



# РАЗРАБОТКА НОВОГО ТИПА ГЕОМЕТРИИ СТАЛЬНОГО ВООРУЖЕНИЯ ШАРОШЕЧНЫХ ДОЛОТ



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

ООО НПП «БУРИНТЕХ»  
г. Уфа, 450029, РФ



**К.Р. ВАЛЯМОВ,**  
инженер-конструктор Центра  
Разработки  
valyamovkr@burinteh.com

**G.G. ISHBAYEV,  
K.R. VALYAMOV**

Burintekh Ltd  
Ufa, 450029,  
Russian Federation

*Износ породоразрушающего инструмента может приводить к снижению эффективности строительства скважин, особенно при работе в осложненных горно-геологических условиях. В настоящее время шарошечные долота имеют ряд преимуществ, которые позволяют эффективно работать в условиях бурения Восточной Сибири и для этого требуется их постоянное совершенствование. Предлагаемые улучшения стального вооружения шарошечных долот позволяют достигать высокой результативности бурения.*

Ключевые слова: ООО НПП «БУРИНТЕХ», нефть, газ, бурение, шарошечное долото, породоразрушающий инструмент, стальное вооружение, фрезерованное вооружение, механическая скорость проходки

## DEVELOPMENT OF A NEW TYPE OF MILLED TEETH GEOMETRY ROLLER BITS

The wear of the rock-breaking tool can lead to a decrease in the efficiency of well drilling, especially when working in complicated mining and geological conditions. Currently, tri-cone roller bit have same advantages to effectively work in the drilling of Eastern Siberia and this requires their constant improvement. The proposed improvements in the milled teeth of the tri-cone bits allow us to achieve high drilling efficiency.

Keywords: Burintekh Ltd, oil, gas, drilling, tri-cone bit, bit, milled teeth bit, rate of penetration (ROP)

**В** настоящее время происходит интенсификация разработки нефтяных и газовых месторождений, обусловленная увеличением потребления углеводородов во всем мире. Данная динамика позволяет говорить о том, что требуется разработка и ввод в промышленную эксплуатацию новых месторождений нефти и газа. На сегодняшний день активно осваивается Восточно-Сибирская нефтегазоносная провинция, в процессе освоения которой совершенствуются технологии освоения нефтяных и газовых месторождений. Общеизвестно, что одним из капиталоемких процессов при освоении месторождений является процесс строительства скважин, в том числе, процесс непосредственно механического бурения, от эффективности которого во многом зависит успешное выполнение программ бурения. Увеличение эффективности бурения зависит от эффективности породоразрушающего инструмента независимо от его типа. Совершенствование долот, как PDC, так и шарошечных является актуальной, но сложной задачей, требующей значительных опытно-конструкторских изысканий.

Вопрос предотвращения преждевременного и непрогнозируемого износа породоразрушающего инструмента остается крайне актуальным, особенно при работе в осложненных горно-геологических условиях. К ним можно отнести наличие трещин и каверн, пустот, наличие включений труднобуримых пропластков в общем разрезе глинистых горных пород. Бурение разреза с указанными осложнениями, как и бурение твердых горных пород (известняк, доломиты, диабазы) часто сопровождается катастрофическими разрушениями породоразрушающего инструмента, что приводит к снижению механической скорости проходки и увеличению сроков строительства скважины. Для бурения верхних осложненных интервалов нередко применяются шарошечные долота со стальным вооружением. Применение обуславливается меньшей стоимостью указанного типа инструмента в совокупности с рядом преимуществ, присущих долотам дробяще-скалывающего действия [1].

При работе шарошечных долот в осложненных условиях, например, при бурении мягких и мягко-средних горных пород



с валунно-галечными включениями, трещиноватых пород, переслаивании пород различной твердости, возникает слом фрезерованных зубьев шарошек долота, который, зачастую, является причиной проведения незапланированных спускоподъемных операций при бурении. Характеризуется резким и стремительным падением механической скорости проходки за счет первичного слома зубьев, кратным увеличением работы по разрушению горной породы на близлежащие зубья. В таком случае взаимодействие шарошечного долота с массивом горной породы на забое носит динамический характер, так как именно вследствие ударных нагрузок возникает вышеуказанный слом зубьев. Для возможности эффективного применения шарошечных долот с сохранением высокого ресурса требуется совершенствование геометрии единичных элементов вооружения (зубьев), с учетом сохранения агрессивности вооружения и высокой механической скорости проходки. На текущем этапе развития у шарошечных долот в габарите свыше 215,9 мм за счет разработки новых конфигураций подшипниковых узлов (рис. 1), изготавливаемых с высокой точностью, и применения высокопроизводительных антифрикционных и уплотнительных элементов опережающим износом является износ стального вооружения (для долот первого класса по ГОСТ 20692-2003).

Для предотвращения опережающего износа существует множество решений, таких как увеличение кода IADC долота, что снижает скальвующую способность и увеличивает количество рядов и зубьев на рядах, различные вариации изменения геометрии [2]. Тем не менее, указанные предложения при их реализации приводят к снижению агрессивности вооружения долота и, как следствие, к снижению механической скорости проходки в интервале бурения горно-геологического разреза, сложенного преимущественно мягко и мягко-средними горными породами [3].

Имея большой опыт сервисного сопровождения и разработки породоразрушающего инструмента под конкретные условия бурения, специалисты компании ООО НПП «БУРИНТЕХ» разработали и внедрили в серийное производство модификацию шарошечных долот для бурения в осложненных горно-геологических условиях, которые обладают собственными преимуществами и показывают высокую эффективность в широком диапазоне применения.

Решением для бурения интервалов, сложенных мягкими и мягко-средними горными породами с включениями осложненных интервалов, призванным снизить износ стального вооружения, стала конструкция долота, разработанная компанией ООО НПП «БУРИНТЕХ», с отличительными техническими нововведениями в области зубьев стального вооружения с конструктивными особенностями долот для бурения мягких и мягко-средних горных пород (соответствующих коду IADC 117-137).

Ключевой отличительной особенностью является модифицированная форма зубьев внутренних рядов стального вооружения. Зубья выполнены в форме восьмигранной пирамиды с усечением верхней части, образующей в сечении восьмиугольник с попарно равными и параллельными сторонами. Имеются канавки для усиления и увеличения толщины армирующего материала, придающего дополнительный запас прочности при ударных и изгибающих нагрузках на зубья (рис. 2), [4]. Также можно выделить вопрос совершенствования

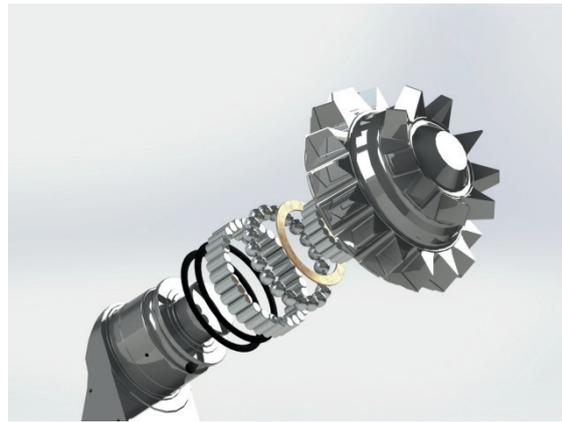


Рис. 1. Опора шарошечного долота

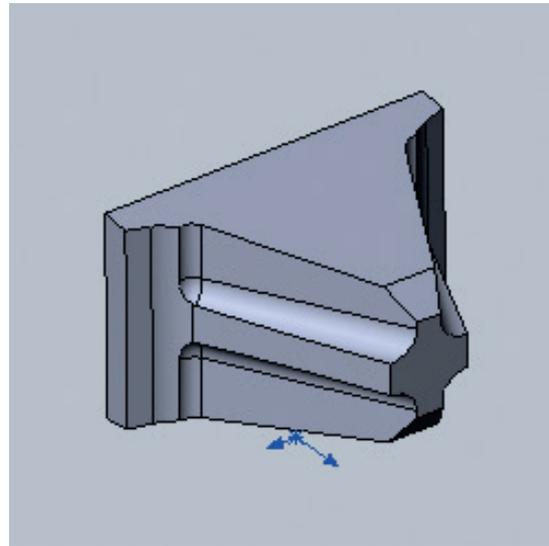


Рис. 2. Единичный элемент вооружения (зуб) пирамидальной формы (3D модель)

армирующих твердосплавных покрытий для нанесения на внутренние ряды шарошек, что положительно скажется на износостойкости зубьев при первоначальном эрозионном износе.

В указанном решении обеспечивается увеличение запаса прочности, поэтому при создании одинаковой динамической нагрузки, имитирующей ударное воздействие на пирамидальный зуб, наблюдается снижение суммарных нормальных напряжений (табл.), из которой видно, что снижение составляет 31,3 % от первоначальных напряжений сжатия и 33 % от первоначальных напряжений растяжения. Соответственно, это говорит о том, что запас прочности увеличился на указанное выше значение.

Табл. Суммарные нормальные напряжения

Вид напряжения	Стандартная конструкция зуба	Пирамидальная конструкция зуба
Максимальное напряжение сжатия, МПа	694,89	477,53
Максимальное напряжение растяжения, МПа	0,031	0,021

При бурении указанная конструкция долота в габарите 295,3 мм (рис. 3), обладая всеми конструктивными особенностями шарошечных долот для мягких и мягко-средних горных пород, обеспечивает преобладание скальвующего эффекта с высокой эффективностью разрушения горной породы. При прохождении интервалов, включающих валунно-галечные отложения или трещиноватые горные породы, за счет высокого запаса прочности основных рядов, обеспечивается высокая стойкость зубьев к ударным нагрузкам, что сохраняет высокий остаточный ресурс вооружения, обеспечивая стойкость долота и заданную механическую скорость проходки. Зубья долота, также как у стандартной модификации покрываются твердым сплавом на основе карбида вольфрама.

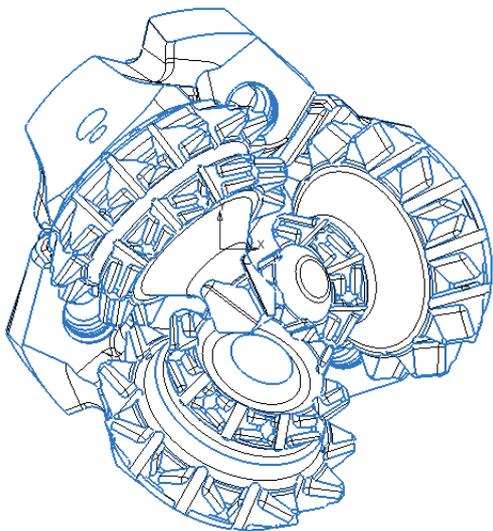


Рис. 3. Долото шарошечное с пирамидальными зубьями внутренних рядов стального вооружения



Рис. 4. Долото БИТ 295,3 Z2RSJ U700 после первого рейса

Долото с указанными конструктивными нововведениями было изготовлено под шифром БИТ 295,3 Z2RSJ U700. Полевые испытания долота были проведены на месторождении Восточной Сибири при бурении под 245 мм колонну. Сложность бурения данного интервала вызвана прохождением пропластков валунно-галечных отложений в интервалах до 400 м, после которых на серийных конструкциях наблюдалось падение механической скорости проходки из-за преждевременного износа внутренних

рядов вооружения. Долота могли получать износ, что приводило к бурению секции в несколько рейсов. В процессе бурения долотом БИТ 295,3 Z2RSJ U700 не было отмечено отклонений от плановых параметров. Проходка на долото составила 730 м, а скорость бурения за рейс – не менее 40 м/ч (плановая механическая скорость проходки). Подъем долота показал износ по коду IADC 1-1-WT-A-E-IN-RR-TD (рис. 4).

Данные результаты соответствуют увеличению стойкости на 30 %, что можно объяснить стойкостью зубьев, расположенных на внутренних рядах долота. Стойкость позволила не только добиться увеличения механической скорости проходки за рейс, но также использовать указанное долото повторно. Таким образом, полученные результаты полевых испытаний доказали работоспособность применяемых конструктивных нововведений в виде пирамидального стального вооружения шарошечных долот, армированных твердосплавным наплавочным покрытием.

На современном рынке породоразрушающего инструмента актуальны инновационные решения, предлагаемые компанией ООО НПП «БУРИНТЕХ», подтверждающей высокие результаты в области разработки и внедрения отечественного инструмента для бурения нефтяных и газовых скважин.

#### Литература

1. Мингазов Р.Р., Ишбаев Г.Г., Балута А.Г., Драган А.Ю., Ямалиев В.У. Снижение вибрации в процессе бурения путем совершенствования конструкции PDC долот // Бурение и нефть. – 2021. – № 4. – С. 14–17.
2. Патент РФ на изобретение № 2321720. Шарошка бурового долота с фрезерованным вооружением / Богомолов Р.М., Ищук А.Г., и др. оп. 06.10.2006 г.
3. Рассмотрение методов повышения ресурса вооружения шарошечных долот / К.Р. Валямов, В.В. Мыкалкин / Международная научно-техническая конференция «Современные проблемы нефтегазового оборудования», 4 декабря 2019 г. / сборник трудов международной научно-технической конференции. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2019. – 62–68 с.
4. Патент РФ на полезную модель № 212334. Шарошка бурового долота / Ишбаев Г.Г., Валямов К.Р., Мыкалкин В.В., Гуряев И.С., оп. 18.07.2022 г.

#### References

1. Mingazov R.R., Ishbaev G.G., Baluta A.G., Dragan A.Yu., Yamaliev V.U. Reducing vibration during drilling by improving the design of PDC bits // *Drilling and Oil*. – 2021. – No. 4. – Pp. 14–17.
2. RF patent for invention No. 2321720. Drill bit roller with milled cuttings / Bogomolov R.M., Ishchuk A.G., etc. publ. 10/06/2006.
3. Consideration of methods for increasing the service life of roller bits weapons / K.R. Valyamov, V.V. Mykalkin / International scientific and technical conference Modern problems of oil and gas equipment, December 4, 2019 / collection of proceedings of the international scientific and technical conference. – Ufa: USNTU Publ., 2019. – Pp. 62–68.
4. RF patent for utility model no. 212334. Drill bit roller / Ishbaev G.G., Valyamov K.R., Mykalkin V.V., Guryaev I.S., publ. 07/18/2022 ■