

# «Умное» долото

## Новые конструкции позволяют увеличить эффективность бурения

Пола Диттрик

OGJ

Производители буровых долот добавляют многомерные резцы и небольшие подвижные части в алмазные долота для создания так называемых «умных» и более прочных долот, которые распознают различные слои пород. Изменения в конструкции долота увеличивают механическую скорость проходки и продлевают его срок службы. По словам производителей, усовершенствованные долота могут быть использованы как на суше, так и в море. Технология не нуждается в настройке под конкретный комплекс, однако размеры долота будут варьироваться в зависимости от вида работ.

Ключевые слова: долото, прихват-проскальзывание, бурение, конструкция, механическая скорость проходки, глубина резания, долото с поликристаллическими алмазными резцами.

Операторы, работающие на сланцевых комплексах в США, ранее применяли долота без подвижных частей. Однако сегодня они находятся в поисках решения, которое поможет повысить эффективность бурения.

Конструкция нового долота снижает прихват-проскальзывание, возникающее вследствие вибраций или вращения, которые вызывают быстрое ускорение и торможение буровой колонны и долота. Буровое долото может прихватываться при вращении колонны. Прихват-проскальзывание приводит к повреждению оборудования, уменьшает производительность и увеличивает расходы на бурение.

В начале 2017 года компания Baker Hughes объявила о создании адаптивного бурового долота TerrAdapt с резцами, которые самостоятельно регулируют глубину резания. Долото с поликристаллическими алмазными резцами (долото PDC) автоматически подстраивается под различные слои пород без необходимости подъема и настройки на поверхности. Такие резцы двигаются вверх или вниз для плавного прохода через различные слои пород.

Компания Smith Bits, входящая в группу компаний Schlumberger, выпустила долото с алмазными резцами гребнеобразной формы AxeBlade для увеличения механической скорости проходки в различных пластах и улучшения управления при наклонно-направленном бурении. Когда долото с такими резцами проходит породу, оно задействует на 30% меньше силы, чем стандартные долота PDC. По заявлению Schlumberger, специально разработанная форма резцов сочетает в себе срезающие свойства стандартного долота PDC и дробящие свойства шарошечного долота.

Компания Halliburton создала технологию Cruiser, которая включает в себя вставку вращающихся роли-

### SMART BITS ADVANCE DRILLING EFFICIENCY

Drillbit manufacturers are adding multidimensional cutter technologies and small moving parts to fixed diamond-cutter bits to create what they call smarter, stronger bits that recognize different rock layers. Operators focused on US shale plays previously used bits with no moving parts but now seek higher efficiency.

Keywords: bit, drilling, rates of penetration, stick slip, depth-of-cut, polycrystalline diamond compact, bit designs.

Paula Dittrick

ков на конце долота для контроля глубины резания при одновременном снижении износа оборудования.

Компания NOV ReedHycalog недавно запустила конфигурацию Chainsaw на своих буровых долотах Tektonic, установив на них новые резцы ION 3D. Резец имеет остроконечную режущую кромку для повышения эффективности бурения. Конфигурация обеспечивает более высокую ROP по сравнению со стандартными долотами.

Корпорация ExxonMobil в начале 2017 года предоставила Pason Systems Inc глобальную лицензию на запатентованную компанией информационно-консультативную систему для обеспечения бурения (Drilling Advisory System), которая является частью технологии скоростного бурения (FastDrill), принадлежащей ExxonMobil.

### Адаптивное долото

Компании Baker Hughes и GE первоначально использовали долото TerrAdapt в бассейне Delaware, округ Ривз, штат Техас. В ходе работ в данном бассейне

© Oil&Gas Journal, 6 November 2017, p. 36-38

оператор сообщил о непредсказуемых показателях бурения на участках промежуточной колонны диаметром 311,2 мм (12¼"), проходящих через переслаивание глины, известняка и солей.

Критические колебания крутящего момента и прихват-проскальзывание повлияли на эффективность бурения и привели к сбоям в работе скважинного оборудования. Оператор связался с Baker Hughes, чтобы как можно скорее пройти следующие участки, уменьшив эффект прихвата-проскальзывания и динамическую нагрузку.

С использованием адаптивного бурового долота был пробурен участок длиной 1022,5 м за один спуск, при этом скорость проходки увеличилась на 27% по сравнению с соседними скважинами, пробуренными с использованием стандартных долот PDC. Механическая скорость проходки адаптивного долота составляла в среднем 51,2 м/ч. Крутящий момент долота на поверхности был в среднем на 45% ниже и на 90% стабильнее, чем у стандартных долот PDC.

Скотт Шмидт, вице-президент Baker Hughes по буровым долотам, заявил, что улучшилась стабильность, а сокращение вибраций способствовало ускоренному бурению вертикальных скважин. Буровики закончили работу на участке, не повредив компоновку нижней части буровой колонны.

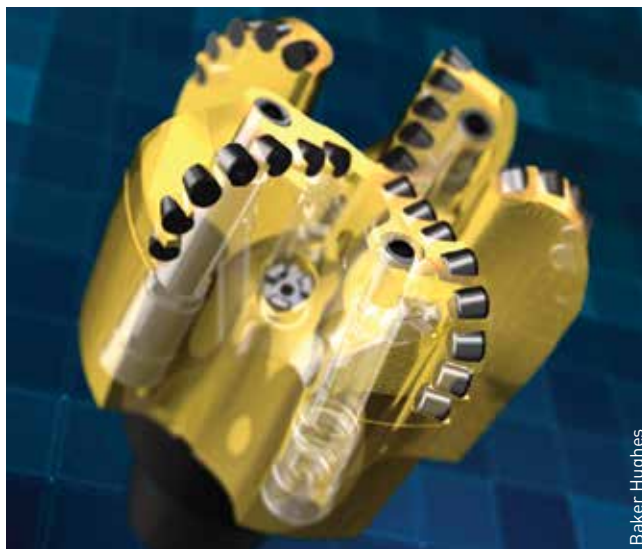
Прихват-проскальзывание обычно предотвращается путем установки фиксированной глубины срезания и настройки осевой нагрузки на долото или оборотов в минуту. Стандартные долота ограничивают операторов выбором одной настройки — управления глубиной срезания. Бурение через различные слои пород вызывает колебания от вращения и прихват-проскальзывание. Колебания от вращения приводят к неустойчивой скорости. Регулировка вращения во время бурения вызывает аномальные вибрации, что может повредить оборудование нижней части буровой колонны.

Автоматическая адаптивная технология помогает инженерам решать проблемы, когда необходимо пробурить скважину глубиной 3048 м. Регулирующие глубину срезания резцы выпускаются или убираются обратно при прохождении пород различной плотности (фото 1). При появлении колебаний от вращения резцы долота выпускаются для поддержания стабильного бурения. Когда процесс бурения снова становится плавным, резцы убираются. Шмидт сравнивает такое долото с ремнем безопасности автомобиля: «Если вы резко дернете за ремень, вытянуть его не получится. Но если вы будете постепенно тянуть его, то длина ремня увеличится».

Встроенные в лопасти долота картриджи с режцами, регулирующими глубину резания, выпускаются за миллисекунды и полностью убираются за доли секунды в зависимости от того, насколько сильно они были выпущены. Сменные картриджи для

Фото 1

#### Адаптивное буровое долото TerraAdapt



нескольких спусков имеют подвижный поршень, который контролирует глубину резания. Каждый картридж свободно движется внутри лопасти долота.

По словам Шмидта, саморегулирующееся долото может стать отраслевым стандартом, который, скорее всего, будет использоваться не только для бурения скважин, но и в тех буровых работах, при выполнении которых можно столкнуться с эффектом прихвата-проскальзывания. Он ожидает, что в будущем возможности умных долот будут расширяться.

#### Долото с режцами гребнеобразной формы

Компания Smith Bits представляет последнее поколение долот AxeBlade с трехмерной технологией резания (фото 2).

При бурении участка бокового ствола скважины на формации Eagle Ford, расположенной на юге штата Техас, в интервале мощностью 1093 м за 35 часов долото отклонилось от вертикали на 90°. Механическая скорость проходки составляла 31,2 м/ч, что на 29% быстрее, чем при бурении соседних скважин.

Долото сохраняло угол набора кривизны и режущей части. Данное долото имеет уменьшенный реактивный крутящий момент по сравнению со стандартными долотами и меньший износ при бурении соседних скважин.

Компания Shell использовала такое долото для бурения скважины длиной 1631,6 м за 24 часа на шельфе штата Луизиана с меньшими колебаниями крутящего момента. Скорость проходки увеличилась на 100% по сравнению со средним значением на месторождении. Долото с системой PowerDrive Orbit RSS пробурило скважину длиной 4167,8 м за 45 часов. Скорость собственно бурения соляного пласта в среднем составляла 93 м/ч, а угол достиг 42°.

Фото 2

Долото AxeBlade с гребнеобразной формой резцов



Schlumberger

Для бурения разведочной скважины в Мексиканском заливе компания Pemex использовала активируемый многократно наддолотный расширитель и алмазное долото с резцами гребнеобразной формы, чтобы сэкономить 48 часов и \$240 тыс. при спуске-подъеме. Бурение было завершено за один спуск.

Компания Kuwait Oil использовала долото компании Schlumberger с целью увеличения механической скорости проходки для работы с теми пластами, при прохождении которых она сталкивалась с высокой интенсивностью прихвата-проскальзывания. Буровики увеличили скорость на 84% по сравнению со средней скоростью на месторождении. Конечная глубина была достигнута за один спуск. Это помогло сэкономить целый день и \$32 600. Алмазное покрытие на резце на 70% толще, чем на резце стандартного долота, что обеспечивает улучшенное сопротивление при фронтальных ударах. По заявлению Schlumberger, ее долото имеет повышенную долговечность и износостойкость при максимальной скорости за спуск.

Компания Unit Petroleum увеличила скорость проходки на 27% при использовании долота на промежуточном участке для прохождения формации Granite Wash в бассейне Anadarko на суше в штате Техас. Алмазный гребнеобразный резец позволяет бурить через переслаивание глины, песка и известняка с уменьшенным на 20% крутящим моментом и с увеличенной на 27% скоростью.

### Долото с вращающимися роликами

Компания Halliburton применила свою технологию Cruzeg при проведении буровых работ в бассейне

Williston, штат Северная Дакота. Оператор пробурил участок горизонтальной скважины на 14 часов быстрее, чем при бурении таких же участков на соседних скважинах. Уменьшенный износ долота способствовал повышению механической скорости проходки.

Небольшие алмазные вращающиеся ролики на конце долота, которые можно заменить или отремонтировать, снизили коэффициент трения. Система обладает сопротивлением к абразивному износу, ударной нагрузке, тепломеханической целостностью и сохраняет контроль за глубиной резки в ходе спуска долота.

Вращающиеся ролики обеспечивают более стабильное управление во время направленного бурения. Небольшой размер роликов позволяет включать их в новые или уже существующие конструкции (фото 3).

По словам Брэда Данбара, руководителя проектов буровых долот в компании Halliburton, более низкий уровень трения снижает вырабатываемое тепло, повышает эффективность бурения и надежность долота. «Долото проникает в пласт с постоянной скоростью без отвода энергии от породоразрушающего элемента», — заявил Данбар.

Он также сообщил, что цель состоит в том, чтобы объединить «умные» долота с технологией буровых установок, которые в конечном итоге при помощи установленных на них цифровых приборов будут улавливать изменение структуры породы, до того как начнется прохождение через нее, для обеспечения планомерного, автоматизированного процесса бурения. «В противном случае в нашей работе не будет прогресса», — сказал Данбар.

### Резец ION от компании NOV

Компания National Oilwell Varco (NOV) заявила, что она продолжает совершенствовать свои буровые долота ReedHycalog Tektonic (фото 4).

Стандартные резцы эффективны в пластичных породах, но в их строении не хватает разнообразия, которое необходимо для хрупких, переслаивающихся пластов.

Согласно заявлению NOV, резцы ION 3D показывают себя лучше, чем стандартные резцы, в следующих пластах: песчаник и другие обломочные пласты; карбонаты, для которых необходимы резцы, способные дробить и срезать породу; глина и глинистые минералы, для которых необходимы резцы, способные срезать породу.

Отполированные резцы позволяют выбуренной породе проходить по алмазной поверхности без прилипания, снижая трение, вырабатывая меньше тепла и увеличивая эффективность бурения. Согласно заявлению NOV, компания Hess выбрала многоцелевые долота ReedHycalog для бурения горизонтальной скважины на сланцевой формации Bakken, расположенной в округе Маккензи в штате Северная Дакота, используя пять компоновок нижней части буровой

колонны, начиная от бурения кондуктора и заканчивая достижением проектной глубины забоя. Для бурения верхней части вертикального разреза было выбрано долото размером 209,6 мм (8¼") с термостойкими отполированными резцами ION.

Долото Chainsaw размером 222,3 мм (8¾") с резцами ION и ION 3D было использовано для бурения нижней части. При помощи долота Chainsaw размером 152,4 мм (6") была пробурена горизонтальная часть. Компания Hess пробурила верхнюю часть вертикального разреза длиной 1958 м за 35 часов, или со скоростью 56,1 м/ч, и нижнюю часть вертикального разреза длиной 590,4 м за 15 часов, или со скоростью 39,3 м/ч. Буровики завершили бурение горизонтальной части длиной 2961,1 м за 49,6 часа, или со скоростью 59,7 м/ч.

Компания NOV также разработала программное обеспечение SoftSpeed II, которое использует автоматическое гашение вибрации для уменьшения вибрации от вращения и колебаний от прихвата-проскальзывания.

Оператор в Северном море при бурении горизонтального участка скважины размером 215,9 мм (8½") столкнулся с высокой интенсивностью прихвата-проскальзывания, при которой бурение практически остановилось. Такой уровень вибрации при бурении является неэффективным и повреждает оборудование.

Оператор смог решить проблему с прихватом-проскальзыванием за 9 часов. Бурение до применения системы SoftSpeed II осуществлялось со средней скоростью 19 м/ч. Механическая скорость проходки с использованием новой системы увеличилась до 21 м/ч.

Инженер компании NOV обучил буровую бригаду правильному применению программного обеспечения, которое соединяется с технологическим центром

Фото 3

**Долото с вращающимися роликами Cruiser**



Halliburton

Фото 4

**Буровое долото ReedHycalog Tektonic**



в режиме реального времени для постоянного мониторинга. Подтверждается, что механическая скорость проходки и крутящий момент надлежащим образом соотносятся с условиями на забое скважины.

Компания Total E&P Norge AS разрабатывает нефтяное месторождение, которое включает в себя несколько глубоких, сложных по своей структуре газоконденсатных пластов высокого давления. Компания Total проводит бурение скважин в ограниченном диапазоне допустимого давления путем применения системы SoftSpeed II для предотвращения прихвата-проскальзывания.

### Технология и стандарты

Новая технология, запатентованная компанией ExxonMobil, автоматизирует процесс бурения в режиме реального времени путем интеграции в средства анализа данных собственной системы моделирования. Компания ExxonMobil заявила, что использование системы улучшило ее показатели бурения на девяти месторождениях.

В 2016 году компания T.H. Hill, принадлежащая инспекционно-сертификационной компании Bureau Veritas, обновила технический стандарт для проверки долот DS-1 и критерии допустимости. Технический стандарт для проверки долот DS-1 BITS включает отдельные категории новых и уже используемых долот.

Производители долот наряду с пользователями осуществляют проверку долот. T.H. Hill предоставила фотографии, а также обновленные критерии, демонстрируя то, что является допустимым или недопустимым при проведении упрощенной процедуры проверки. ⚠