

DOI: <https://doi.org/10.25689/NP.2024.1.240-250>

EDN UQYJRP

УДК 622.24.051.55

Рассмотрение причин вывода из эксплуатации шарошечных долот

Валямов К.Р., Ишбаев Г.Г.

ООО НПП «БУРИНТЕХ», Уфа, Россия

Consideration of the reasons for decommissioning of roller cone bits

K.R. Valyamov, G.G. Ishbayev

«Burintekh» Ltd, Ufa, Russia

E-mail: karimrus@gmail.com

Аннотация. В статье приведена классификация причин вывода шарошечных долот из эксплуатации с указанием наиболее значимых категорий, которые требуют первоочередной модернизации. Детально рассмотрена группа шарошечных долот с неравномерным износом стального вооружения, с акцентом на область применения указанной группы долот. Рассмотрение приведенной классификации позволяет выделять наиболее актуальные направления для модернизации шарошечных долот. Оценка износа является актуальной, как для компаний, разрабатывающих породоразрушающий инструмент, так и оказывающих сервисное сопровождение по отработке долот.

Ключевые слова: нефть, газ, бурение, шарошечное долото, породоразрушающий инструмент, стальное вооружение, фрезерованное вооружение, износ, размыв, шарошка

Для цитирования: Валямов К.Р., Ишбаев Г.Г. Рассмотрение причин вывода из эксплуатации шарошечных долот // Нефтяная провинция.-2024.-№1(37).-С. 240-250. - DOI <https://doi.org/10.25689/NP.2024.1.240-250>. - EDN UQYJRP

Abstract. The article provides a classification of the reasons for the decommissioning of roller cone bits, indicating the most significant categories that require priority modernization. A group of roller cone bits with uneven wear of steel teeth is considered in detail, with an emphasis on the scope of application of this group of drill bits. Consideration of the above classification allows us to identify the most relevant areas for the modernization of roller cone

bits. The assessment of wear is relevant both for companies developing rock-crushing tools and providing service support drill bits.

Keywords: *oil, gas, drilling, roller cone bit, rock-crushing tool, steel teeth, milled teeth, wear, erosion, cone*

For citation: K.R. Valyamov, G.G. Ishbayev Rassmotreniye prichin vyvoda iz ekspluatatsii sharohechnykh dolot [Consideration of the reasons for decommissioning of roller cone bits]. Neftyanaya Provintsiya, No. 1(37), 2024. pp. 240-250. DOI <https://doi.org/10.25689/NP.2024.1.240-250>. EDN UQYJRP (in Russian)

Для выбора правильного и актуального направления модернизации шарошечных долот необходимо выявить ключевые причины, по которым происходит их вывод из эксплуатации. Под выводом из эксплуатации в данной статье принимается потеря работоспособности долота, которая возникла в результате износа одного из ключевых узлов шарошечного долота или наработки в часах циркуляции без видимых признаков износа узлов долота.

На основе анализа данных, собранных при отработке шарошечных долот производства ООО НПП «БУРИНТЕХ» на территории нескольких десятков месторождений России и ближнего зарубежья, можно выделить ключевые направления шарошечных долот, требующие модернизации. Предметом анализа стали данные по отработке более чем по 1300 рейсам, собранные сервисными инженерами ООО НПП «БУРИНТЕХ» с 2018 по 2021 год. Из данных был выделен следующий массив данных: информация о годности или негодности долота для дальнейшего использования и причина отбраковки долота. В ходе анализа было проведено ранжирование причин отказов шарошечных долот по частоте их возникновения.

Изначально был проведен анализ собранного материала, в результате которого были выделены основные причины вывода из эксплуатации шарошечных долот:

- износ вооружения шарошек (1);
- размыв элементов долота (2);
- нарушение герметичности опоры (3);

- достижение допустимой наработки на долото (4);
- другие причины (5).

Под допустимой наработкой на шарошечное долото понимается достижение максимального, эмпирически установленного для каждого габарита шарошечных долот значения, выраженного в часах циркуляции или в оборотах долота (т.н. тысячи оборотов долота, Krevs). После достижения максимальной наработки в часах циркуляции, эксплуатация шарошечного долота имеет непредсказуемый характер, но на момент извлечения долота из скважины следов, за исключением естественного износа вооружения (WT по классификации кодов износа вооружения IADC для шарошечных долот), нет.

К другим причинам относятся причины отбраковки, не связанные с состоянием долота, или редко встречающиеся причины отказов, такие как изворот роликов, перегрузка подшипника, слом ниппеля или лапы. Все эти отказы связаны, как правило, с грубыми нарушениями рекомендованного процесса эксплуатации или дефектами металла. Доля таковых достаточно мала для любого типоразмера долот, чтобы учитывать эти причины по отдельности [1,2].

По мере сортировки данных стали явно заметны серьезные различия в причинах отказов долот различных типоразмеров. В подавляющем большинстве случаев различия оказались связаны с габаритными размерами долота, а значит и опоры. Поэтому было решено провести группировку по следующим группам диаметров долот, внутри которых используется одна и та же опора:

- 1) 114,3 - 127,0 мм (488 долот, в т.ч. 184 со стальным вооружением);
- 2) 139,7 - 155,6 мм (197 долот, в т.ч. 81 со стальным вооружением);
- 3) 190,5 - 222,3 мм (211 долот, в т.ч. 69 со стальным вооружением);
- 4) 295,3 - 311,2 мм (266 долот, в т.ч. 197 со стальным вооружением);
- 5) 393,7 - 444,5 мм (105 долот, в т.ч. 81 со стальным вооружением);

6) 490,0 – 558,0 мм (65 долот в т.ч. 36 со стальным вооружением);

7) 584,2 – 660,4 мм (13 долот в т.ч. 9 со стальным вооружением).

Долота других диаметров не используются на территории Российской Федерации или встречаются значительно реже. В табл. 1 приводятся результаты анализа по каждой из перечисленных групп, выраженные в процентах от общего количества долот внутри группы.

Таблица 1

Причины вывода из эксплуатации шарошечных долот за 2018-2021 гг

№	Габарит долота, мм	Причины вывода из эксплуатации шарошечных долот, %				
		1	2	3	4	5
1	114,3 - 127,0	7,35	1,31	9,67	77,66	4,01
2	139,7 - 155,6	6,77	1,94	8,04	79,6	3,65
3	190,5 - 222,3	2,17	0,18	3,41	93,05	1,19
4	295,3 - 311,2	10,16	0,37	2,69	84,64	2,14
5	393,7 - 444,5	5,11	0,46	2,64	90,91	0,88
6	490,0 – 558,0	4,44	0,57	2,88	91,44	0,67
7	584,2 – 660,4	3,15	0,63	2,13	93,38	0,71
8	Ср. значение по столбцам	5,59	0,78	4,46	87	1,89

Общая тенденция такова, что большая часть долот дорабатывается только до допустимой наработки, чтобы снизить риск возникновения аварии на скважине по причине катастрофического износа шарошечного долота. Допустимая наработка индивидуальна не только для каждого диаметра шарошечного долота, но и для горно-геологического разреза, в котором производится его отработка, поэтому говорить о конкретных значениях невозможно. Данный параметр является усредненным. Например, для габарита 114,3 - 127,0 мм равен 60 ч циркуляции.

Также наблюдается зависимость снижения общего количества выводов из эксплуатации по причине потери герметичности подшипникового узла при увеличении диаметра, так как опора и, соответственно, резино-

технические уплотнительные элементы становятся больше и имеют больший остаточный ресурс. В дополнение к этому важно отметить, что бурение в малых габаритах сопровождается увеличенной нагрузкой на подшипниковый узел по причине больших глубин, и соответственно больших дифференциальных давлений на подшипниковый узел. Бурение характеризуется высокими оборотами за счет вращения бурильной колонны и забойного двигателя. Эти факторы, в совокупности, влияют на достаточно высокий процент выводов по причине потери герметичности подшипникового узла.

Размыв элементов шарошечного долота связан с применением форсированных режимов эксплуатации шарошечных долот на повышенных расходах буровой промывочной жидкости для достижения максимальной производительности и выноса шлама. Это приводит к размыву промывочных каналов и эрозионному размыву тел шарошек, что усугубляется при увеличении содержания абразивных частиц в буровой промывочной жидкости. Размыв элементов шарошечных долот, а также причины отказа, выделенные в группу «другие причины» имеет относительно малое количество и не влияет на общую картину эксплуатации шарошечных долот.

Особое внимание необходимо уделить такому типу износа, как износ вооружения шарошек шарошечного долота. Такие результаты исследований связаны с тем, что в малых габаритах, от 114,3 – 127,0 мм шарошечные долота применяются для бурения твердых, твердых абразивных пропластков, что усугубляет износ вооружения.

Повышение доли долот, отбракованной по состоянию вооружения, возрастает с увеличением диаметра долота. Это объясняется тем, что для больших диаметров долот обеспечение высокой надежности опоры и уплотнительного узла значительно упрощается, в связи с увеличением пространства для размещения крупногабаритных узлов. Так же это объяс-

няется увеличением доли стального вооружения для бурения верхних секций скважины, и более щадящими режимами работы при их бурении.

В габарите 295,3 - 311,2 мм и 393,7 - 444,5 мм высокий процент износа вооружения шарошечных долот объясняется условиями эксплуатации долот в конкретных условиях бурения. Обусловливается применением шарошечных долот со стальным вооружением при бурении скважин при бурении интервалов под кондуктор и техническую колонну, где из-за геологических особенностей (наличия валунно-галечных и окремнелых пропластков) шарошечные долота эксплуатировались на форсированных режимах бурения.

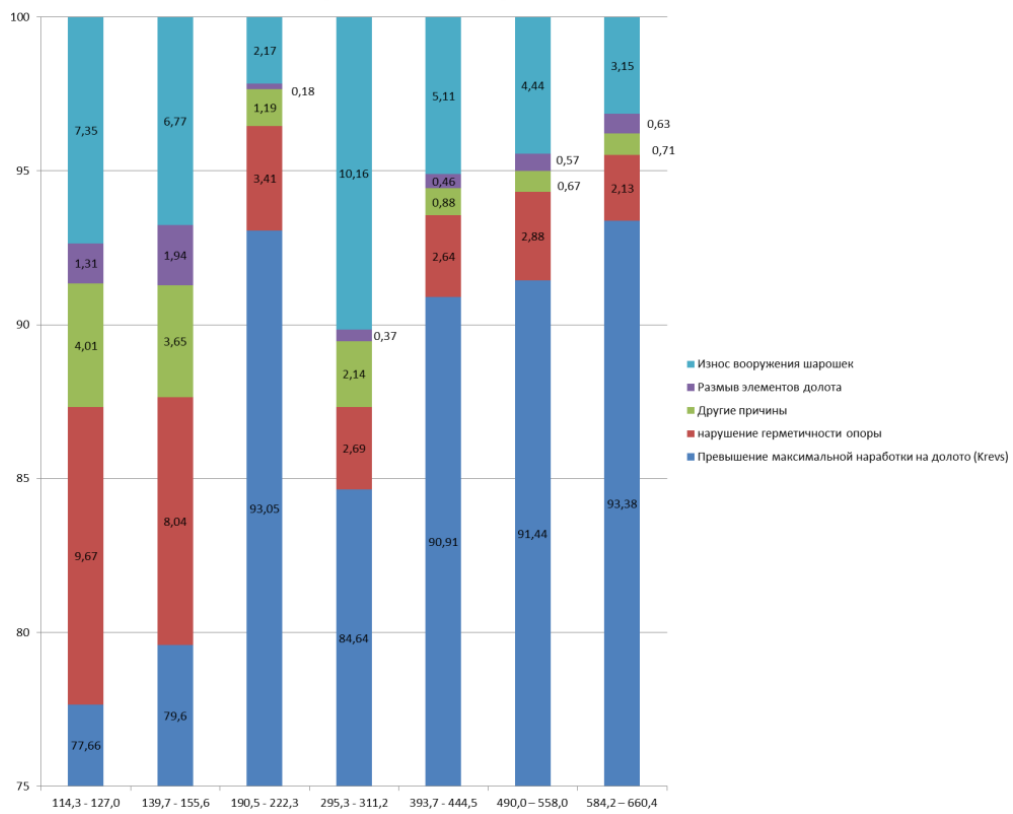


Рис. 1. Визуализация причин вывода из эксплуатации шарошечных долот за 2018-2021 гг, %

Из анализа можно отметить, что данные укладываются в общую картину эксплуатации шарошечных долот. На данном этапе применения шарошечных долот выделяются из общей тенденции шарошечные долота в габарите 295,3 – 311,2 мм со стальным вооружением шарошек. Учитывая

перспективу развития бурения, данное направление модернизации шарошечных долот является крайне актуальным. Таким образом, повышение ресурса вооружения и адаптация режимов бурения могли бы повысить ресурс всех шарошечных долот, начиная с габарита 295,3 мм и выше.

Результаты приведенного анализа демонстрируют, что на данном этапе эволюции шарошечного долота ресурс стального вооружения ниже ресурса опоры шарошечных долот. Это утверждение справедливо для всех долот диаметром 295,3 мм и выше.

Для обоснования решений по повышению производительности бурения и снижения износа шарошечных долот со стальным вооружением проведена группировка шарошечных долот по типам износа:

Первая группа - естественный износ вооружения, подъем не связан с потерей работоспособности вооружения долота;

Вторая группа - катастрофический износ вооружения, незапланированный подъем долота по причине потери работоспособности вооружения долота [3,4].

Износ первой и второй группы для стального вооружения имеет различные причины возникновения, и как следствие требует различных подходов в их предотвращении:

Первая группа износа стального вооружения характеризуется следующим. В ходе попеременного контакта зубьев шарошек с горной породой происходит постепенное истирание объемного твердосплавного армирующего покрытия, и усиление области износа за счет эрозионного размыва потоком буровой промывочной жидкости. Износ характеризуется равномерным течением, с плавным падением механической скорости при постоянных режимных параметрах, таких как нагрузка на долото и частота вращения долота. Падение скорости компенсируется проведением повторных drill-off тестов с подбором режима бурения. Обуславливается правильным подбором типа породоразрушающего инструмента, который со-

ответствует геологическим особенностям разрушаемой горной породы. Пример данного типа износа стального вооружения приведены на рис. 2.

Данный тип износа регламентируется кодом «WT – износ режущих элементов» по системе IADC и не превышает значения 1 – 2 по данной системе. Первопричиной разрушения стального зуба является выкрашивание и размытие твердосплавного покрытия. При этом износ стального зуба начинается с внешней стороны и направлен к оси шарошки.



Рис. 2. Износ стального вооружения группы 1

Для снижения вероятности возникновения износа данного типа требуется совершенствование армирующих твердосплавных материалов, которые должны обладать увеличенной адгезией твердосплавного покрытия с основным материалом шарошки и отличаться повышенной ударостойкостью.

Аналогично первому типу износа, износ второго типа также возникает при перекачивании зубьев долота по забою, с первоначальным разрушением твердосплавного покрытия. Протекает такой износ по экспоненциальной зависимости. Это происходит как по причине потери армирующего покрытия тела шарошек, так, в основном, вследствие усталостного разрушения основного материала шарошек долота у основания стальных зубьев. Наблюдается получение такого износа при работе в особо тяжелых условиях, например, при бурении мягких и мягко-средних горных пород с ва-

лунно-галечными включениями, трещиноватых пород, переслаивании пород различной твердости. Такой тип износа встречается значительно реже, но именно он, зачастую, является причиной проведения незапланированных спускоподъемных операций при бурении. Характеризуется резким и стремительным падением механической скорости проходки за счет первичного слома зубьев, кратным увеличением нагрузки на близлежащие зубья. Подбор режимов бурения не приводит к восстановлению значений механической скорости проходки. Шарошечные долота с данным типом износа представлены на рис. 3 [5,6].



Рис. 3. Износ стального вооружения группы 2

Анализ причин вывода из эксплуатации шарошечных долот с выделением групп показал основные направления, в которых присутствует опережающий износ, в частности опережающий износ стального вооружения шарошечных долот первого класса. Детализация износа стального вооружения, на основе описания характера износа, позволяет разрабатывать конструктивные и технико-технологические решения с наибольшей эффективностью для конкретных типов шарошечных долот.

Список литературы

1. Ясашин В.А. Конструкторские и технологические методы повышения эффективности работы буровых шарошечных долот большого диаметра: дис. докт. техн. наук. – Москва, 2009. – 219 с.
2. Симонянц, С.Л. О выборе рациональных типов буровых долот / С.Л. Симонянц, М.С. Салихов. // Вестник Ассоциации буровых подрядчиков. — 2010. — № 3. — 17 с.
3. Любимов Н.И. Принципы классификации и эффективного разрушения горных пород при разведочном бурении. – М.: Недра, 1967 – 317 с.
4. Рассмотрение методов повышения ресурса вооружения шарошечных долот / К.Р. Валямов, В.В. Мыкалкин / Международная научно-техническая конференция «Современные проблемы нефтегазового оборудования» / сборник трудов международной научно-технической конференции – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2019, 64 - 68 с.
5. Актуальность оценки износа шарошечных долот при бурении нефтяных и газовых скважин / К.Р. Валямов / Научно-практическая конференция «Актуальные проблемы и инновации в области строительства и ремонта скважин»: сборник тезисов докладов – Бугульма: Институт ТатНИПИНефть, 2022. – 44 – 45 с.
6. Влияние режимных параметров бурения на показатели отработки шарошечных долот / К.Р. Валямов, И.С. Гуряев / Международная научно – практическая конференция, посвященная 90-летию начала добычи первой башкирской нефти: Сборник трудов – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2022. – 274 - 275 с.

References

1. Yasashin V.A. *Konstruktorskie i tekhnologicheskie metody povysheniya effektivnosti raboty burovyyh sharoshechnyyh dolot bol'shogo diametra* [Engineering and process methods to improve operating efficiency of large-size rolling drill bits]. Doctoral thesis. Moscow, 2009, 219 p. (in Russian)
2. Simonyants S.L., Salikhov M.S. *O vybore racionalnykh tipov burovyyh dolot* [On selection of efficient types of drill bits]. Bulletin of Drilling Contractors Association. 2010, No.3, 17 p. (in Russian)
3. Lyubimov N.I. *Principy klassifikatsii i effektivnogo razrusheniya gornyyh porod pri razvedochnom burenii* [Principles of rock classification and efficient rock failure during exploratory drilling]. Moscow, Nedra Publ., 1967, 317 p (in Russian)
4. Valyamov K.R., Mykalkin V.V. *Rassmotrenie metodov povysheniya resursa vooruzheniya sharoshechnyyh dolot* [Reviewing methods to improve cutting structure lifetime of rolling drill bits]. Proceedings of International Conference “Current issues of oil and gas equipment”. Ufa, UGNTU Publ., 2019, pp. 64 - 68 (in Russian)
5. Valyamov K.R. *Aktualnost ocenki iznosa sharoshechnyyh dolot pri burenii neftyanyh i gazovyh skvazhin* [Relevance of evaluating rolling drill bit wear during oil and gas well drilling]. Proceedings of Scientific Conference “Current issues and innovations in well drilling and servicing”. Bugulma, TatNIPIneft Institute, 2022, pp. 44 - 45 (in Russian)
6. Valyamov K.R., Guryaev I.S. *Vliyanie rezhimnykh parametrov bureniya na pokazateli otrabotki sharoshechnyyh dolot* [Effect of drilling operation conditions on rolling drill bit wear]. Proceedings of International Conference dedicated to 90-th anniversary of Bashkirian oil production. Ufa, UGNTU Publ., 2022, pp. 274 - 275 (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, д.т.н., 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» Ltd
4/1, Yubileynaya st., Ufa, 450029, Russian Federation
E-mail: karimrus@gmail.com

G.G. Ishbayev, DSc, Prof., CEO, «Burintekh» Ltd
4/1, Yubileynaya st., Ufa, 450029, Russian Federation
E-mail: bit@burinteh.com

Статья поступила в редакцию 05.02.2024
Принята к публикации 21.03.2024
Опубликована 30.03.2024