

DOI: <https://doi.org/10.25689/NP.2023.4.359-368>

EDN XITFZG

УДК 622.24.051.55

## **Актуальность адаптации применения шарошечных долот при бурении в переслаивающихся горных породах**

*Валямов К.Р., Ишбаев Г.Г.*

*НПП «БУРИНТЕХ», Уфа, Россия*

## **Applicability of roller cone bits for drilling through interbedded rocks**

*K.R. Valyamov, G.G. Ishbaev*

*BURINTEKH R&D Company, Ufa, Russia*

**E-mail: [karimrus@gmail.com](mailto:karimrus@gmail.com)**

**Аннотация.** Эффективность строительства скважины во многом определяется эффективностью работы породоразрушающего инструмента, ресурс которого зависит от горно-геологических условий в интервалах его применения. При этом долото испытывает максимальные нагрузки, в том числе и на элементы вооружения. Несмотря на широкое распространение PDC долот, в определенных условиях бурения скважин эффективно применять шарошечные долота. Предлагаемые улучшения методических рекомендаций режима бурения позволяют достигать высокой механической скорости проходки.

**Ключевые слова:** ООО НПП «БУРИНТЕХ», нефть, газ, бурение, шарошечное долото, породоразрушающий инструмент, режим бурения, осевая нагрузка, механическая скорость проходки

**Для цитирования:** Валямов К.Р., Ишбаев Г.Г. Актуальность адаптации применения шарошечных долот при бурении в переслаивающихся горных породах // Нефтяная провинция.-2023.-№4(36).- С. 359-368. - DOI <https://doi.org/10.25689/NP.2023.4.359-368>. - EDN XITFZG

**Abstract.** The efficiency of well construction is largely determined by the efficiency of the rock-breaking tool, the resource of which largely depends on the mining and geological conditions in the intervals of its use. The service life of a drilling tool largely depends on the conditions of its use. Despite the widespread use of PDC bits, in certain conditions of drilling

wells, it is effective to use ball bits. The proposed improvements, methods of exploitation, make it possible to achieve a high mechanical penetration rate.

**Key words:** *BURINTEKH R&D Company, oil, gas, drilling, roller cone bit, rock-cutting tool, drilling practice, axial load, rate of penetration*

**For citation:** K.R. Valyamov, G.G. Ishbayev Aktual'nost' adaptatsii primeneniya sharoshechnykh dolot pri burenii v pereslaivayushchikhsya gornykh porodakh [Applicability of roller cone bits for drilling through interbedded rocks]. Neftyanaya Provintsiya, No. 4(36), 2023. pp. 359-368. DOI <https://doi.org/10.25689/NP.2023.4.359-368>. EDN XITFZG (in Russian)

Основной объем добычи углеводородов на территории Российской Федерации приходится на Западно-Сибирский нефтегазоносный бассейн. На него приходится 58 % добычи углеводородов, 82 % эксплуатационного и 55 % поисково-разведочного бурения на нефть и газ соответственно. Это связано с высокоразвитой материально – технической базой, освоенностью месторождений и разработанностью технологий по разработке и извлечению полезных ископаемых. [1]

В то же время, на Восточно-Сибирский нефтегазоносный бассейн за аналогичный период времени приходится порядка 9 % добычи углеводородов, 6 % эксплуатационного и 11 % поисково-разведочного бурения на нефть и газ соответственно. Важно отметить значительное превышение объемов поисково-разведочного бурения в данном регионе, что свидетельствует о наращивании темпов разработки нефтяных и газовых месторождений в данном регионе. Нефтеносность региона, в зависимости от источников, колеблется в 65-99 млрд. т. нефти, при этом регион в геологическом плане изучен достаточно слабо.

Важным показателем потенциального роста является зависимость прироста добычи нефти, которая требуется для оценки перспектив дальнейшего развития региона. То есть в настоящий момент увеличение объемов добычи нефти в Восточно-Сибирском регионе имеет опережающую динамику над другими регионами. На основании данных [1] установлено, что прирост добычи нефти в период 2009 – 2015 годов в Восточно-

Сибирском регионе составил от 2,4 до 11,3 % в зависимости от года при отрицательном росте -1,9 – 0,1 % в других нефтегазоносных провинциях.

Добыча нефти и газа в Восточной Сибири осуществляется как на активно разрабатываемых месторождениях, таких как Ванкорское (Красноярский край), Верхнечонское (Иркутская область), Талаканское (республики Саха (Якутия)). Прирост нефтедобычи в Восточно-Сибирском регионе осуществляется за счет введения в промышленную разработку таких месторождений как Лодочное, Сузунское, Тагульское, Среднеботубинское, Куюмбинское, Ковыктинское [1].

Развитие нефтегазового комплекса основывается в первую очередь на проведении комплекса геолого-технических мероприятий, основой которых является строительство как поисково-разведочных, так и эксплуатационных скважин.

Разработка месторождений и добыча полезных ископаемых в данных горно-геологических условиях связана с осложнениями, такими как тектонические деформации, аномально низкие пластовые давления (АНПД), трещиноватость и кавернозность горных пород, низкие пластовые температуры. В геологическом разрезе присутствуют многолетнемерзлые горные породы, толщи солевых отложений, что при строительстве скважин может привести к осложнениям, оказывающим влияние на эффективность всего процесса разработки месторождений [2].

Ранее опубликованные работы, посвященные проблематике строительства скважин в Восточно-Сибирском нефтегазоносном провинции, позволяют выделить основные причины, негативно влияющие на качество строительства скважин:

- наличие трещиноватых и кавернозных пород, образующих зоны частичного или полного поглощения буровой промывочной жидкости;
- наличие зон многолетнемерзлых пород в верхних интервалах строительства скважины;

- наличие интервалов солевых отложений с высокой кавернозностью;
- низкая изученность горно – геологического строения месторождений, вызванная слабо развитой инфраструктурой и низкая плотность сетки скважин в данном регионе [2].

К примеру, Ковыктиское месторождение отличается разнородностью горно-геологических условий при бурении в пределах одной площади, увеличивая вариативность при прогнозировании темпов строительства скважин, в том числе на верхних интервалах.

В статье процесс строительства скважины рассматривается со стороны эффективности применения породоразрушающего инструмента для его наиболее эффективного применения в условиях бурения верхних интервалов скважины.

Строительство скважины – многостадийный процесс, состоящий из многих блоков, включающих в себя подготовительно-заключительные работы, бурение скважины, закачивание и цементирование, а также мероприятия по освоению. Наиболее длительным процессом во временной сетке строительства скважины является процесс бурения, т.е. непосредственно углубления скважины, а именно процесса разрушения горной породы породоразрушающим инструментом.

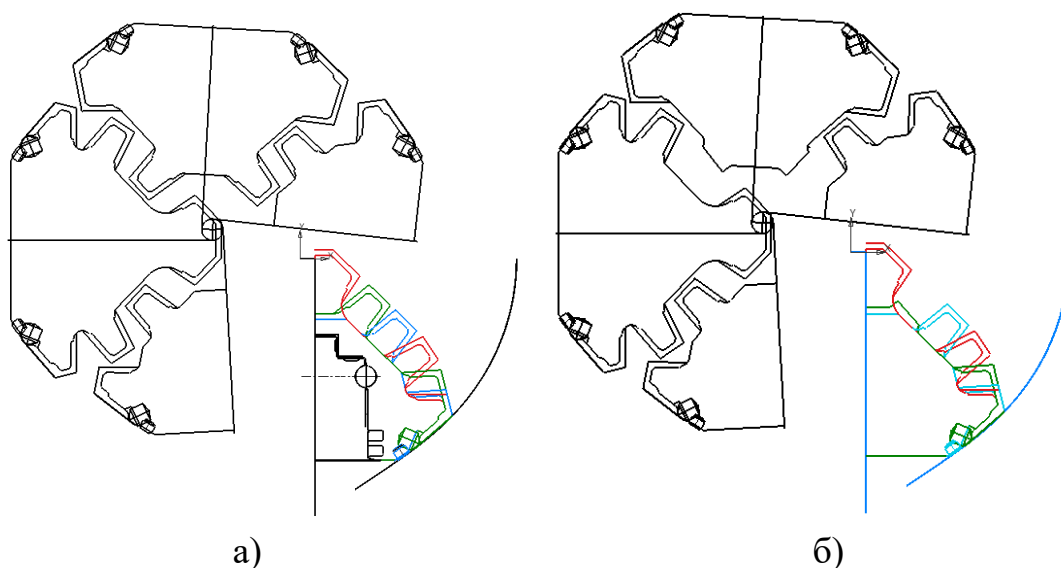
Для работы в горно-геологических условиях Восточно-Сибирского региона рационально использовать шарошечные долота, при условии наличия ресурса шарошечного долота, обеспечивающее гарантированное прохождение интервала за одно долбление, без выполнения дополнительных спуско – подъемных операций с максимальной скоростью проходки. Преимущество использования шарошечных долот заключается в отсутствии постоянного контакта элементов вооружения с горной породой. Эксплуатация шарошечных долот в меньшей степени зависит критическим образом от создаваемого расхода буровой промывочной жидкости.

При эксплуатации шарошечных долот в верхних интервалах (до глубин 450-500 м.) основное негативное влияние оказывают пропластки валунно-галечных отложений, которые в виду своей формы и геометрии имеют возможность заклинивать между зубьями шарошек, что при многократном повторении может приводить к их слому по телу зуба. Так, при входе в интервал, насыщенный валунно-галечными отложениями на высокой скорости проходки (до 50 м/ч) происходит динамическое ударное воздействие на зубья, приводящее к усталостному износу основного металла. Характерный износ зубьев приведен на рис. 1 (а). На рис. 1 (б) показан фрагмент шлама – частица горной породы диаметром до 30 мм.



*Рис. 1. Шарошка со сломанными зубьями ряда 2*

Потеря механической скорости проходки обуславливается снижением эффективности перекрытия забоя за счет потери стальных зубьев. При потере хотя бы одного зуба происходит кратное увеличение нагрузки и количества совершаемой работы на соседние зубья. Это приводит к дополнительной нагрузке соседних зубьев, что также снижает стойкость этих зубьев и приводит к последующему слому.



**Рис. 2. Сравнительная схема самоочищения**

Как видно из рис. 2 (а), на котором приведена схема самоочищения для долота БИТ 295,3 Z1RSJ (новое) - степень перекрытия забоя максимальна. Потеря хотя бы одного ряда зубьев, рис. 2 (б), на внутренних рядах приводит к снижению перекрытия забоя на 18 - 37 % в зависимости от расположения потерянного ряда зубьев.

При этом, после подъема производится осмотр долота, который основывается на порядке описания износа по унифицированному коду по системе IADC. Для определения состояния режущей структуры (отдельно для калибрующего ряда и внутренних рядов) рассчитывается среднее значение по следующему алгоритму: если у долота со стальным вооружением во внутренних рядах было 25 зубьев, из них 4 сломаны, 2 наполовину сломались, а остальные изнашивались на 10 %, то это будет соответствовать цифре 3, т.к. процент разрушенного вооружения:  $((4*1 + 2*0,5 + 16*0,1) / 25) * 100 \% = 26,4 \%$ , что соответствует цифре:  $8*0,264 = 2,112 = 2$ .

При принятии решения о дальнейшем использовании, на основании унифицированного кода IADC, может быть принято ошибочное решение о возможности дальнейшего применения данного долота, несмотря на то, что имеются полностью отсутствующие зубья, и в осложненных горно-

геологических условиях это может привести к катастрофическому износу данного долота при повторном использовании.

Одним из решений, призванных снизить преждевременный износ основных рядов стального вооружения является методика по адаптации режимных параметров бурения.

Главным выходным параметром при подборе наиболее эффективно-го режима бурения является достижение наибольшей механической скорости проходки в заданном интервале. Однако данный подход не учитывает скорость износа вооружения при работе в условиях повышенных нагрузок, в т.ч. ударного характера, которые могут привести к катастрофическому износу вооружения на начальных этапах работы долота, что снизит эффективность применения породоразрушающего инструмента в целом за все долбление.

Проведение ряда испытаний при различных осевых нагрузках и скоростях вращения является наиболее надежным способом определения оптимальных значений для достижения максимальной механической скорости [3].

При использовании шарошечных долот в горно-геологических условиях, состоящих из мягких, мягко-средних и средних по твердости горных пород с включениями валунно-галечных отложений, в которых размер фракции сопоставим с размером единичного элемента вооружения и окремнелых пропластков необходимо выполнять следующие рекомендации для эффективной эксплуатации шарошечных долот:

- Учитывать неоднородность горно-геологического разреза, ориентируясь в подборе режимных параметров бурения на долотную программу, а также на отработки в схожих горно-геологических условиях аналогичных типов инструмента.



- При изменениях горно-геологического разреза проводить подбор оптимального режима бурения, при котором достигается максимальная скорость проходки при минимальной осевой нагрузке.

- Контролировать параметры момента на роторе и давления на стояке (при работе с ГЗД) и в случае изменения абсолютных значений свыше статистических колебаний проводить контроль прохождения зон с возможным присутствием валунно-галечных или окремнелых пропластков по шламу, выходящему из скважины на вибрационных ситах.

- При обнаружении вышеуказанных фракций выдать рекомендации по снижению осевой нагрузки и частоты вращения до стабилизации момента на роторе и давления на стояке (при работе с ГЗД).

- После прохождения интервала, осложненного валунно-галечными и/или окремнелыми пропластками повторно провести подбор оптимального режима бурения для продолжения высокоэффективного бурения.

Внесены основные рекомендации по применению ГЗД объемного типа с шарошечными долотами:

- работа ГЗД в зоне выше максимального диф. перепада запрещена. Рекомендуется вести работу в зоне 90 - 95 % от максимального диф. перепада давления для обеспечения максимальной эффективности бурения;
- влияние параметров ГЗД на процесс бурения с шарошечным долотом минимально, т.к. при работе с шарошечным долотом присутствует меньший крутящий момент;
- режимные параметры подбирается по наиболее эффективному режиму бурения (нагрузка, частота вращения на валу + ВСП, расход БПЖ).

Таким образом, данные нововведения в методические рекомендации позволяют минимизировать износ внутренних рядов вооружения, и, как следствие, сохранить высокую скорость проходки на всем интервале без дополнительных спуско-подъемных операций. В сложившейся ситуации, при которой требуется постоянное совершенствование режимно-



технологических параметров, подобные решения востребованы. Предлагаемая НПП «БУРИНТЕХ» методика свидетельствует о способности отечественного производителя создавать комплексные решения, отвечающие самым жёстким требованиям рынка.

#### Список литературы

1. Обзор нефтесервисного рынка России – 2019, Исследовательский центр компании «Делойт» в СНГ, Москва, 2019.
2. Нефтегазовый комплекс Восточной Сибири и Дальнего Востока: тенденции, проблемы, современное состояние / Л.В. Эдер, И.В. Филимонова, С.А. Моисеев / Бурение и нефть. — 2015. — № 12. — Режим доступа: <http://burneft.ru/archive/issues/2015-12/3>.
3. Попов, А.Н., Технология бурения нефтяных и газовых скважин: Учебник для вузов/ А.Н.Попов, А.И. Спивак, Т.О. Акбулатов и др.; Под общей ред. А.И. Спивака. – 2-е изд., – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2004. – 509 с.

#### References

1. Overview of Russian oilfield service market. 2019, Research Center of Deloitte Company in CIS, Moscow. (in Russian)
2. Eder L.V., Filimonova I.V., Moiseev S.A. The oil and gas industry in Eastern Siberia and the Far East: trends, challenges, current status. Burenije i Neft [Drilling and Petroleum], 2015, No.12. Available at: <http://burneft.ru/archive/issues/2015-12/3>. (in Russian)
3. Popov A.N., Spivak A.I., Akbulatov T.O., et al. Tekhnologiya bureniya neftyanyh i gazovyh skvazhin [Oil and gas well drilling techniques]. Moscow, Nedra-Businesscenter Publ., 2004, 509 p (in Russian)

#### Сведения об авторах

*Валямов Карим Рамилевич*, инженер-конструктор ООО НПП «БУРИНТЕХ»  
Россия, 450029, Уфа, ул. Юбилейная, 4/1  
E-mail: karimrus@gmail.com

*Ишбаев Гниятулла Гарифуллович*, доктор технических наук, профессор, генеральный директор ООО НПП «БУРИНТЕХ»  
Россия, 450029, Уфа, ул. Юбилейная, 4/1  
E-mail: bit@burinteh.com

**Authors**

*K.R. Valyamov*, drill bit designer, BURINTEKH R&D Company  
4/1, Yubileynaya st., Ufa, 450029, Russian Federation  
E-mail: karimrus@gmail.com

*G.G. Ishbaev*, Dr.Sc, Professor, Director General of BURINTEX R&D Company  
4/1, Yubileynaya st., Ufa, 450029, Russian Federation  
E-mail: bit@burinteh.com

*Статья поступила в редакцию 13.10.2023*

*Принята к публикации 20.12.2023*

*Опубликована 30.12.2023*