



Снижение вибрации в процессе бурения путем совершенствования конструкции PDC долот



Р.Р. МИНГАЗОВ,
инженер-конструктор отдела
породоразрушающего
инструмента центра
разработки бурового
инструмента

Г.Г. ИШБАЕВ,
д.т.н., профессор,
генеральный директор

А.Г. БАЛУТА,
зам. генерального директора,
начальник центра разработки
bit@burinteh.com

А.Ю. ДРАГАН,
начальника отдела
породоразрушающего
инструмента
bit@burinteh.com

ООО НПП «БУРИНТЕХ»

г. Уфа, Республика
Башкортостан, 450029, РФ

В.У. ЯМАЛИЕВ,
д.т.н., профессор кафедры

МОНГП УГНТУ (Уфимский
государственный нефтяной
технический университет)

г. Уфа, Республика
Башкортостан, 450064, РФ

MINGAZOV R.R.¹,
ISHBAEV G.G.¹,
BALUTA A.G.¹,
DRAGAN A.Yu.¹
YAMALIEV V.U.²

¹ NPP «BURINTECH» LLC
Ufa, Republic of Bashkortostan,
450029, Russian Federation

² TMO USPTU («Technological
machines and equipment»
(department) of the Ufa State
Petroleum Technical University)
Ufa, Republic of Bashkortostan,
450064, Russian Federation

Ресурс работы бурового инструмента во многом зависит от условий его применения. Инструментом, используемым в самых тяжелых условиях, можно считать долото, расположенное непосредственно в зоне контакта с разрушаемой горной породой. Из всего многообразия породоразрушающего инструмента наибольшее распространение получили PDC долота. Данный тип породоразрушающего инструмента работает в широком диапазоне твердости горных пород. Последние улучшения виброустойчивости PDC долот расширяют их применение в сложных геологических условиях.

Ключевые слова: ООО НПП «БУРИНТЕХ», нефть, газ, бурение, долото, породоразрушающий инструмент, вибрация, вращение, нагрузка

REDUCING VIBRATION WHILE DRILLING BY IMPROVING THE DESIGN OF PDC BITS

The service life of a drilling tool largely depends on the conditions of its use. The tool used in the most difficult conditions can be considered a bit located directly in the contact zone with the destroyed rock. Of all the variety of rock cutting tools, PDC bits are the most widely used. This type of rock cutting tool works in a wide range of rock hardness. Recent improvements are expanding their application in challenging geological environments.

Keywords: NPP «BURINTECH» LLC, oil, gas, drilling, bit, rock cutting tool, vibration, rotation, load

На сегодняшний день трудно пред-
ставить сферы человеческой
деятельности, незатронутые результа-
тами развития нефтяной и газовой отрасли.
Поэтому растут опасения, связанные с
возрастающей в последнее десятилетие
степенью неопределенности в развитии дан-
ной отрасли. Происходит глубокое изменение
и трансформация нефтегазового комплекса,
что связано с повышенной волатильностью
рынка нефти, санкциями и различными
ограничениями. В сложившихся условиях
необходимы мероприятия по развитию неф-
тегазового комплекса. Из всех возможных
вариантов развития специалисты выделяют
наиболее перспективный путь развития, обу-
словленный необходимостью продолжения
наращивания добычи в периферийных рай-
онах. Но такое развитие требует решения
задач, связанных со сложностью разрабаты-
ваемых месторождений и необходимостью
замещения западных технологий. Последнее
предполагает производство отечественного,
конкурентоспособного оборудования и разра-
ботку технологий, не уступающих западным.

Именно такую цель ставит сложившаяся
ситуация перед сервисными компаниями,
обслуживающими нефтегазовую отрасль.
Чтобы соответствовать вызовам времени,
сервисные компании по сопровождению
буровых работ постоянно совершенствуют
технику и технологию строительства сква-
жин. Выбор ими надежного инструмента во
многом определяет успешность работы.

Ресурс работы бурового инструмента
во многом зависит от условий его приме-
нения. Инструментом, используемым в самых
тяжелых условиях, можно считать долото,
расположенное непосредственно в зоне
контакта с разрушаемой горной породой.
Из всего многообразия породоразрушающего
инструмента наибольшее распространение
получили PDC долота. Данный тип породо-
разрушающего инструмента работает в ши-
роком диапазоне твердости горных пород.
Последние усовершенствования расширя-
ют их применение в сложных геологических
условиях.

Бурение твердых горных пород
(известняк, доломиты, диабазы) часто



сопровождается катастрофическими разрушениями режущей структуры PDC долот, что ведет к увеличению сроков строительства скважины вследствие потерь времени на смену изношенного инструмента. Повреждения основного вооружения можно разделить на абразивный и ударный износ [1].

Ресурс работы бурового инструмента во многом зависит от условий его применения. Инструментом, используемым в самых тяжелых условиях, можно считать долото, расположенное непосредственно в зоне контакта с разрушаемой горной породой. Из всего многообразия породоразрушающего инструмента наибольшее распространение получили PDC долота. Данный тип породоразрушающего инструмента работает в широком диапазоне твердости горных пород. Последние усовершенствования расширяют их применение в сложных геологических условиях.

В большинстве случаев ударный износ PDC вооружения долота связан с его нестабильной работой (рис. 1). Причиной такого явления может стать взаимное влияние долота и буровой колонны друг на друга. Возмущения, возникшие в процессе бурения, от работы долота в последующем могут трансформироваться в осевые, радиальные и крутильные вибрации бурильной колонны, которая усиливает нестабильную работу долота.

Осевые вибрации возникают в результате воздействия статической и динамической осевой нагрузки. Динамическая осевая нагрузка возникает в результате взаимодействия долота с горной породой. При прохождении участков перемежающихся по твердости горных пород PDC резцы долота то заглубляются, то всплывают. В силу того, что буровая компоновка имеет упругость, ее длина начинает циклически меняться в большую и меньшую сторону. Все это дает колебание осевой нагрузки, которые могут усилиться, если колебания войдут в резонанс. Долото начинает подсакивать на забое, получая ударное разрушение основного вооружения [2].

Радиальные вибрации возникают как результат недостаточной осевой нагрузки на долото. При таком режиме бурения на резцы основного вооружения действуют силы резания, в разы отличающиеся друг от друга. Резец основного вооружения с максимальной величиной силы резания становится мгновенной осью вращения, не совпадающей с геометрической осью скважины. В результате такого распределения сил долото начинает кидать по забою в радиальных направлениях из стороны в сторону, скалывая основное вооружение.



Рис. 1. Ударный износ PDC резцов

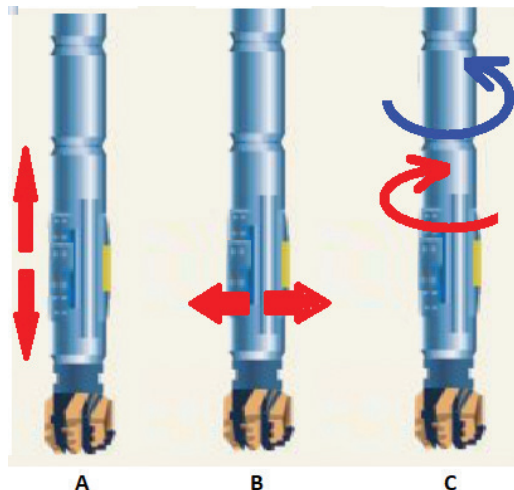


Рис. 2. Основные виды вибрации PDC долота: А – осевая; В – радиальная; С – крутильная



Рис. 3. PDC долото со стабилизационными канавками

Крутильные вибрации характеризуются разницей угловых скоростей на поверхности бурильной колонны и на долоте. Это связано с неравномерным вращением долота, как результатом скачкообразного изменения реактивного момента на нем, из-за увеличения осевой нагрузки или смены твердости горной породы. При достижении на долоте максимальной величины реактивного момента, из-за чрезмерного внедрения в горную породу его частота вращения снижается до нуля. Вся энергия, направленная на вращение породоразрушающего инструмента, уходит на упругую деформацию буровой колонны. В силу значительной длины буровая колонна скручивается в пространственную спираль, накапливая потенциальную энергию.

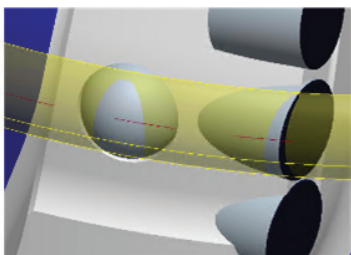


Рис. 4. Стабилизационные вставки активной калибрующей части



Рис. 5. Состояние PDC долота после подъема

Осевые вибрации возникают в результате воздействия статической и динамической осевой нагрузки. Динамическая осевая нагрузка возникает в результате взаимодействия долота с горной породой. При прохождении участков перемежающихся по твердости горных пород PDC резцы долота то заглубляются, то всплывают. В силу того, что буровая компоновка имеет упругость, ее длина начинает циклически меняться в большую и меньшую сторону. Все это дает колебание осевой нагрузки, которые могут усилиться, если колебания войдут в резонанс.

В момент, когда реактивный момент на долоте станет меньше накопленной потенциальной энергии в буровой колонне, происходит срыв долота, и вся накопленная потенциальная энергия работает на увеличение частоты вращения породоразрушающего инструмента до максимального значения. Описанный цикл повторяется снова, когда реактивный момент на долоте станет выше критического значения скручивания буровой колонны. При таком типе вибрации, когда частота вращения долота меняется от нуля до максимума (из-за периодических ударов о стенки скважины), разрушается не только вооружение долота, но и элементы буровой колонны.

Радиальные вибрации возникают как результат недостаточной осевой нагрузки на долото. При таком режиме бурения на резцы основного вооружения действуют силы резания, в разы отличающиеся друг от друга. Резец основного вооружения с максимальной величиной силы резания становится мгновенной осью вращения, не совпадающей с геометрической осью скважины. В результате такого распределения сил долото начинает кидать по забою в радиальных направлениях из стороны в сторону, скалывая основное вооружение.

Для борьбы с вредными явлениями вибрации существуют множество решений, от изменения режимов бурения до включения в состав буровой компоновки амортизирующих и демпфирующих устройств [3]. Однако эти решения призваны бороться с уже возникшими вибрациями. Более рационально в процессе бурения не допускать появления этих вибраций. Поскольку первоисточником значительных возмущений является долото, то разработка конструкции, способной снизить вибрации, является весьма перспективной задачей. Это позволит увеличить ресурс работы как самого породоразрушающего инструмента, так и КНБК.

Одним из решений, призванных уменьшить вибрации, стала конструкция долота, разработанная компанией ООО НПП «БУРИНТЕХ» с отличительными техническими новшествами. Корпус данного долота снабжен композиционным покрытием, имеющим различную износостойкость по толщине, и величина выступа резцов над покрытием вблизи центральной оси заведомо меньше необходимого для бурения самых твердых пород в данном геологическом разрезе. В начальный момент бурения проникновение резца в породу ограничивает композиционное покрытие, препятствующее внедрению резцов в породу на величину больше выступа резца. В процессе начала работы верхний слой композиционного покрытия, имеющий пониженную по сравнению с нижележащими слоями абразивостойкость, при взаимодействии с горной породой истачивается, образуя дополнительные стабилизационные канавки между резцами (рис. 3). Износ композиционного покрытия осуществляется на величину 0,5 мм, которая является оптимальной для обеспечения заданной скорости проходки и повышенной виброустойчивости. Время износа композиционного покрытия на заданную величину зависит от режимов бурения и горно-геологических условий и составляет от 1 до 8 ч. В результате долото адаптируется к условиям бурения, обеспечивая оптимальную скорость проходки, образуя дополнительные стабилизационные канавки, взаимодействующие с концентричными бороздами в горной породе на забое скважины, вследствие чего происходит



снижение вибрации. Глубина стабилизирующих канавок рассчитывается исходя из анализа функции, зависящей от многих параметров, а именно от типа, размера долота, размера резцов, свойств горной породы, проектных режимов бурения (нагрузка на долото, частота вращения), а также предполагаемой механической скорости бурения [4].

Для борьбы с вредными явлениями вибрации существуют множества решений, от изменения режимов бурения до включения в состав буровой компоновки различных амортизирующих и демпфирующих устройств. Однако эти решения призваны бороться с уже возникшими вибрациями. Более рационально в процессе бурения не допускать появления этих вибраций. Поскольку первоисточником значительных возмущений является долото, то разработка ее конструкции, способной снизить вибрации, является весьма перспективной задачей.

Еще одной особенностью данной конструкции является уникальная схема установки стабилизационных вставок за PDC резцами активной калибрующей части (рис. 4). Подбор оптимальной площади контакта стабилизационной вставки со стенками скважин позволяет снизить создаваемые долотом вибрации. Оптимальная площадь контакта стабилизационной вставки учитывает диаметр PDC резцов, угол резания, количество лопастей на долоте.

Полученные результаты полевых испытаний доказали работоспособность применяемых конструктивных решений в виде расчетной установки стабилизационных вставок за активной калибрующей частью и стабилизационных канавок в центральной части долота. Данные новшества позволили снизить вибрационную нагрузку на КНБК, о чем свидетельствует удовлетворительное состояние долота после подъема и увеличение механической скорости бурения.

Долото с указанными конструктивными новшествами было изготовлено под шифром БИТ 219,1 ВТ 713. Полевые испытания долота были проведены на месторождении Восточной Сибири при бурении под 245 мм колонну. Сложность бурения данного интервала вызвана

прохождением пропластков твердых горных пород. PDC долота в этих условиях получают чрезмерный износ, что вынуждало в некоторых случаях работать в несколько рейсов. В процессе бурения долотом БИТ 219,1 ВТ 713 инженерами телеметрической партии был отмечен предсказуемый характер роста момента компоновки при приложении осевой нагрузки. Выдержав плановую траекторию бурения, долото дошло до проектного забоя. Проходка на долото составила 900 м, а скорость бурения – 30 м/ч. Подъем долота показал износ основного вооружения по коду IADC 1-1-NS-X-IN-RR-HP (рис. 5). Данные результаты соответствуют увеличению проходки на 30 %, что можно объяснить стойкостью PDC вооружения вследствие уменьшения вибраций. А стойкость вооружения позволила добиться увеличения скорости бурения на 15 %.

Таким образом, полученные результаты полевых испытаний доказали работоспособность применяемых конструктивных решений в виде расчетной установки стабилизационных вставок за активной калибрующей частью и стабилизационных канавок в центральной части долота. Данные новшества позволили снизить вибрационную нагрузку на КНБК, о чем свидетельствует удовлетворительное состояние долота после подъема и увеличение механической скорости бурения. В сложившейся ситуации на рынке породоразрушающего инструмента подобные инновационные решения особо востребованы. Разработанный компанией ООО НПП «БУРИНТЕХ» инструмент свидетельствует о способности отечественного производителя создавать продукт, отвечающий запросам рынка.

Литература

1. Третьяк А.А. Влияние вибраций на прочностные свойства буровых коронок, армированных алмазно-твердосплавными пластинами // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. 2016. № 10. С. 20–24.
2. Leine R.I., Van Campen D.H. and Keultjes W.J. Stick-slip Whirl Interaction in Drillstring Dynamics // Journal of Sound and Acoustics. 2002. Vol. 124. Pp. 209–220.
3. Бадретдинов Т.В., Ишбаев Г.Г., Балута А.Г., Шарипов А.Н., Драган А.Ю., Ямалиев В.У. Снижение вибрационной нагрузки на породоразрушающий инструмент и элементы КНБК путем применения демпфирующего переводника // Бурение и нефть. 2017. № 7. С. 44–49.
4. Пат. 2374420 РФ, МПК E21B 10/573. Буровое лопастное долото / Г.Г. Ишбаев, А.Г. Балута, А.Н. Шарипов; заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью научно-производственное предприятие «Буринтех». № 2008152613/03; заявл. 29.12.08; опубл. 27.11.09. Бюл. № 33.

References

1. Tretyak A.A. Vliyaniye vibratsiy na prochnostnyye svoystva burovyykh koronok, armirovannykh almazno – tverdosplavnymi plastinami (In Russian), Stroitel'stvo nefyanykh i gazovykh skvazhin na sushe i na more, 2016, no. 10, pp. 20–24.
2. Leine R.I., Van Campen D.H., Keultjes W.J. Stick-slip Whirl Interaction in Drillstring Dynamics (In English), Journal of Sound and Acoustics, 2002, vol. 124, pp. 209–220.
3. Badretdinov T.V., Ishbayev G.G., Baluta A.G., Sharipov A.N., Dragan A.Yu., Yamaliyev V.U. Snizheniye vibratsionnoy nagruzki na porodorazrushayushchiy instrument i elementy KNBK putem primeneniya dempfiruyushchego perevodnika (In Russian). Bureniye i nef't', 2017, no. 7, pp. 44–49.
4. Patent RU 2374420 RF, MPK E21B 10/573, *Burovoye lopastnoye doloto*, Inventors: Ishbayev G.G., Baluta A.G., Sharipov A.N. ■