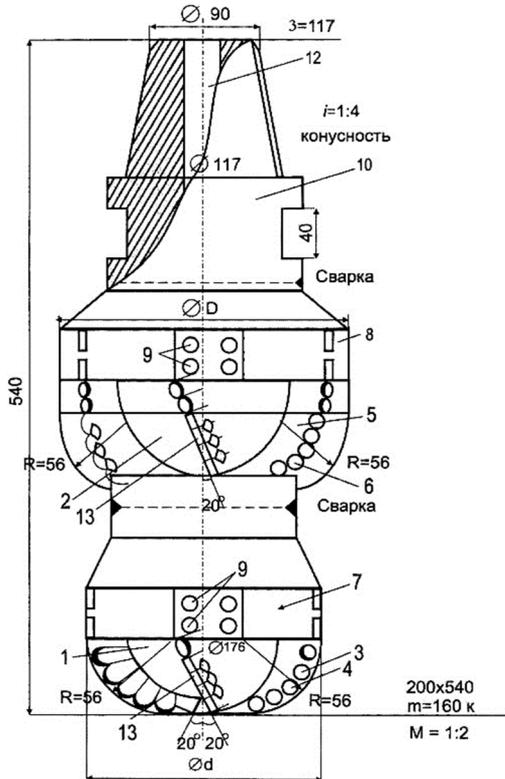


Рисунок 2 – Двухъярусное антивибрационное долото

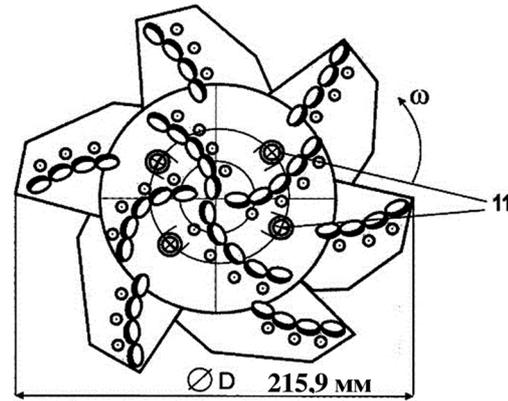


Рисунок 3 – Двухъярусное антивибрационное долото (вид снизу)

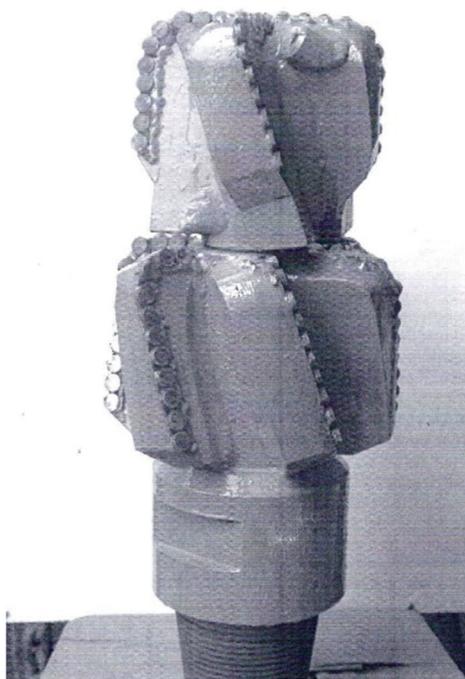


Фото 1 – Двухъярусное антивибрационное долото

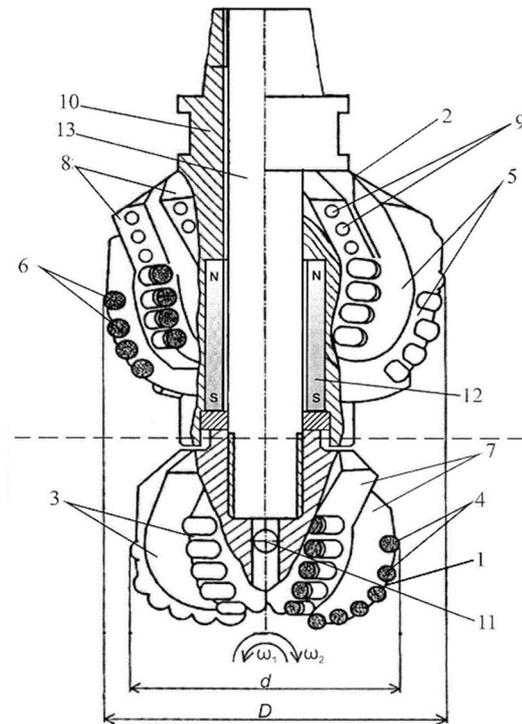


Рисунок 4 – Стабилизирующее двухъярусное долото режуще-скалывающего типа



Конструкция долота позволяет уменьшить крутящийся момент на буровом стае, предупредить возможности возникновения крутильных колебаний при бурении, вызывающих поломки режущих элементов, улучшить параметры промывочной жидкости, добиться экономии химических реагентов. На данную конструкцию долота получен патент на изобретение (RU № 2695726). Режущие элементы на лопастях нижнего забуривающего и верхнего разбуривающего ярусов выполнены в виде режущих элементов PDC гребнеобразной формы под отрицательным углом от 10° до 35° .

Работает долото следующим образом: при вращении нижнего забуривающего яруса 1 с угловой скоростью ω_1 и верхнего разбуривающего яруса 2 с угловой скоростью ω_2 , при осевом перемещении долота режущие лопасти 3 нижнего забуривающего яруса 1 забуриваются в забой, расширяя по мере продвижения скважину до диаметра d , определяемого положением крайних режущих элементов 4 нижнего забуривающего яруса 1, расположенных в верхних частях режущих лопастей 3 нижнего забуривающего яруса 1, а режущие лопасти 5 верхнего разбуривающего яруса 2 с режущими элементами 6 верхнего разбуривающего яруса 2, расширяют скважину по мере продвижения до диаметра D , определяемого положением крайних режущих элементов 6 верхнего разбуривающего яруса 2, стабилизаторы 7 нижнего забуривающего яруса 1 и стабилизаторы 8 верхнего разбуривающего яруса 2 увеличивают площадь контакта со стенками скважины. Буровой раствор двигаясь по внутреннему каналу долота 13 в верхнем разбуривающем ярусе 2, служащем для перемещения бурового раствора, ведущему от хвостовика 10 в верхнем разбуривающем ярусе 2 к промывочным отверстиям 11 в нижнем забуривающем ярусе 1 долота, протекая по внутреннему каналу долота 13 через установленный в верхнем разбуривающем ярусе 2 кольцевой постоянный магнит 12, омагничивается им, что приводит к улучшению качества бурового раствора, то есть, его основных параметров (вязкость, плотность, водоотдача, статическое напряжение сдвига).

Внешнее магнитное поле изменяет распределение электронных облаков ионизированных молекул раствора. При этом изменяются энергии взаимодействия ионов с ближайшими молекулами воды и поляризация ионами близлежащих объемов воды, что приводит к изменению структуры раствора. Макромолекулы применяемых полимеров представлена высокомолекулярными соединениями и имеют линейную структуру. При обработке раствора магнитным полем происходит увеличение длины макромолекулы. В результате адсорбируется большее количество свободной воды за счет чего происходит повышение вязкости и снижение водоотдачи, увеличивается плотность и статическое напряжение сдвига, то есть, улучшается качество бурового раствора.

Выводы

1. В настоящее время нефтегазовой отрасли необходимы «всепогодные» буровые долота, армированные резцами PDC, способные бурить горные породы от I до IX категории по буримости и имеющие проходку на долото более 25 тысяч метров.
2. Разработанные инновационные, двухъярусные, антивибрационные долота являются маленьким вкладом в большую работу по разработке породоразрушающего инструмента нового поколения, который обладал бы уменьшенной степенью вибрации, повышенной проходкой и скоростью бурения, оптимальной гидравликой, а все узлы и режущие элементы должны быть легко заменяемыми.

Список литературы:

1. Результаты применения новых конструкций буровых долот, армированных резцами гребнеобразной формы PDC / А.Я. Третьяк [и др.] // Журнал «Устойчивое развитие горных территорий». – 2019. – Т. 11. – № 4(42). – С. 519–257.
2. Инновационные подходы к конструированию высокоэффективного породоразрушающего инструмента / А.Я. Третьяк [и др.] // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2017. – № 8. – С. 225–230.
3. Третьяк А.Я., Соловьев Н.В., Бурцев А.А. Конструирование высокоэффективного породоразрушающего инструмента // Сборник Международных конференций по промышленному инструменту и современным технологиям Far-East. – 2018. – № 11.
4. Методы расчета осевой нагрузки и механической скорости бурения двухъярусного долота режущего типа D-2BB / А.Я. Третьяк [и др.] // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2010. – № 3. – С. 13–15.
5. Нескормных В.В., Попова М.С. Основы системного подхода к проектированию бурового инструмента // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 2018. – № 8. – С. 26–31.

List of references:

1. Results of new drill bit designs reinforced with PDC ridge-shaped cutters / A.Y. Tretiak [et al.] // Journal of Sustainable Development of Mountain Territories. – 2019. – V. 11. – № 4(42). – P. 519–257.



2. Innovative approaches to the design of high-performance rock-destroying tools / A.Y. Tretiak [et al.] // Mining Information and Analytical Bulletin. – 2017. – № 8. – P. 225–230.
3. Tretiak A.Y., Soloviev N.V., Burtsev A.A. Designing high-performance rock destruction tools // Collection of International Conferences on Industrial Tools and Modern Technologies Far-East. – 2018. – № 11.
4. Calculation methods of axial load and mechanical drilling speed of a two-tier cutting bit type D-2VB / A.Y. Tretiak [et al.] // Construction of oil and gas wells onshore and offshore. – 2010. – № 3. – P. 13–15.
5. Nesromnykh V.V., Popova M.S. Fundamentals of the system approach to the design of drilling tools // Construction of oil and gas wells on land and at sea. – 2018. – № 8. – P. 26–31.