



# Бурение в один рейс: есть ли «слабое звено» или все зависит от технологий?

**Д. П. ГУМИЧ**,  
инженер отдела  
проектирования подразделения  
породоразрушающего инструмента  
и бурового оборудования  
dgumich@slb.com

**Т. М. ЕРМЕШЕВ**,  
специалист  
по работе с клиентами

**С. В. ЗАБУГА**,  
координатор подразделения

**С. С. РУСАЛОВСКИЙ**,  
инженер технической поддержки

«Шлюмберже»  
(Schlumberger)

**D. GUMICH,**  
**T. ERMESHEV,**  
**S. ZABUGA,**  
**S. RUSALOVSKY,**  
Schlumberger



*Кажется, нет ничего общего у самолета и компоновки низа бурильной колонны (КНБК). Но если посмотреть на конструктив, можно выделить три важных элемента, на которые опирается любой самолет: аэродинамический фюзеляж, двигатель и авионика. Каждый авиапроизводитель стремится использовать эти элементы в единой системе с максимальной эффективностью, будь то широкофюзеляжный трансатлантический гигант или региональный джет. При этом отличный самолет получается только в том случае, если среди данных частей нет «слабого звена». В то же время любая КНБК также имеет три важных элемента: долото, винтовой забойный двигатель (ВЗД) и телесистему, которые несложно сопоставить с элементами самолета. В бурении необходимо так же тщательно подходить к подбору данного оборудования, как с «трансатлантическими» – офшорными, так и с «региональными» – наземными компоновками, чтобы получить максимально эффективную КНБК.*

**Ключевые слова:** PDC, Smith Bits, Schlumberger, StingBlade, Onyx 360, ВЗД, Радиус-Сервич, R-Wall, Тимано-Печорский регион

УДК 622.24: 622.24.051.64

## DRILLING IN ONE RUN: IS THERE A «WEAK LINK» OR EVERYTHING DEPENDS ON TECHNOLOGIES?

From one side it seems that there is nothing common between an airplane and a bottom hole assembly (BHA) of a drill string. But let's look at any airplane construction. We can observe the three principal elements: fuselage, engine and aircraft electronics. Every aircraft manufacturer seeks the engineering solutions to use and integrate these elements in united system. This approach is applied to any aircraft, long-range widebody airplane or small regional jet. The great airplane can't have «weak link» in these three elements. So, any BHA also has the three principal elements: a drill bit, positive displacement motor (PDM) and measure-while-drilling (MWD) system. We can easily juxtapose these elements with aircraft elements. It is also necessary to select the equipment accurately while drilling as for «long-range widebody» offshore BHA also as for «regional» – on-shore BHA. That's why only integrated approach can provide the effective BHA.

**Keywords:** PDC, Smith Bits, Schlumberger, StingBlade, Onyx 360, ВЗД, Radius-Servic, R-Wall, Timano-Pechora region

**В**озникает вопрос: есть ли то самое «слабое звено» в КНБК? Большинство буровиков не думая ответит: долото, и в этом раньше действительно была доля правды. С момента зарождения бурения и практически до конца XX века долото и правда было самым «слабым звеном». Спуско-подъемные операции в основном

производились для замены породоразрушающего инструмента по мере его износа. С появлением долот PDC показатели проходки на долото, а так же скорость бурения на порядок возрасли. В то же самое время проектная длина скважин постоянно увеличивается и достигает порой 5 километров. Кроме этого остается ряд геологических проблем: перепластование твердых и мягких пород, твердые известняки с включением кремния, а также абразивные песчаники, в которых «сдаются» даже самые современные долота. Кажется бы, ярлык «слабое звено» навсегда прикрепился к породоразрушающему инструменту, но ситуация коренным образом изменилась с внедрением уникальных 3D резцов от Smith Bits, компании «Шлюмберже»: Axe, Stinger, Onyx 360\* (рис.1).

Они позволили улучшить показатели стандартных долот PDC: скорость, ударопрочность и износостойкость. С появлением современных технологий в породоразрушающем инструменте, а также при усложнении условий бурения (высо-

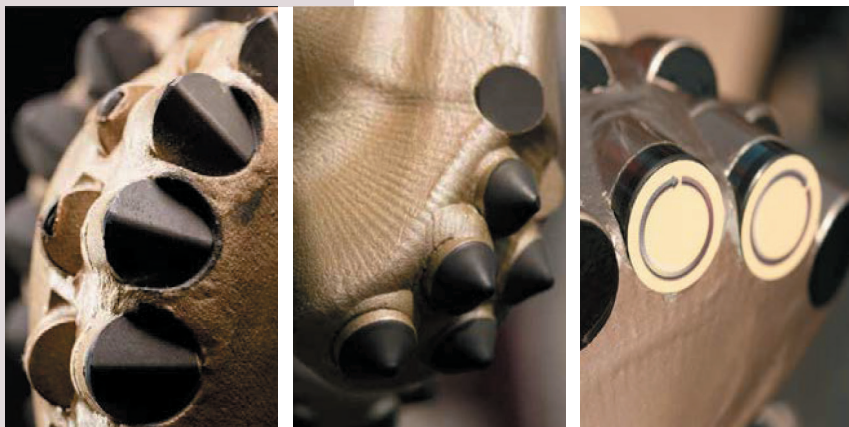


Рис. 1. Слева направо: резцы Axe, Stinger, Onyx 360\*

Казалось бы, ярлык «слабое звено» навсегда прикрепился к породоразрушающему инструменту, но ситуация коренным образом изменилась с внедрением уникальных 3D резцов от Smith Bits, компании «Шлюмберже»: Axe, Stinger, Onyx 360\*. Они позволили улучшить показатели стандартных долот PDC: скорость, ударопрочность и износостойкость.



Рис. 2. Сильный износ долот при бурении секции

кие давления и температура, агрессивные растворы на РУО) появился новый претендент на звание «слабого» – винтовой забойный двигатель, причем подбор идеальной КНБК стал казаться невыполнимой задачей.

Но давайте рассмотрим реальный полевой опыт.

Говорят, что время «легкой нефти» ушло в прошлое, и это правда – теперь «черное золото» приходится добывать все с больших глубин, применяя все чаще новые технологии. Так, например, на некоторых месторождениях Тимано-Печорского региона длина эксплуатационной секции может достигать 2000 м, а проектная глубина доходит практически до 5000 м. При этом геология не отличается легкостью – наличие окремненного известняка вызывает ударные нагрузки и долота получают сильный износ (рис. 2).

Поэтому первоначально для бурения этой секции закладывалось как минимум 2 рейса, в ходе которых менялось как долото, так и ВЗД. В 2014 г. подразделение Smith Bits компании «Шлюмберже» представило новый 3D резец Stinger. Данный резец, или как его еще называют – элемент, имеет уникальную коническую форму, благодаря которой он обладает повышенными, по сравнению со стандартным резцом PDC, ударопрочностью и износостойкостью (рис. 3).

В 2017 году на одном из таких месторождений в Тимано-Печорском регионе было применено долото StingBlade 219,1 мм серии Z813. Как и следовало ожидать, технология показала выдающийся результат – секция была пробурена одним долотом со средней скоростью 9,27 м/час, и это на 30 % выше, чем у другого производителя. Был установлен рекорд по проходке на долото, а титул «слабого звена» перешел к ВЗД (рис. 4). Произошел его отказ всего после 100 часов бурения, при этом само долото получило лишь незначительный износ (рис. 5). Конечно, общее время бурения секции составило порядка 200 часов и подрядчик по ВЗД высказывает сомнения в возможности бурения в 1 рейс.

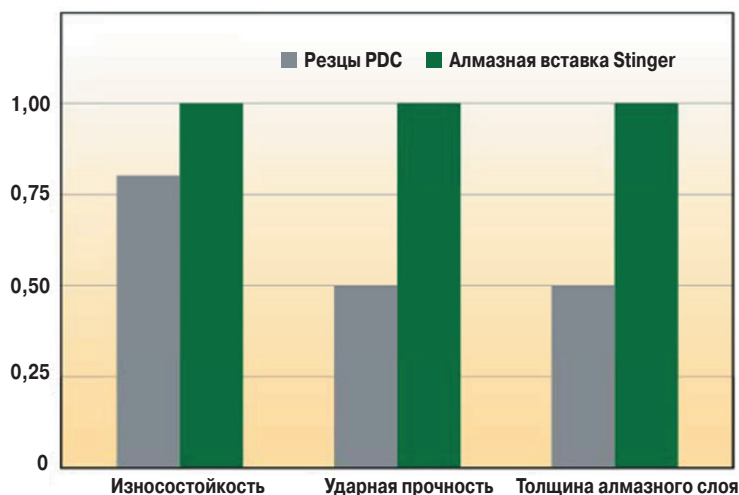


Рис. 3. Внешний вид элемента Stinger\* и его свойства по сравнению с резцом PDC

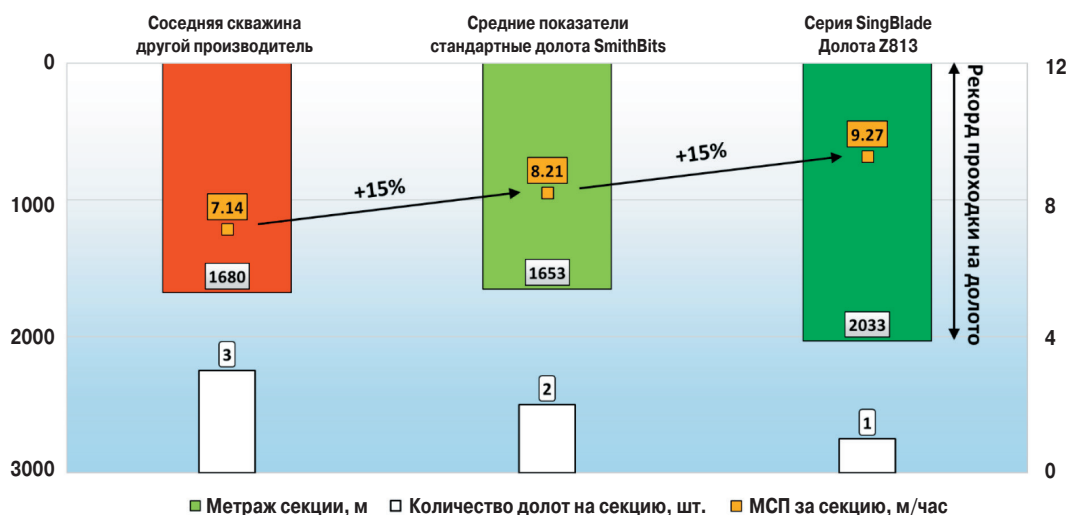


Рис. 4. Анализ отработок на месторождении

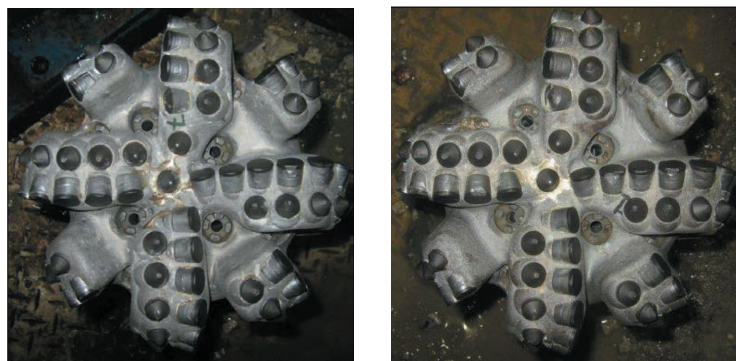


Рис. 5. Износ долота Z813 после первого подъема (слева) и после финального забоя (справа)

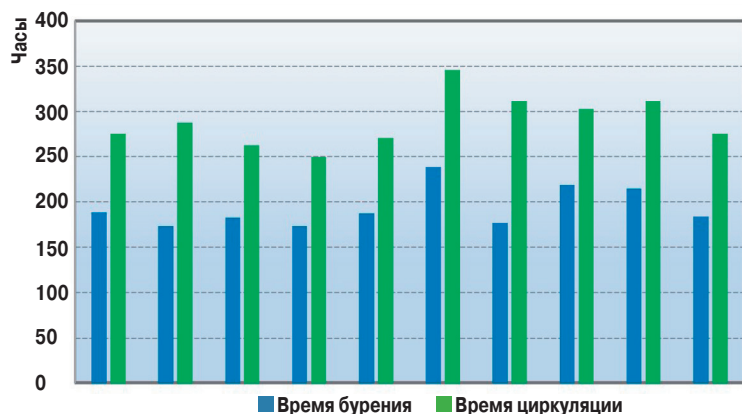


Рис. 6. Время бурения/циркуляции для двигателей RS172 компании «Радиус-Сервис»



Рис. 7. Критический кольцевой износ долот после бурения по абразивному песчанику

Профессионализм, командная работа и уникальные новые технологии установили новый рекорд на Кыртаельском месторождении: секция была пробурена до финального забоя в 2 рейса. Механическая скорость проходки с учетом срезки с цементного моста составила 10,7 м/час. Такие показатели помогли сэкономить заказчику более 30 часов по сравнению с бурением соседних скважин.

А теперь давайте обратимся к графику обработок двигателей компании «Радиус-Сервис», входящей в состав «Шлюмберже», на другом месторождении региона, которые работали в том числе с аналогичными долотами StingBlade (рис. 6). Данные представлены для того же габарита – 172 мм, а интервал бурения доходит до 2000 м. Анализируя его, легко можно заметить, что 200 часов не представляют проблемы даже для стандартных двигателей компании «Радиус-Сервис».

В данном случае вывод напрашивается сам: смена подрядчика ВЗД могла бы исключить «слабое звено» из КНБК, пробурить секцию в 1 рейс и сэкономить заказчику 45 часов НПВ, которые ушли на СПО для замены двигателя.

Рассмотрим другой пример в Тимано-Печорском регионе – Кыртаельское месторождение. Эксплуатационная секция здесь имеет значительную длину и сталкивается с рядом геологических проблем: твердым известняком с включением кремния и высокоабразивным, твердым песчаником. Эти факторы неблагоприятно влияют на работу породоразрушающего инструмента: долота получают критический кольцевой износ (рис. 7) даже после бурения небольшого интервала.

Высокая температура, большое давление, а также агрессивный буровой раствор на углеводородной основе создают проблемы для работы винтовых забойных двигателей. Происходит разрушение резиновой обкладки статора и в результате – забитие насадок долота (рис. 8).

Это приводит к повышению давления и, как следствие, к незапланированной спуско-подъемной операции

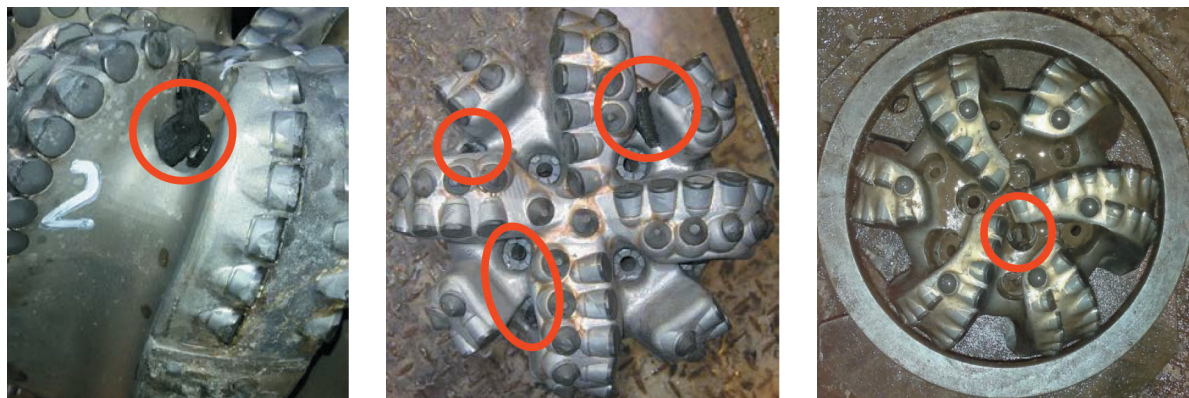


Рис. 8. Долота с насадками, забитыми эластомером от ВЗД

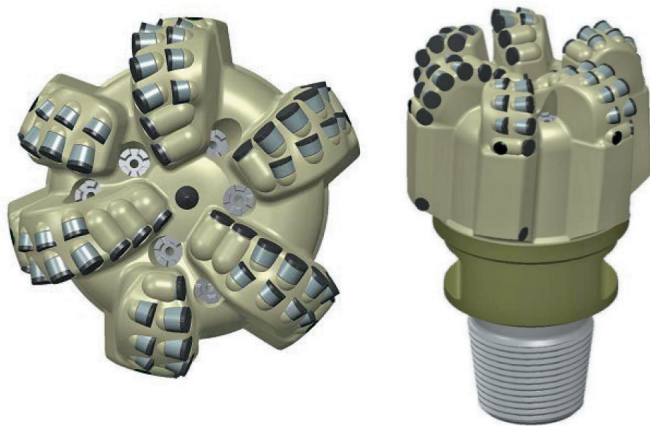


Рис. 9. Долото серии Central Stinger\* MDSIZ616

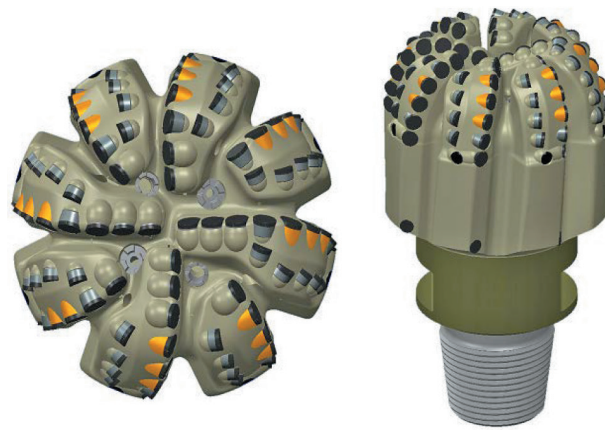


Рис. 10. Долото серии Onyx 360\* R816

для смены ВЗД, при этом долота получали незначительный износ и не вырабатывали весь ресурс.

Все перечисленные трудности приводили к тому, что на бурение эксплуатационной секции, в среднем, уходило четыре-пять рейсов. Заказчиком была поставлена задача по оптимизации процесса бурения секции и уменьшению количества рейсов. Учитывая опыт отработки с месторождения и доступные технологии, а также тот факт, что секция скважины будет начинаться с зарезки с цементного моста, была подготовлена программа на бурение. Для достижения максимальной скорости, управляемости, а также высокой износостойкости на верхний интервал было заложено долото серии Central Stinger\* MDSIZ616 (рис. 9).

Такое долото имеет двойной ряд вооружения – Shark\*, который значительно повышает износостойкость. Алмазный элемент Stinger\*, расположенный в самом центре долота, обеспечивает максимальную скорость, непревзойденную управляемость и стабильность. Для бурения высокоабразивного песчаника было использовано долото серии Onyx 360\* R816 (рис 10). Оно специально проектировалось с учетом опыта и геологических особенностей Тимано-Печорского региона.

Отличительной чертой долот серии Onyx 360\* являются вращающиеся резцы, которые располагаются на плечевой части долота. Благодаря вращению используется вся длина кромки резца, значительно повышается износостойкость породоразрушающего инструмента.

Для создания необходимых рабочих параметров и бесперебойной работы были использованы винтовые забойные двигатели серии R-Wall\*\* производства компании «Радиус-Сервис». Конструктивной особенностью данной серии является профилированный статор двигательной секции, благодаря которому эластомерная обкладка имеет равную толщину (рис. 11).

При таком исполнении значительно уменьшаются перетечки и внутренние потери в зацеплении «статор-ротор». Это приводит к увеличению энергетических характеристик, по сравнению со стандартной секцией. Также данная конструкция обладает высокой надежностью при работе в растворах на углеводородной основе и при повышенной температуре.

Профессионализм, командная работа и уникальные новые технологии установили новый рекорд на Кыртаельском месторождении: секция была пробурена до финального забоя в 2 рейса. Механическая скорость

Двигательная секция R-Wall

Классическая двигательная секция

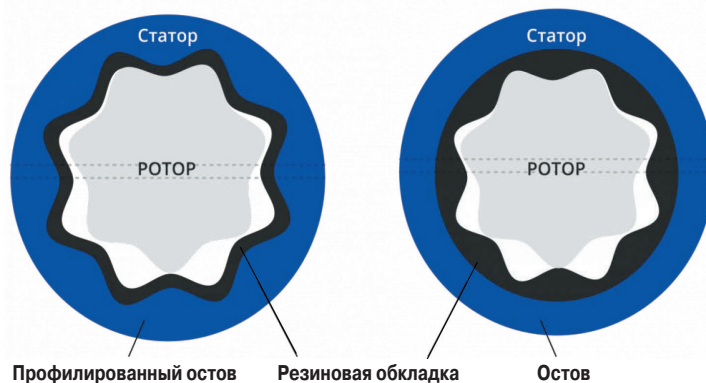


Рис. 11. Разрез силовых секций ВЗД стандартного исполнения и серии R-Wall\*\*

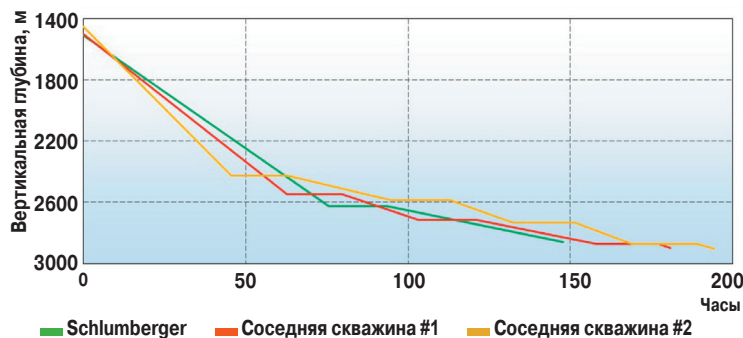


Рис. 12. График «глубина-время» для Кыртаельского месторождения

проходки с учетом срезки с цементного моста составила 10,7 м/час. Такие показатели помогли сэкономить заказчику более 30 часов по сравнению с бурением соседних скважин (рис. 12).

Данные примеры свидетельствуют о необходимости интегрированного подхода к подбору пары ВЗД-долото, который помогает достичь максимально эффективного использования потенциала оборудования, а также позволяют исключить «слабое звено» из КНБК, тем самым подтверждая тот факт, что все зависит от правильного подбора технологий под соответствующие условия бурения. ■

\*Товарный знак «Шлюмберге»

\*\*Товарный знак компании «Радиус-Сервис», входящий в состав «Шлюмберге»