

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Schlumberger

Долота PDC

*Долото с резцами нового поколения гребнеобразной формы **AxeBlade***

- Компания «Шлюмберже» предлагает широкий диапазон высокотехнологичных, динамических буровых долот, рассчитанных на бурение наиболее твердых пород, применение самых сложных траекторий бурения и на самые тяжелые внутрискважинные условия.
- Специально спроектированные режущие структуры обладают возможностями, недоступными стандартным резцам PDC — бурение продолжительных интервалов в породах, включающих кремний и пирит; вращение на 360° для равномерного распределения износа и тепла; а также разрушение породы с одновременной проработкой ствола скважины.



Инновационные PDC резцы нового поколения гребнеобразной формы значительно повышают ударную прочность долота и механическую скорость проходки

Подразделение Smith Bits, компании «Шлюмберже», разработало уникальные алмазные резцы гребнеобразной формы — *Axe*, сочетающие срезающее действие стандартного резца PDC и дробящее действие зубка из карбида вольфрама. Резцы *Axe* расположены по всему профилю, так рождается долото *AxeBlade*.

До появления долот *StingBlade* с уникальными алмазными вставками конической формы, повышение производительности долот PDC достигалось за счет улучшения материалов и изменения способов их обработки. Новейшая форма резца *Axe* повышает эффективность режущей силы и теплоотдачу при более высоком сопротивлении фронтальным нагрузкам на резец, что обеспечивается за счет увеличения толщины алмазного слоя, комбинации различных размеров гранул поликристаллических алмазов и оптимизации применяемых материалов.

Повышение эффективности разрушения породы ведет к мгновенному увеличению механической скорости проходки/

Резцы *Axe* имеют уникальную форму, которая разрушает породу уникальным способом, сочетая срезающий и дробящий механизм. При этом глубина проникновения резца в породу повышается, по крайней мере, на **22%**. Благодаря этому удаляется больше породы, что ведет к повышению мгновенной механической скорости проходки по сравнению со стандартными долотами PDC при одинаковой нагрузке и частоте вращения.

Алмазный слой на гребне на **70%** толще, чем стандартный резец PDC, что обеспечивает более высокое сопротивление фронтальным нагрузкам на резец. Для заказчика это означает, что долота *AxeBlade* имеют более высокую надежность и улучшенный износ при максимальной скорости проходки на протяжении всего рейса.

Полевые испытания долота *AxeBlade* показали увеличение механической скорости проходки в среднем на **29%**, по сравнению с стандартными долотами PDC при схожих дизайнах долота, что позволяет сократить время бурения и снизить расходы на строительство скважин.

Улучшенная управляемость в наклонно-направленном бурении

Уменьшение усилия на резец для достижения той же скорости проходки ведет к более стабильному и меньшему крутящему моменту, и улучшенному контролю ориентации долота при наклонно-направленном бурении. Это преимущество позволяет увеличивать интенсивность набора зенитного угла при более высокой механической скорости проходки, тем самым увеличивая интервал продуктивной зоны и минимизирует непродуктивное время выдерживая более точную траекторию скважины.

*Долото **StingBlade** с алмазными
коническими элементами*



Высокая эффективность бурения твердых пород

Благодаря высокой устойчивости вставок ***Stinger*** к ударным нагрузкам и износу долота ***StingBlade*** обеспечивают увеличение проходки и МСП, одновременно поддерживая улучшенное выставление направления и минимизируя ударные нагрузки в сложных условиях бурения, вызывающих динамические повреждения стандартных долот.

В ходе полевых испытаний было выполнено более 750 СПО в 14 различных странах, долота ***StingBlade*** обеспечили увеличение проходки в среднем на 55% и повышение МСП на 30% по сравнению с соседними скважинами.

Точная оценка коллекторских свойств пласта на поверхности

Концентрированное точечное приложение нагрузки алмазных вставок ***Stinger*** позволяет долотам ***StingBlade*** получать более крупные фрагменты породы, для точного определения минералогического состава, пористости, проницаемости и проявлений углеводородов на месте бурения. В Казахстане, помимо сокращения количества операций замещения бурового раствора и поддержания оптимальной скорости бурения, применение долот ***StingBlade*** позволило полевым геологам получить более крупные фрагменты твердых карбонатных пород с содержанием кремния для определения литологических типов и свойств.

SMITH BITS

A Schlumberger Company



StingBlade

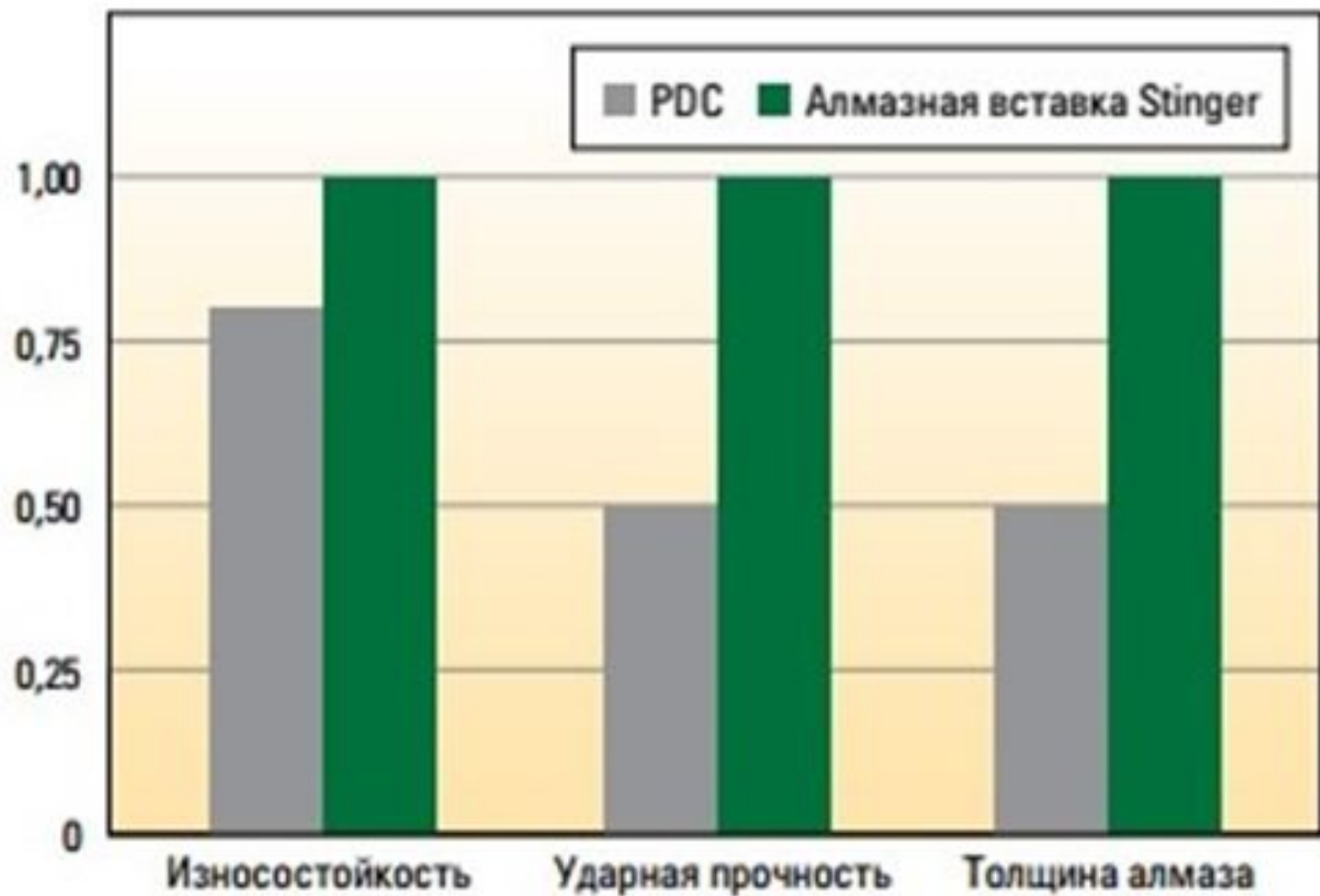
Долото с алмазными вставками
конической формы

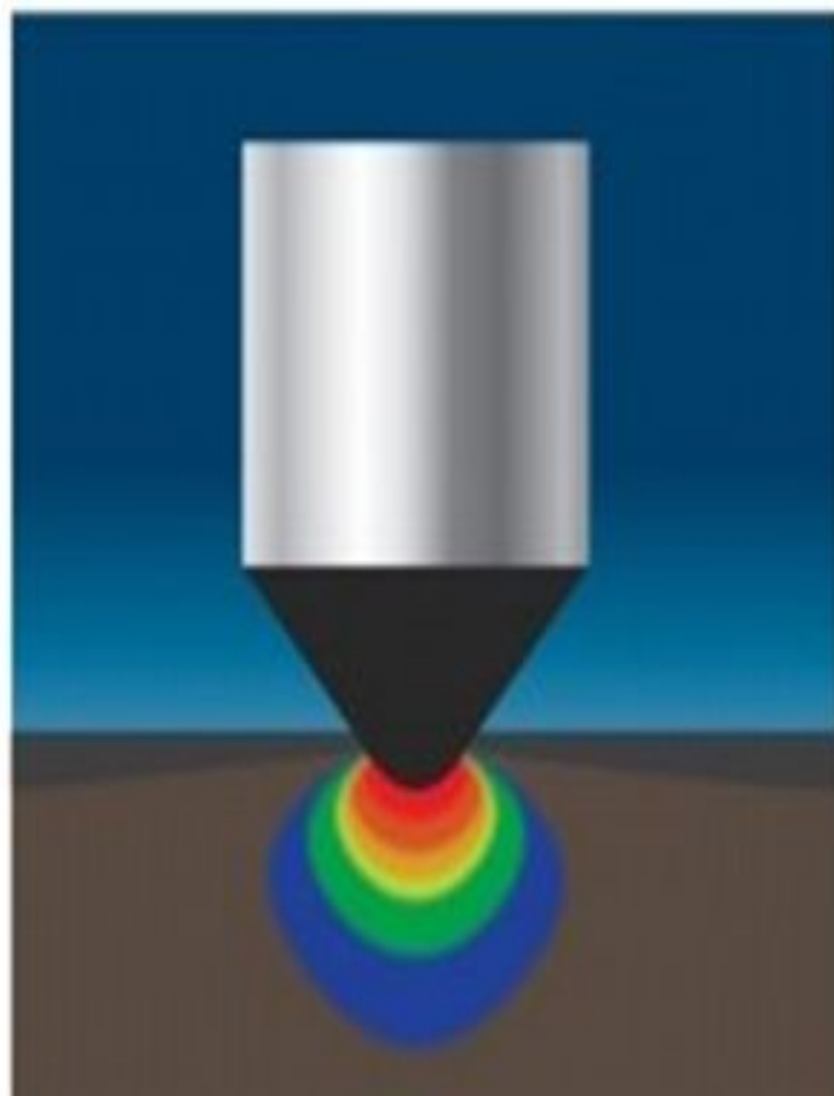
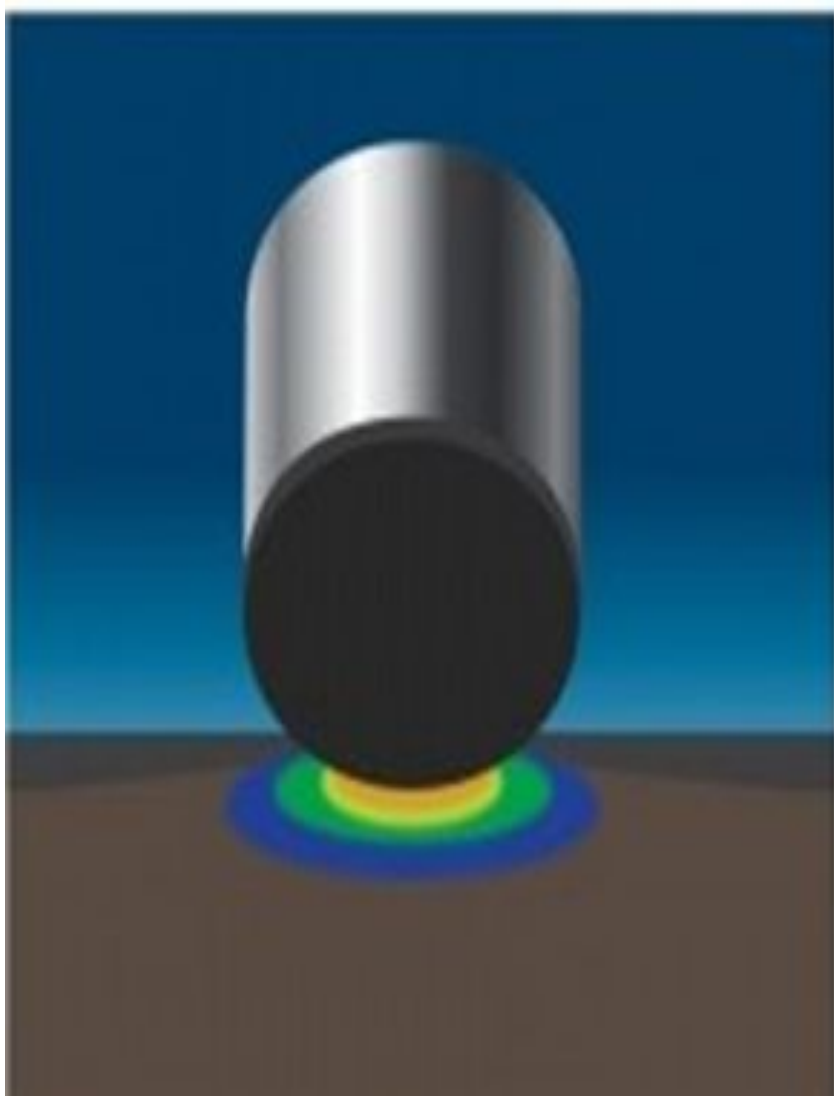
Уникальные трехмерные характеристики алмазной вставки конической формы *Stinger* обеспечивают повышение производительности долот в широком диапазоне пород и рабочих параметров. Размещение алмазных вставок *Stinger* на поверхности долота обеспечивает качественное изменение эффективности бурения и разрушения породы. Долота с алмазными вставками конической формы *StingBlade* обладают многочисленными преимуществами по сравнению с традиционными долотами PDC. Значительное увеличение проходки и МСП. Более высокие темпы набора угла в сочетании с улучшенным выставлением направления. Повышение устойчивости долота для снижения ударных и вибрационных нагрузок на КНБК. Извлечение более крупных фрагментов шлама для улучшения оценки свойств пород на буровой площадке.



Алмазные вставки *Stinger* создают значительно более высокую концентрированную нагрузку на породу, а более толстый алмазный слой вставок повышает ударную прочность и износостойкость. Такое сочетание позволяет значительно увеличить проходку и механическую скорость проходки (*МСП*) при использовании долот *StingBlade* в сложных условиях бурения, включая бурение твердых, переслаивающихся, конгломератных пород и пород с содержанием кремния и пирита. Традиционные буровые долота в этих условиях подвержены повреждениям при ударных нагрузках.

В ходе полевых испытаний, включающих более 250 рейсов в 14 странах, долота *StingBlade* продемонстрировали увеличение проходки в среднем на 55% при соответствующем увеличении механической скорости проходки на 30% по сравнению с долотами, использованными на соседних скважинах. Эффективное разрушение породы Инженеры Smith Bits оптимизировали трехмерные конические характеристики алмазной вставки *Stinger* с помощью метода конечных элементов (FEA) для точного моделирования точки контакта алмазной вставки с породой. Результатом является ультравысокая концентрация силы, более эффективно разрушающая породы с высокой прочностью на сжатие.





Моделирование с помощью FEA показывает, что алмазная вставка *Stinger* (справа) оказывает более высокое давление на породу и более эффективно разрушает породы с высокой прочностью на сжатие по сравнению с традиционными резцами PDC (слева).

Более толстый алмазный слой алмазной вставки *Stinger* обеспечивает более высокую износостойкость и ударную прочность по сравнению с резцами PDC.

Значительное увеличение проходки и МСП.

Ударная прочность.

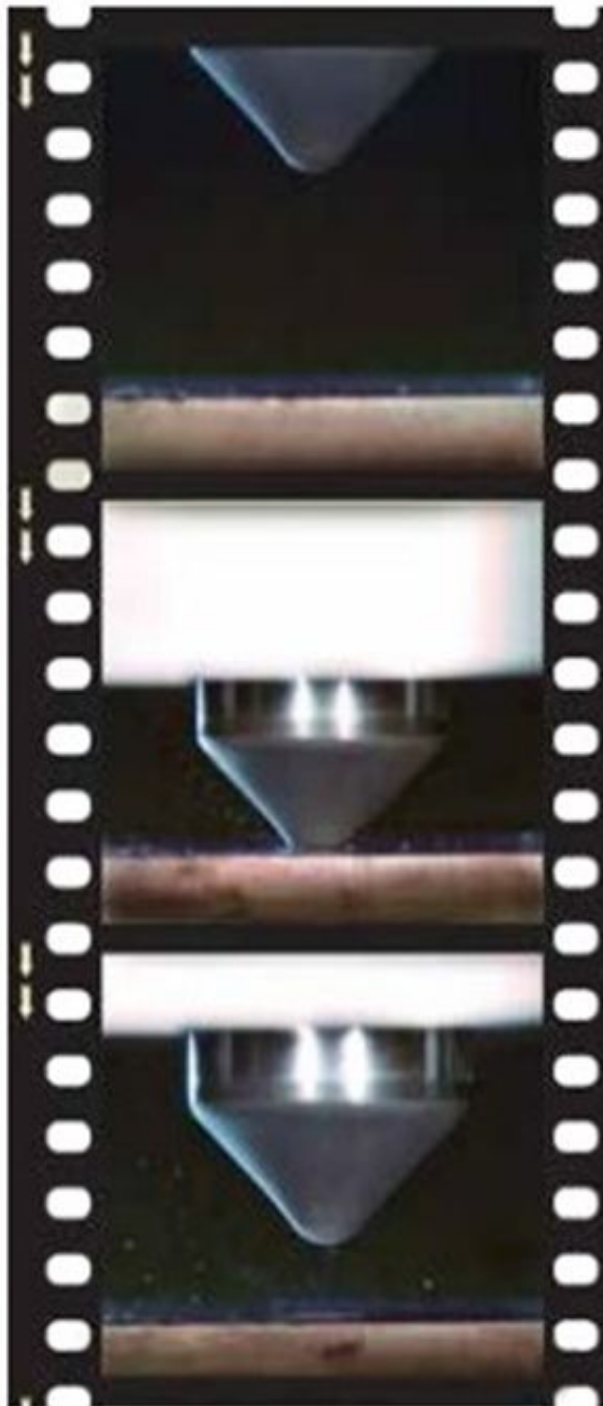
Алмазные вставки *Stinger* оснащены более толстым алмазным слоем по сравнению с резцами PDC, что значительно повышает их ударную прочность. При ударе по поверхности из закаленной стали с нагрузкой 18000 фунтов во время имитации бурения карбонатных пород с высокой прочностью на сжатие при МСП 60 футов/ч традиционный резец PDC полностью разрушился после первого удара, в то время как алмазная вставка *Stinger* выдержала более 100 ударов без повреждений.

Износостойкость

Алмазная вставка *Stinger*, включающая передовой состав поликристаллических алмазных материалов и обладающая уникальной конической формой, более эффективно рассеивает ударную энергию для повышения износостойкости, чем традиционные резцы PDC. Во время испытаний алмазной вставки *Stinger* и резца PDC бурением гранитной породы плотностью 30000 фунтов/кв. дюйм алмазная вставка *Stinger* обеспечила проходку на 30% больше по сравнению с резцами PDC без разрушения своей режущей кромки.



В ходе лабораторных испытаний при бурении твердого гранита алмазная вставка Stinger постоянно демонстрировала большую износостойкость, чем резцы PDC



В ходе сравнительных испытаний при нагрузке 18000 фунтов резец PDC (слева) сломался при первом ударе; алмазная вставка *Stinger* (справа) 4 выдержала более 100 ударов

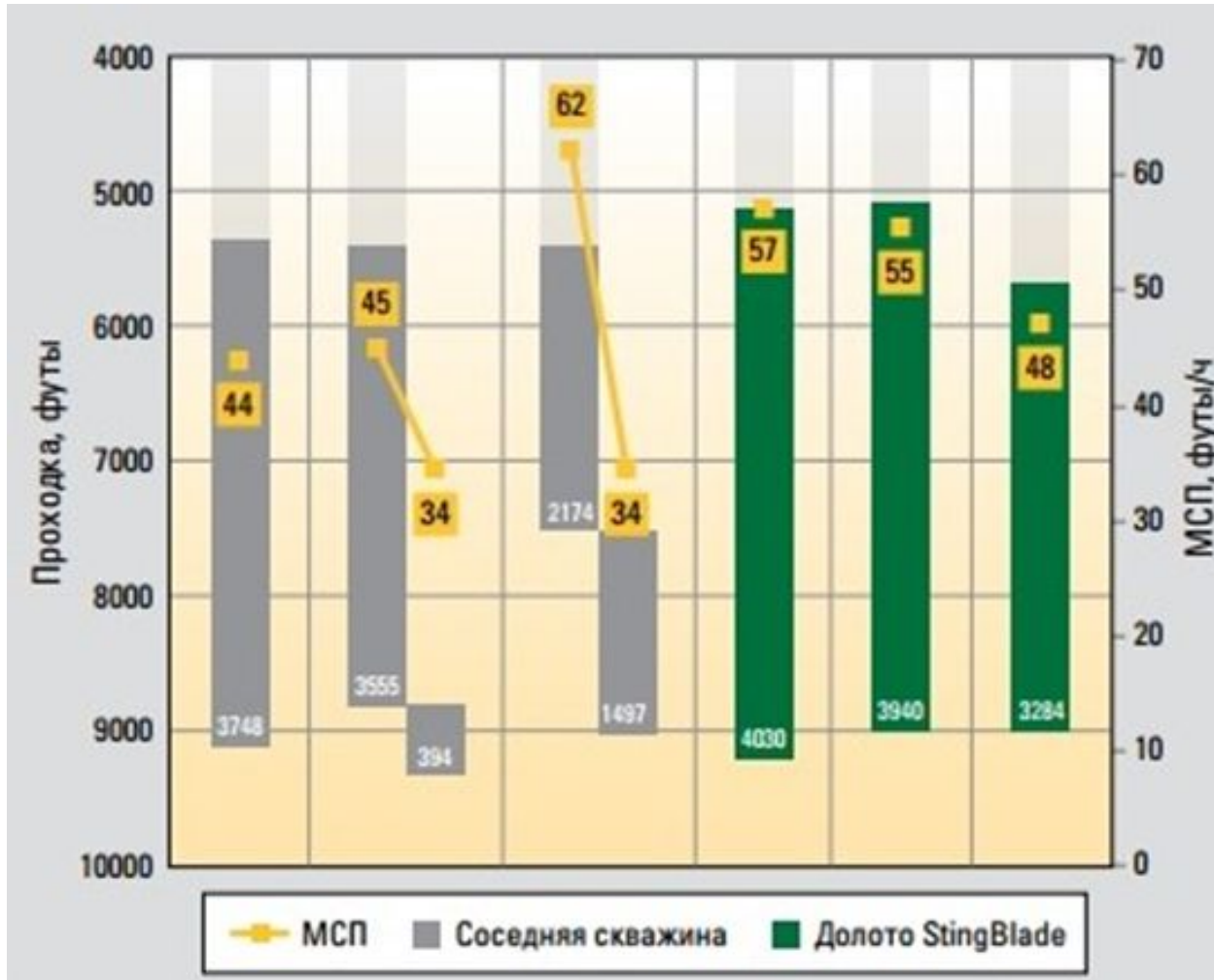
Использование долот *StingBlade* позволило сэкономить более 5 суток при разработке морского месторождения Browse в Австралии.

Бурение сложных секций скважины приводит к увеличению сроков и расходов Компания-оператор планировала пробурить 121/4-дюймовую вертикальную секцию на морском месторождении Browse в Австралии через сложные породы Dampier, Heywood, Baudin Marl и Wollaston. Данные породы состоят из переслаивающихся слоев твердого известняка и кремнезема, обладающего высокой прочностью на сжатие, что приводит к серьезным повреждениям традиционных долот PDC. Эти повреждения снижают МСП и вынуждают компанию-оператора выполнять преждевременный подъем буровых долот, увеличивая время бурения секций. Долота *StingBlade* позволяют повысить эффективность бурения. Для увеличения продолжительности работы долота и механической скорости проходки, специалисты Smith Bits, группы Schlumberger, порекомендовали использовать долота *StingBlade*. С помощью интегрированной инженерно-аналитической платформы IDEAS* инженеры определили оптимальную схему размещения алмазных вставок Stinger на поверхности долота. Трехмерные конические характеристики алмазных вставок Stinger обеспечивают разрушение пород с высокой прочностью на сжатие посредством приложения концентрированной точечной нагрузки. Более толстый алмазный слой обеспечивает максимальную прочность и долговечность долот. Благодаря этим особенностям долота StingBlade обеспечивают бурение более глубоких секций в породах, в которых долота PDC подвержены разрушению вследствие ударных нагрузок. Увеличение МСП позволило сократить время бурения на 5 суток. С помощью первого долота *StingBlade* была пробурена секция длиной 1516 м со скоростью 11 м/ч, что на 97% больше наилучшей проходки аналогичной секции, полученной на соседней скважине. В ходе данного спуска было также зафиксировано увеличение МСП на 57%. С помощью второго долота StingBlade была пробурена оставшаяся секция до проектной глубины со средней МСП 16 м/ч. Применение двух долот StingBlade позволило компании-оператору завершить бурение на 5 суток раньше запланированного срока.

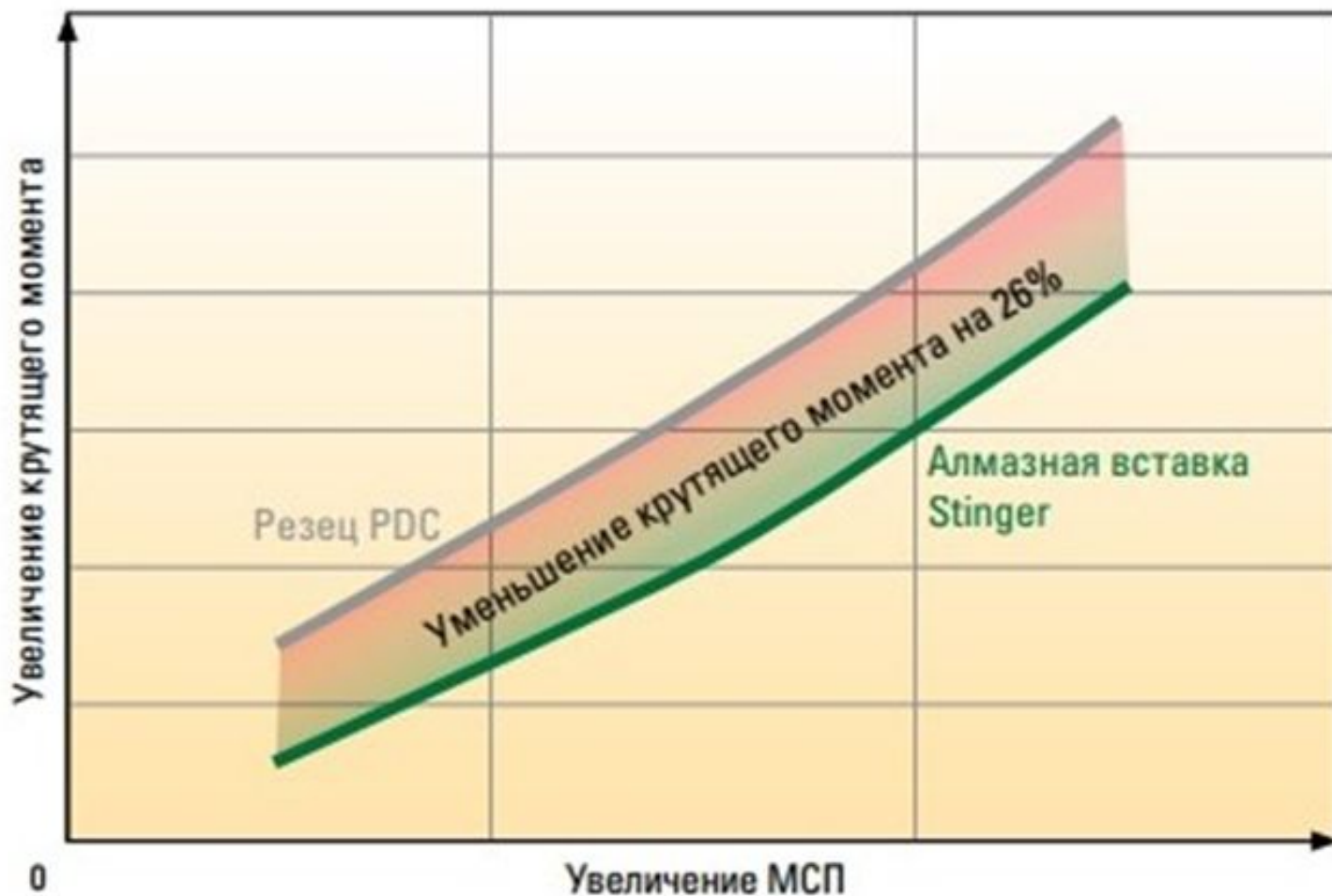
GMT Exploration добилась увеличения проходки, МСП и сэкономила 2,5 суток на бурение.

Бурение сложного интервала с переслаивающимися породами Компания GMT Exploration планировала пробурить три горизонтальные скважины в породе Bone Spring, расположенной в секции месторождения Delaware пермского бассейна. Данные скважины включают сложные промежуточные интервалы диаметром 77/8 дюйма, состоящие из переслаивающихся сланцев, известняка и песчаника, в которых обычно требуется применение нескольких долот PDC из-за снижения МСП вследствие ударных повреждений режущей структуры PDC. Оптимизация бурения с помощью долот StingBlade Специалисты Smith Bits рекомендовали использовать долота StingBlade. С помощью интегрированной инженерно-аналитической платформы IDEAS* инженеры определили оптимальную схему размещения алмазных вставок Stinger для особых условий бурения. Трехмерные конические характеристики алмазных вставок Stinger обеспечивают разрушение пород с высокой прочностью на сжатие посредством приложения концентрированной точечной нагрузки. Более толстый алмазный слой обеспечивает максимальную прочность и долговечность долот. Благодаря этим особенностям долота StingBlade обеспечивают бурение более глубоких секций в породах, в которых долота PDC подвержены разрушению вследствие ударных нагрузок. Завершение бурения трех скважин на 2,5 суток раньше срока С помощью первого долота StingBlade была пробурена секция длиной 4030 футов со скоростью 57 футов/ч, что на 77% больше средней проходки и на 29% больше средней МСП по сравнению с результатами, полученными на соседних скважинах. При бурении двух последующих скважин долота StingBlade также продемонстрировали более высокие результаты по сравнению с соседними скважинами: при втором спуске удалость обеспечить проходку на 73% больше и МСП на 26% выше, при втором спуске удалость обеспечить проходку на 44% больше и МСП на 10% выше. Всего в ходе бурения трех скважин GMT Exploration удалось сэкономить 2,5 суток.

Более высокие темпы набора угла и выставление направления во время наклонно-направленного бурения. При наклонно-направленном бурении высокие колебания реактивного момента, вызванные долотом, могут привести к снижению механической скорости проходки, уменьшению темпов набора угла и повышению риска отклонения от заданной траектории. Эти проблемы могут привести к увеличению продолжительности и стоимости операций бурения и потенциально снизить эффективность добычи. Алмазные вставки *Stinger* при бурении дают меньший общий крутящий момент, чем резцы PDC, уменьшая колебания реактивного момента в породах, обладающих разными значениями прочности на сжатие, и в условиях внезапных изменений рабочих параметров – например, нагрузки на долото. Благодаря этим показателям долота *StingBlade* обеспечивают более высокие темпы набора угла, повышают контроль траектории и позволяют быстрее выполнить программу наклонно-направленного бурения, в т.ч. при бурении нестандартных искривленных секций.



Анализ результатов, полученных при бурении соседних скважин, показал, что долота StingBlade обеспечивают значительное увеличение проходки и механической скорости проходки по сравнению с традиционными долотами PDC.



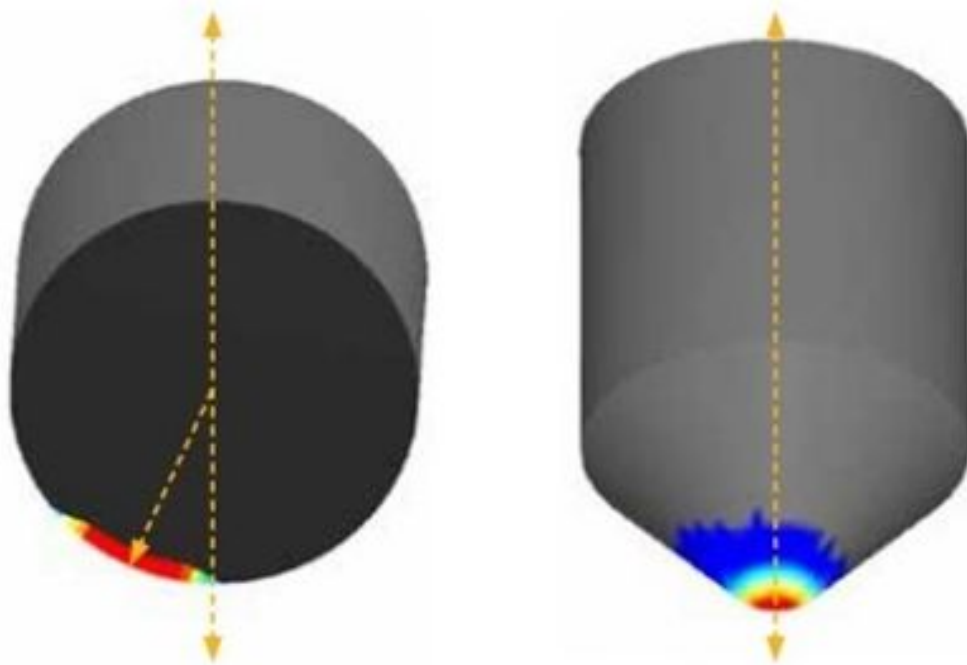
При повышении МСП крутящий момент долота с алмазными вставками *Stinger* (зеленый) на 26% меньше крутящего момента долота с традиционными резцами PDC (серый), обеспечивая повышение управляемости и более плавное выставление направления.

Долото *StingBlade* обеспечило увеличение темпов набора угла на 23% и улучшение выставление направления.

Компании-операторы и специалисты по наклонно-направленному бурению сталкиваются с проблемами геонавигации и выставления направления при бурении искривленных секций наклонно-направленных скважин с использованием традиционных долот PDC. Шарошечные долота демонстрируют низкую надежность и снижение механической скорости проходки, что приводит к ограничениям, касающимся времени работы, и большой вероятности потери шарошек в скважине. Для сравнения степени управляемости долота *StingBlade* и долота PDC при наклонно-направленном бурении нестандартной искривленной секции были выполнены полевые испытания. Оба долота были спущены в расположенные рядом стволы скважин, расстояние между которыми не превышало 50 футов, резка бокового ствола происходила на одинаковой глубине, с использованием одной и той же буровой установки, управляемого забойного двигателя, КНБК и специалистов по наклонно-направленному бурению. Долото *StingBlade* обеспечило увеличение темпов набора угла на 23% быстрее при меньшем крутящем моменте и меньших колебаниях угла направления бурения, что облегчило специалистам по наклонно-направленному бурению выполнение задачи сохранения запланированной траектории. Один из специалистов, принимавших участие в испытаниях долот, заявил: «Я был удивлен легкостью управления долотом *StingBlade*. У него очень низкий реактивный момент; для поддержания направления потребовались только небольшие изменения вправо и влево».

Снижение ударных и вибрационных нагрузок на КНБК.

Ударные и вибрационные нагрузки могут привести к снижению МСП и поломкам внутрискважинных инструментов, что повлечет дополнительные затраты. Благодаря более сбалансированной режущей структуре алмазных вставок *Stinger* долота *StingBlade* обеспечивают снижение ударных и вибрационных нагрузок. Данная особенность позволяет повысить эффективность бурения, увеличить проходку при более высокой МСП, а также повысить эксплуатационный ресурс долот и других компонентов КНБК.



Поперечные нагрузки могут вызвать вибрации КНБК. Моделирование с использованием платформы IDEAS демонстрирует, что поперечные нагрузки, возникающие при использовании резцов PDC, значительно выше, чем у алмазных вставок Stinger при воздействии на режущую структуру.



В ходе моделирования бурения песчаника (давление 30000 фунтов/кв. дюйм, нагрузка на долото 20000 фунтов, скорость 175 об/мин) поперечные вибрации при использовании долота *StingBlade* (зеленый) оказались на 86% ниже аналогичного показателя традиционного долота PDC (серый).

Долото *StingBlade* обеспечивает стабильное и эффективное бурение вертикальных секций в переслаивающихся породах.

Компании-операторы стремятся повысить эффективность бурения и увеличить эксплуатационный ресурс долот и других компонентов КНБК, обеспечив тем самым более длинные рейсы и более высокую постоянную МСП. При наличии вибраций требуется больше механической энергии для бурения пород. Вибрации также могут привести к повреждению долот и других компонентов КНБК, приводя к поломкам внутрискважинных инструментов и вынуждая компании-операторов совершать дополнительные СПО для завершения интервала. Для сравнения вибраций, генерируемых долотом *StingBlade* и долотом PDC при бурении вертикальных секций в переслаивающихся породах, были проведены полевые испытания. Оба долота были спущены в расположенные рядом стволы скважин, расстояние между которыми не превышало 50 футов, бурение выполнялось до идентичной глубины с использованием одной и той же буровой установки, КНБК и при одинаковых рабочих параметрах. По результатам испытаний долото *StingBlade* продемонстрировало повышение эффективности бурения, производя на 53% меньше поперечных вибраций и на 37% меньше осевых вибраций.



По результатам испытаний долото StingBlade произвело на 53% меньше поперечных вибраций и на 37% меньше осевых вибраций по сравнению с традиционным долотом PDC

Извлечение более крупных фрагментов шлама для улучшения оценки свойств пород на буровой площадке

Концентрированное точечное приложение нагрузки алмазных вставок *Stinger* позволяет долотам *StingBlade* производить более крупные фрагменты шлама. В ходе полевых испытаний долота *StingBlade* произвели значительный объем фрагментов шлама размером > 2 мм по сравнению с долотами PDC, использованными в аналогичных породах. Geoservices, группы «Шлюмберже», может выполнить анализ данного объема крупных фрагментов шлама с целью определения свойств пород, предоставив специалистам по каротажу возможность более точно определить минералогические свойства, пористость, проницаемость, геомеханические напряжения и проявления углеводородов на месте бурения. Раннее получение надежных и воспроизводимых результатов измерений обеспечивает быстрое и точное определение типов и литологических свойств пород. Данная информация позволяет компаниям-операторам оптимизировать траекторию скважины, определять зоны ГИС и заканчивания, улучшать корреляцию разрезов скважин и проверять результаты внутрискважинных измерений.



Фрагменты шлама, произведенные долотом PDC (слева), были значительно меньше фрагментов, произведенных долотом *StingBlade* (справа) при испытательном бурении горизонтальной секции на месторождении Granite Wash на западе Оклахомы.

Оптимизация конструкции долота посредством динамического моделирования С помощью четырехмерного моделирования платформа IDEAS демонстрирует поведение долота в качестве интегрированного компонента общей буровой системы — бурильной трубы, инструментов для измерений и каротажа во время бурения, расширителей, стабилизаторов, двигателей и РУС — обеспечивая детальное отображение элементов, влияющих на эффективность бурения. Платформа создает виртуальную модель КНБК в условиях бурения, позволяющую анализировать границы контакта породы и резца, поведение бурильной колонны и управляемость, а также изменения рабочих параметров. Данные преимущества позволяют долотам *StingBlade* с большей вероятностью обеспечивать выполнение задач бурения с первого раза, снижая потребность в дорогостоящих процессах внесения изменений на основе только результатов полевых испытаний.

Долото с алмазными вставками Stinger



Размещение инновационной алмазной вставки конической формы в центре любого долота PDC Smith позволяет повысить МСП и улучшить устойчивость.

Алмазная вставка конической формы *Stinger* представляет собой инновационную модификацию режущей структуры, значительно повышающую эффективность любого долота PDC *Smith*.

Расположенная в центре долота вставка обеспечивает концентрированное приложение нагрузки для более эффективного разрушения породы, что обеспечивает увеличение срока службы долота и повышение МСП.

В ходе сравнительных полевых испытаний стандартных долот PDC Smith и долот PDC Smith, оснащенных вставкой *Stinger*, в широком диапазоне типов пород и эксплуатационных параметров долота, оснащенные алмазной вставкой *Stinger*, продемонстрировали большую надежность и стабильность, а также повышение МСП на 46%.

С момента своего появления долота Smith с алмазной вставкой *Stinger* в центре были использованы более 2000 раз и неизменно обеспечивали повышение средней МСП на 15%. Оптимизация режущей структуры позволяет преодолеть трудности, возникающие в ее центральной части.

Так как скорость вращения стандартных резцов PDC, расположенных вблизи центра режущей структуры, ниже, эффективность выноса породы из центральной части забоя снижается, особенно при бурении твердых пород. Кроме того, так как наибольшая нагрузка приходится на резцы, расположенные в центре, изменения эксплуатационных параметров и свойств породы могут привести к разрушительным поперечным колебаниям и повреждению резцов.

С помощью интегрированной инженерно-аналитической платформы IDEAS разработчики долот укоротили лопасти, на которых располагаются центральные резцы долот PDC, вращающиеся с низкой скоростью. Отсутствие этих резцов снимает напряжение в центральной части профиля забоя во время бурения, которую непрерывно разрушает установленная в центре алмазная вставка *Stinger*, повышая таким образом эффективность бурения. Кроме того, продемонстрированная долотами с алмазными вставками *Stinger* устойчивость создает положительную динамику, повышая устойчивость ствола скважины, снижая нагрузку на компоненты бурильной колонны и повышая надежность КНБК.

Stinger :

Широкий диапазон типов пород и сжимающих нагрузок.

Роторные, двигательные и роторные управляемые приводные системы и любые конфигурации КНБК. Бурение вертикальных, наклонно-направленных и горизонтальных секций. Повышение эффективности бурения за счет увеличения механической скорости проходки . Повышение устойчивости долота и уменьшение вибраций. Увеличение продолжительности работы долот, обеспечивающее сведение к минимуму количества спусков. Более крупный размер частиц выбуренной породы для более точной оценки коллекторских свойств пласта . Уникальная коническая форма создает концентрированную нагрузку для более эффективного разрушения .

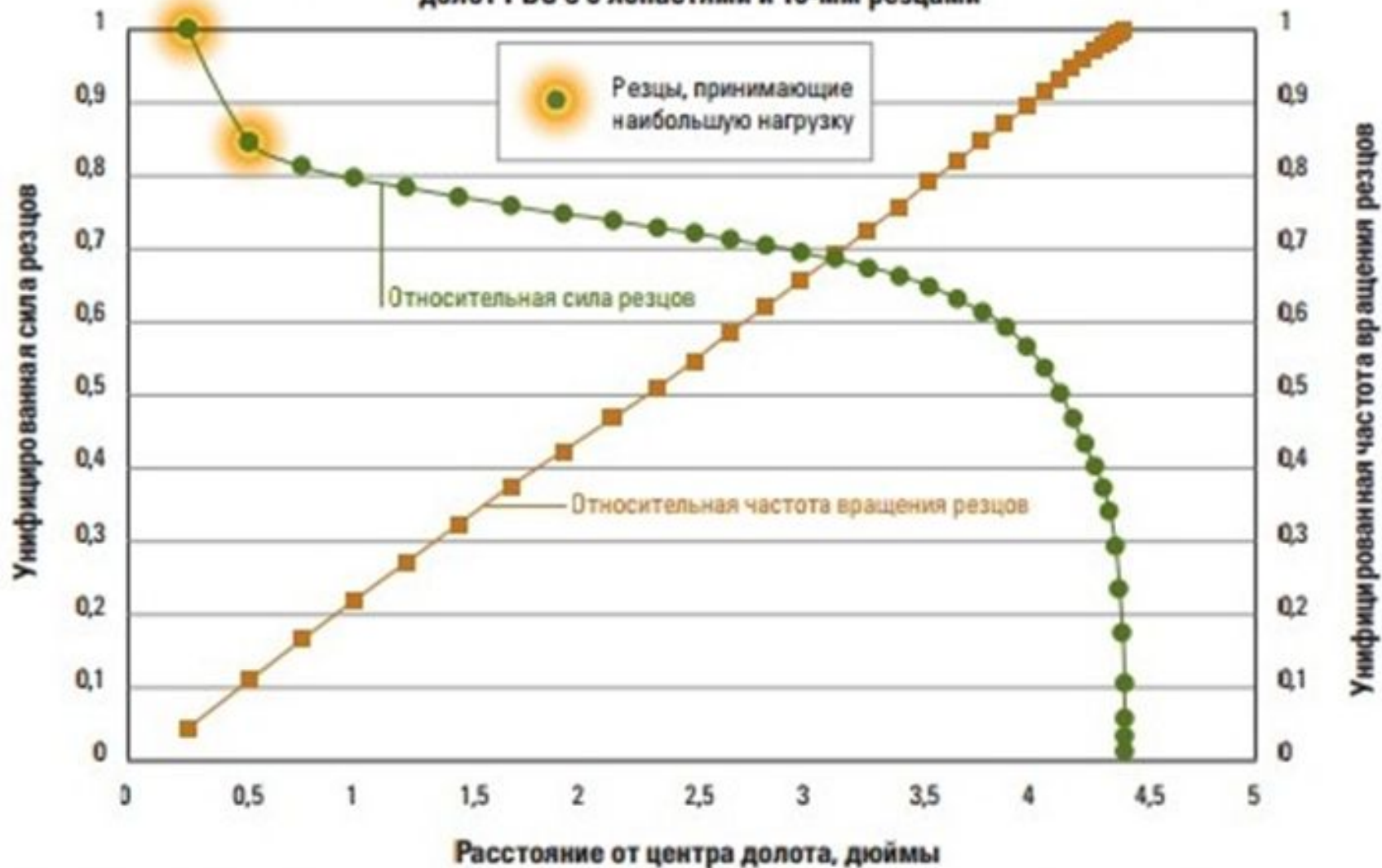
породы ■ Сверхтолстый слой синтетического алмазного материала увеличивает продолжительность работы ■ Расположение режущей структуры в центре способствует разрушению породы ■ Возможность использования с широким диапазоном размеров и типов долот PD



Проблемы центральной части режущей структуры, с которыми сталкиваются традиционные долота PDC.

Распространенным недостатком традиционных долот PDC является низкая эффективность удаления выбуренной породы из центральной части режущей структуры. Так как частота вращения резцов снижается по мере их приближения к центру вооружения долота, эффективность удаления породы наиболее близко расположенными к центру долота PDC резцами заметно снижается, особенно при бурении твердых пород. Так как центральные резцы подвергаются наибольшей нагрузке, разнообразие эксплуатационных параметров и свойств породы может привести к значительным изменениям глубины внедрения резца в породу, вызывая колебания крутящего момента. В результате этого снижается эффективность бурения в центре режущей структуры долота, вызывая снижение механической скорости проходки, разрушительные поперечные колебания и повреждение резцов. На диаграмме показаны типовые значения силы и частоты вращения резцов, от центра долота к калибрующей поверхности. Резцы, расположенные ближе всего к центру, подвергаются наибольшим нагрузкам и обладают наименьшей частотой вращения, что создает для них дополнительное напряжение и снижает эффективность.

Диаграмма силы и частоты вращения резцов традиционных 8,75-дюймовых долот PDC с 6 лопастями и 16-мм резцами

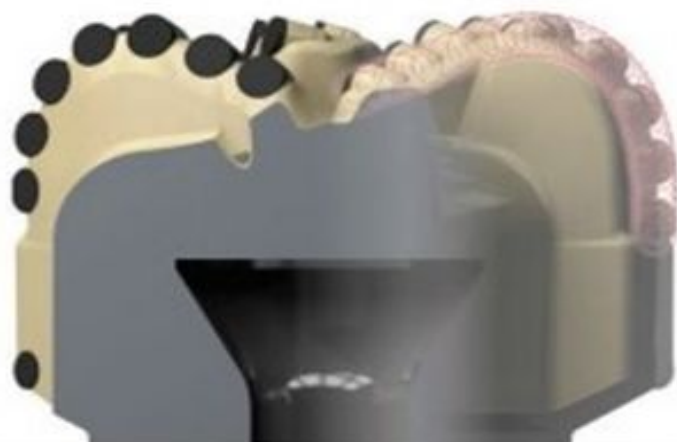


Установленная в центре вставка повышает эффективность долот PDC

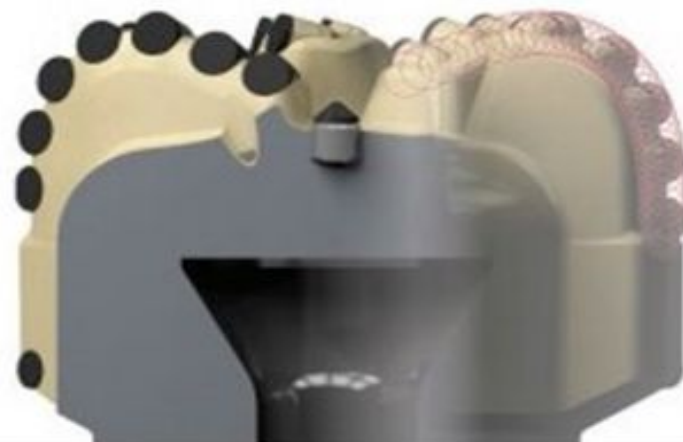
Для уменьшения повреждений и повышения эффективности центральной части режущей структуры долот PDC разработчики долот предложили разместить в центре алмазный режущий элемент конической формы. Для установки элемента в долото разработчики удалили центральные резцы. Отсутствие резцов в центральной части режущей структуры долота приводит к образованию колонки породы (микрокерна), освобожденной от внутреннего напряжения и подверженной более легкому, непрерывному разрушению и дроблению, способствуя повышению эффективности бурения.

Вставка *Stinger* имеет толщину алмазного слоя, вдвое превышающую толщину алмазного слоя традиционных резцов PDC и изготавливается из синтетических алмазов, разработанных для обеспечения высокой ударной прочности и повышенной устойчивости к абразивному износу. Сочетание этой способности с уникальной конической формой вставки *Stinger* позволяет сформировать режущую структуру, значительно повышающую срок службы долот PDC.

В ходе испытаний долота PDC, оснащенные алмазной вставкой *Stinger*, продемонстрировали большую устойчивость к износу и ударную прочность, чем долота PDC со стандартными резцами или шарошечные долота со вставками DEI. Слой синтетического алмазного материала вставки *Stinger* значительно толще аналогичного слоя стандартного резца PDC или DEI.



В традиционных долотах PDC резцы располагаются от центра режущей структуры долота до калибрующей поверхности.



Удаление резцов, расположенных в центре долот PDC, было необходимо для установки алмазной вставки конической формы.



Алмазная вставка Stinger

Алмазная вставка Stinger оказывает на породу разрушающее воздействие в отличие от воздействия стандартных резцов и вставок, используемых в долотах PDC и шарошечных долотах.



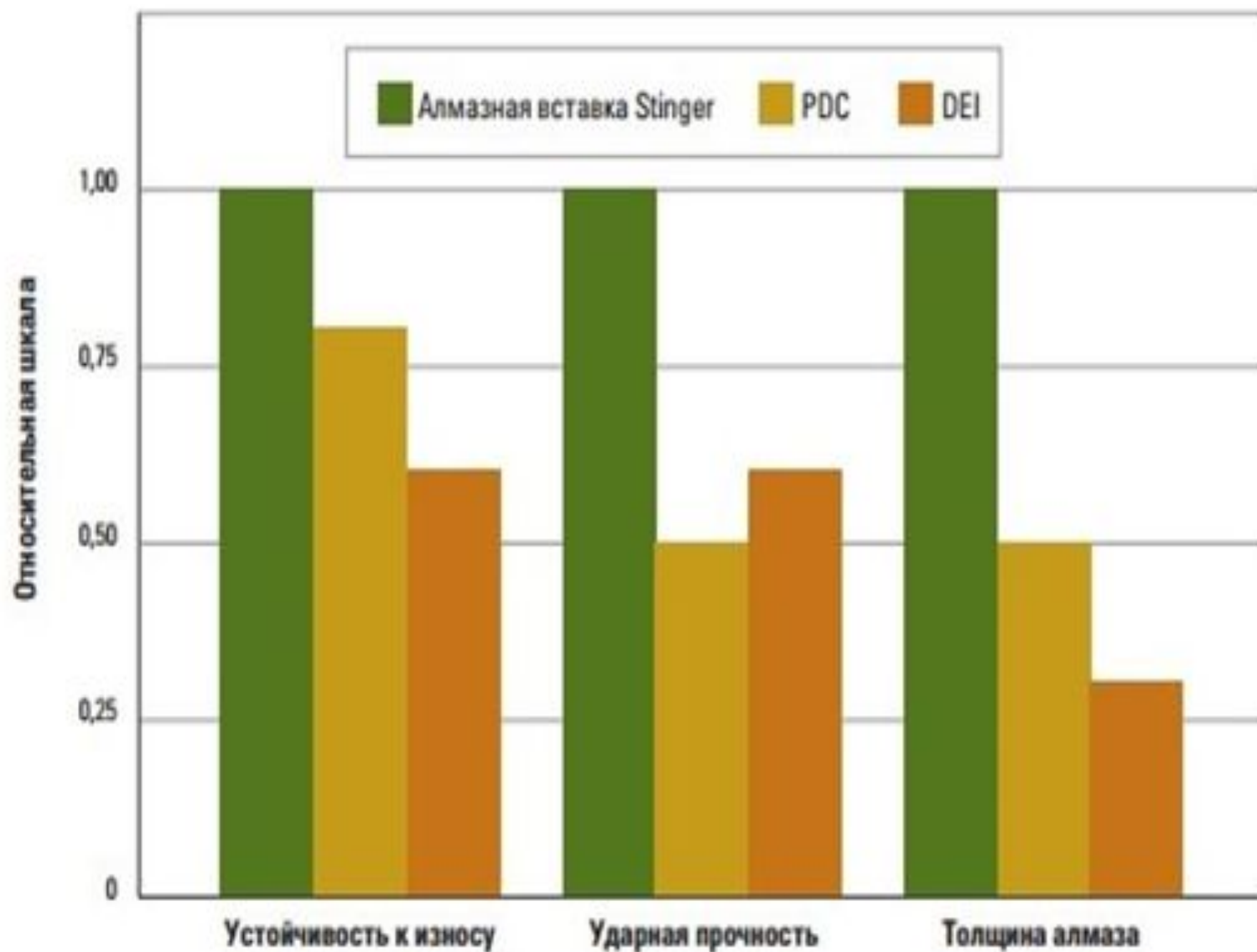
Резец PDC

Высокоскоростные резцы PDC, расположенные на лопастях долот, оптимизированы для эффективного внедрения в породу и обеспечивают эффективность бурения.



Твердосплавные вставки с алмазным покрытием

Твердосплавные вставки с алмазным покрытием (DEI) используются на калибрующей поверхности и в калибрующем венце шарошечных долот для обеспечения целостности ствола скважины номинального диаметра.

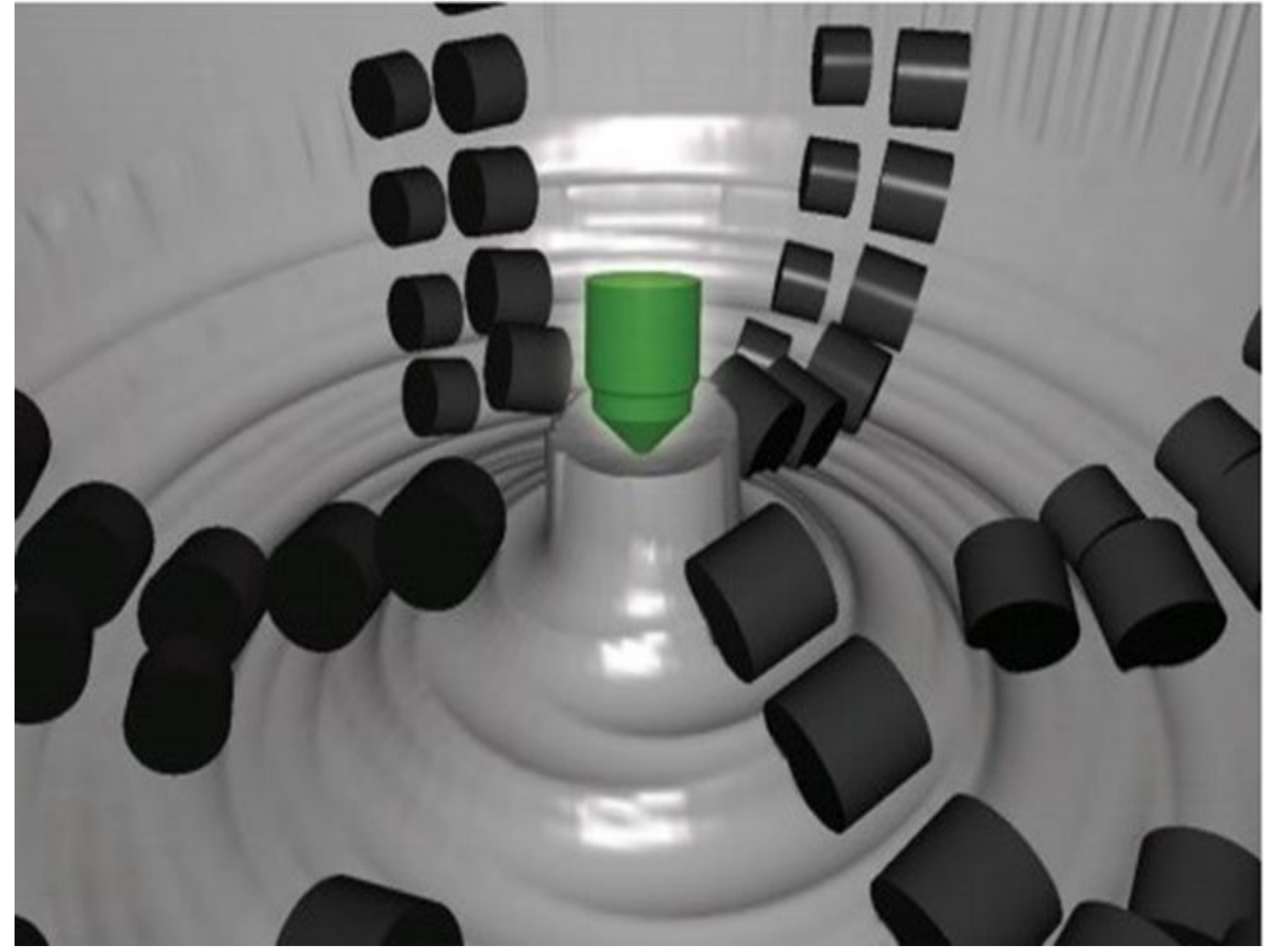


Платформа для проектирования IDEAS обеспечивает оптимизацию размещения алмазной вставки.

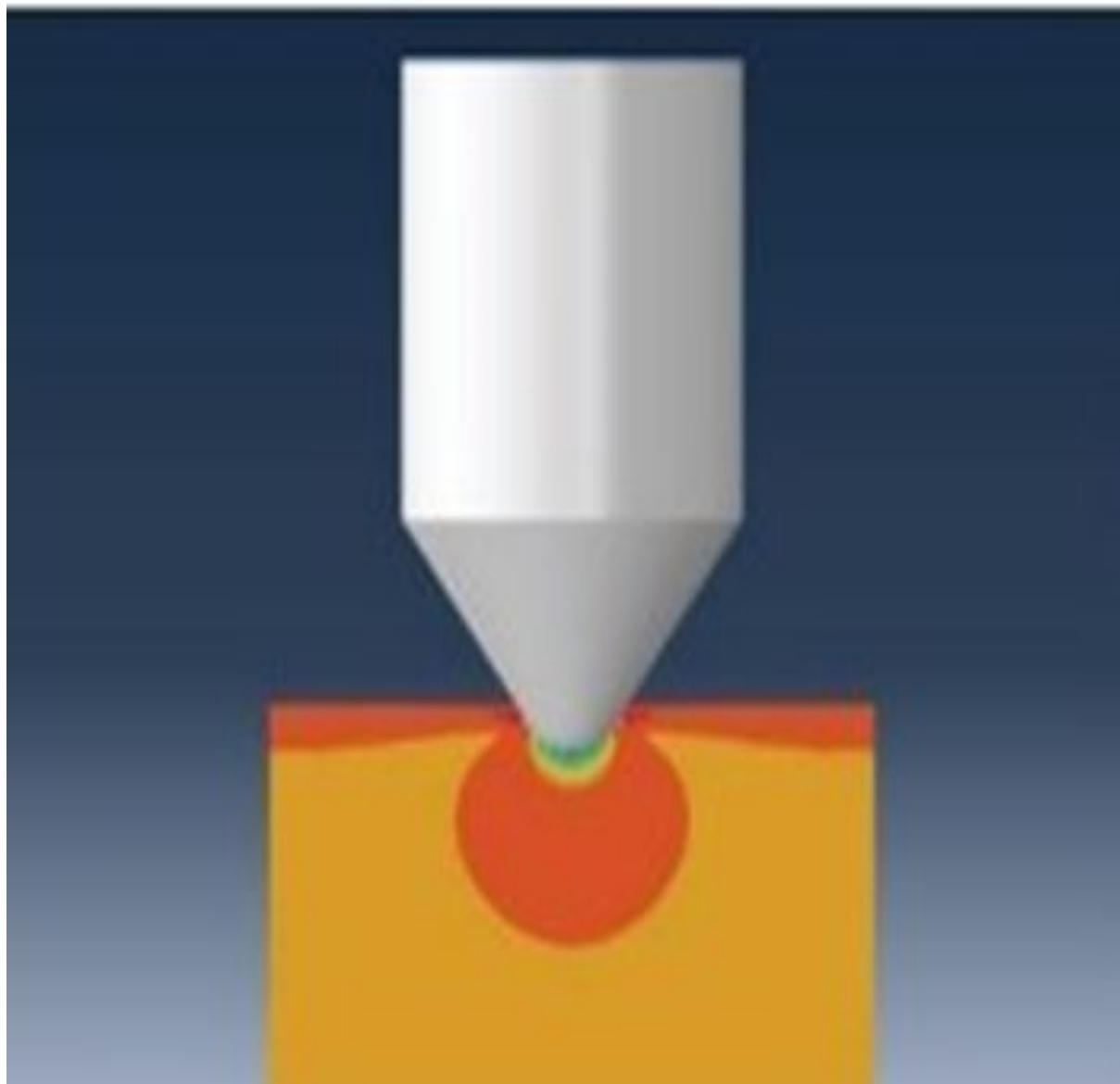
Для того чтобы применение алмазной вставки *Stinger* с долотом PDC позволило максимально повысить эффективность бурения, разработчики с помощью интегрированной инженерно-аналитической платформы IDEAS определили два основных способа усиления режущей структуры долот PDC: они укоротили лопасти долот PDC, на которых располагались центральные резцы с низкой частотой вращения, и установили алмазную вставку *Stinger* в центре режущей структуры долот PDC. Для оценки эффективности включения алмазной вставки *Stinger* в измененную режущую структуру долот PDC с помощью системы IDEAS были смоделированы операции бурения в глинистых породах, известняке и песчанике. В ходе данных испытаний долота PDC с алмазной вставкой *Stinger* продемонстрировали увеличение механической скорости проходки на 18%.

Благодаря усилению долота при помощи алмазной вставки *Stinger* в центральной части режущей структуры обеспечивается образование колонки породы, подверженной непрерывному разрушению и дроблению, способствуя повышению эффективности бурения.

Моделирование методом конечных элементов (FEA) Точное размещение насадок для очистки Оптимизированное размещение насадок – перекрещивающиеся потоки и увеличенная скорость потока для улучшения очистки и выноса шлама. Программа для моделирования FEA была использована для изучения механики разрушения породы в точке внедрения алмазной вставки *Stinger* в породу.

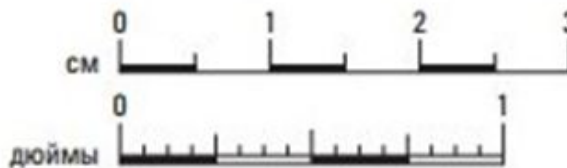
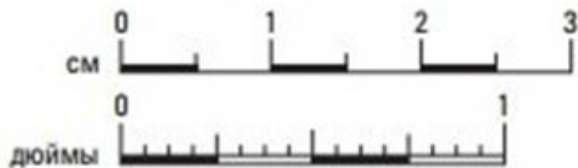


Благодаря применению программного обеспечения для моделирования методом конечных элементов (FEA) разработчики определили точное расположение точки внедрения кончика алмазной вставки *Stinger* в поле механических напряжений породы. Анализ показал, что для разрушения породы требуется приложить значительно меньшую нагрузку при условии ее концентрации в одной точке. Эффект концентрации нагрузки в одной точке усиливается алмазной вставкой *Stinger*, так как при ее применении порода в центральной части профиля забоя изолируется и лишается связи с остальной породой, что облегчает ее разрушение. Благодаря данному эффекту также повышается устойчивость и сокращаются вибрации долота. Размещение алмазной вставки *Stinger* в центре режущей структуры обусловило необходимость изменения ориентации насадок и последующего распределения потока. Это должно обеспечить эффективную очистку и охлаждение алмазной вставки *Stinger*. Для точного моделирования потока вокруг алмазной вставки *Stinger* был выполнен подробный гидравлический анализ с помощью передового программного обеспечения для гидродинамического моделирования (CFD). При разработке каждого нового долота положение насадок тщательно регулируется для максимальной очистки алмазной вставки *Stinger* и забоя вокруг центра долота.





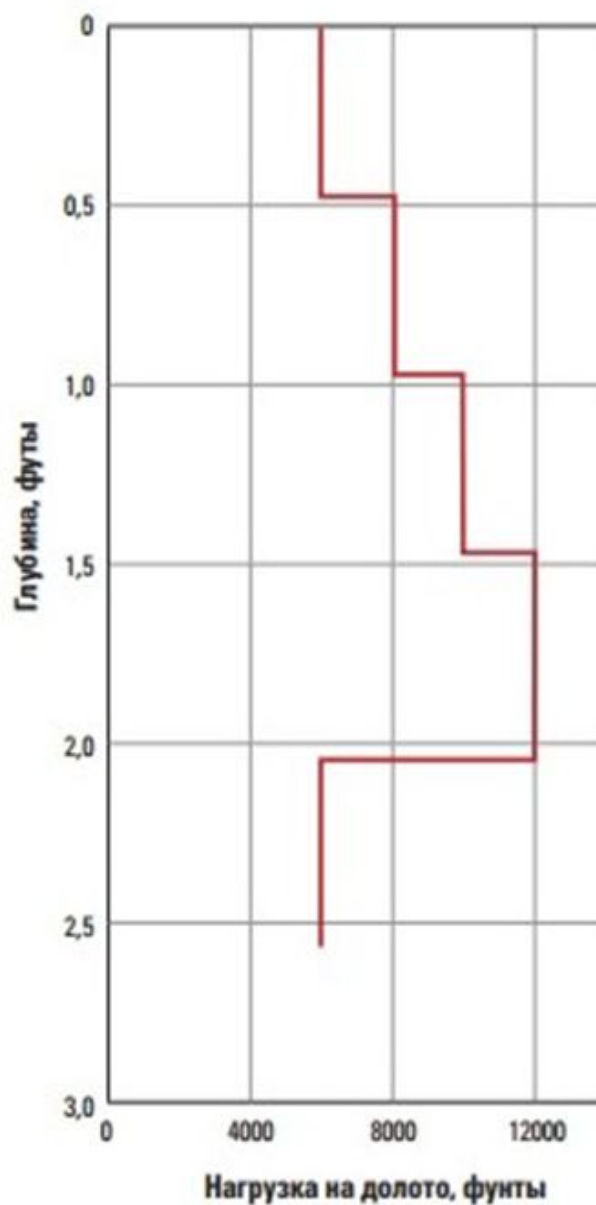
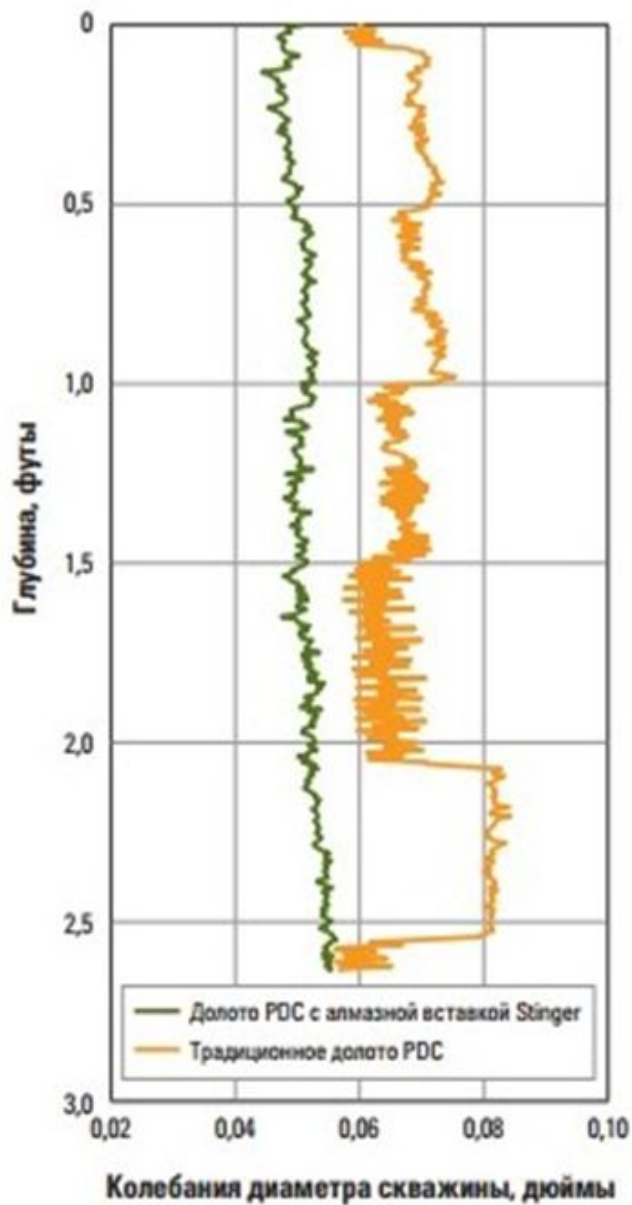
Программа для моделирования FEA была использована для изучения механики разрушения породы в точке внедрения алмазной вставки *Stinger* в породу. Оптимизированное размещение насадок – перекрещивающиеся потоки и увеличенная скорость потока для улучшения очистки и выноса шлама. В ходе контролируемых испытаний стандартное долото PDC и долото PDC с алмазной вставкой *Stinger* были подвержены воздействию ограничивающего внутрискважинного давления, после чего был определен профиль забоя для каждого долота. Долотом с алмазной вставкой *Stinger* был сформирован четкий профиль забоя строго по центру долота, зеркально отображающий его режущую структуру. В породе имелись явные трещины, подтверждающие разрушение породы алмазной вставкой конической формы с образованием более крупных фрагментов. Долота PDC со стандартной режущей структурой оказывают на породу режуще-скалывающее воздействие, при этом образуются фрагменты выбуренной породы, размер которых слишком мал для точной оценки коллекторских свойств пласта. Долото PDC с алмазной вставкой *Stinger* оказывает разрушающее воздействие, которое приводит к выносу из центра профиля забоя более крупных фрагментов выбуренной породы. Полученные фрагменты более крупного размера позволяют промысловым геологам точнее определить свойства породы, характеризующие коллектор, и траекторию ствола скважины.



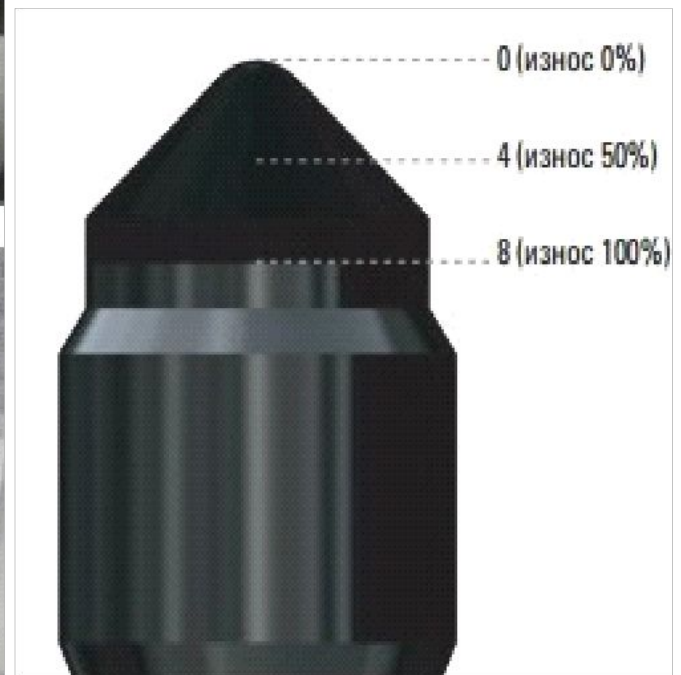
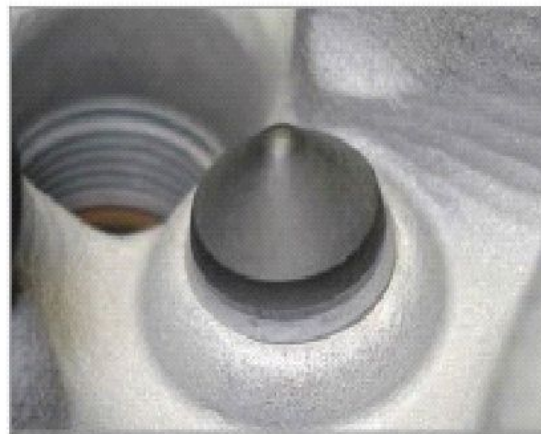
При сравнении фрагментов выбуренной породы, полученных в ходе моделирования бурения, частицы, полученные при использовании стандартного долота PDC, были меньше (слева) частиц, полученных при использовании долота PDC с алмазной вставкой Stinger (справа).

Было произведено испытание с целью сравнения качества ствола скважины, пробуренного при использовании стандартного долота PDC и ствола, пробуренного с помощью долота PDC с алмазной вставкой *Stinger* при изменении нагрузки на долото. Испытание было проведено в твердом среднезернистом песчанике при прочности на сжатие (UCS) 9000 фунтов/кв. дюйм. Частота вращения обоих долот поддерживалась на уровне 85 об/мин для контроля отклонений. Скважина, пробуренная с помощью долота PDC с алмазной вставкой *Stinger*, продемонстрировала наименьшее значение отклонения диаметра скважины, что указывает на более стабильную режущую структуру, менее подверженную поперечным и осевым шокам и вибрациям. Устойчивость, продемонстрированная долотами с алмазной вставкой *Stinger*, создает положительную динамику, повышающую качество ствола скважины и сокращающую нагрузку на компоненты буровой колонны, увеличивая надежность КНБК.

Справочная информация: Обозначение долот PDC, оснащенных центральной алмазной вставкой конической формы *Stinger* включает букву 'Z' в обозначении типа долота, непосредственно перед числом лопастей и диаметром резцов. Классификация сработки. Уникальная коническая форма алмазной вставки *Stinger* требует внесения изменений в систему классификации сработки резцов с тем, чтобы определить степень ущерба (потеря, износ или слом). Используется та же шкала степени износа (от 0 до 8), что и для стандартных резцов PDC.



Практический анализ ■
 Долота PDC SHARC,
 оснащенные алмазными
 вставками Stinger,
 обеспечили бурение 8³/₄-
 дюймовых вертикальных
 секций на месторождении
 Bakken в Северной Дакоте за
 одно долбление, в том числе
 рекордный спуск со средней
 МСП 203 футов/час. Данный
 результат превосходит
 средние значения МСП,
 полученные с
 использованием других долот
 на соседних скважинах, на
 46%. ■ Применение долота
 PDC с алмазной вставкой
 Stinger обеспечило бурение
 секции длиной 6050 футов и
 диаметром 7⁷/₈ дюйма на
 месторождении Wasatch в
 Юте за одно долбление,
 увеличение МСП составило
 14%, степень сработки
 долота после подъема была
 отлично.



Примеры

- MDSiZ616
- SDiZ513
- MiZ613

Алмазная вставка Stinger со степенью износа 0 (0%); отсутствие следов износа или скалывания.