

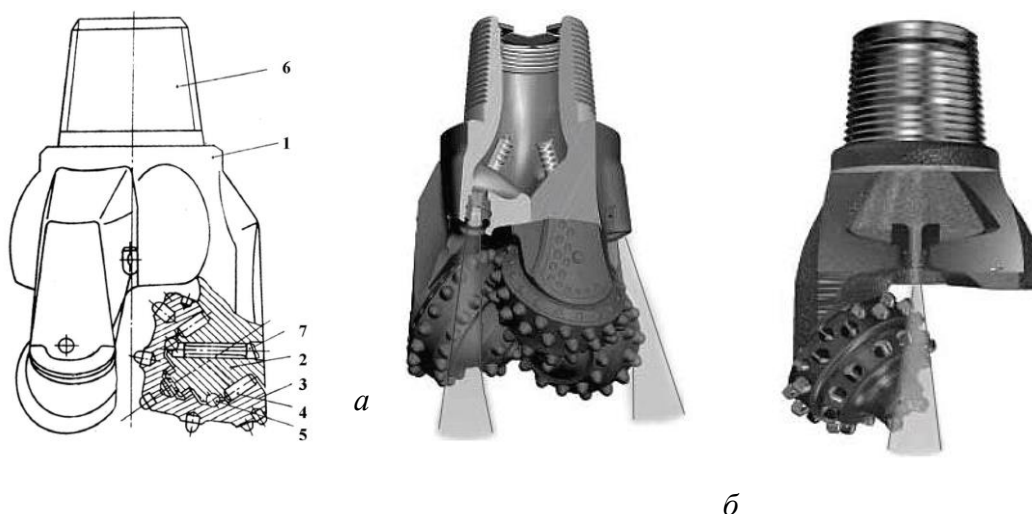
Современное Состояние Применяемые Трехшарошечных Долот При Бурения Скважин

*Ашуров Бобиржон Набижонович¹, Комилов Толиб Олимович²,
Каримов Маъруф Ихтиёрович³*

Основным породоразрушающим инструментом, которым в настоящее время бурится свыше 80 % скважин на открытых горных работах, являются шарошечные долота. Шарошечные долота представляют собой наиболее универсальный породоразрушающий буровой инструмент, поскольку область его применения охватывает практически все многообразие горных пород: от очень мягких до очень крепких. Согласно ГОСТ 20692-2003 долота изготавливают следующих видов: I – одношарошечные; II – двухшарошечные; III – трехшарошечные. Существуют многошарошечные долота для бурения скважин диаметром 600 мм и более.

Наибольшее распространение получили трехшарошечные долота (рис. 1). Это объясняется тем, что их конструкция отвечает наилучшим образом двум основным требованиям: прочность опорного узла шарошки и устойчивость бурового става с шарошечным долотом на поверхности забоя скважины. Долота изготавливаются посредством сварки трех штампованных лап 2, на цапфах 4 которых смонтированы свободно вращающиеся шарошки 5. Опоры шарошек снабжены роликами 6 и шариками 7. Наружные поверхности шарошек оснащены зубцами различных типов, называемыми вооружением шарошек. Верхняя часть 1 долота выполнена в виде конуса и имеет стандартную замковую коническую резьбу для соединения со штангой бурового става.

Все шарошечные долота в качестве одной из опор имеют шариковую опору 7, которая служит для фиксации шарошки на цапфе. Шарики заводятся в кольцевую проточку через специальный канал, закрываемый затем пальцем 3 и завариваемый. Для подачи сжатого воздуха на забой скважины с целью ее очистки от продуктов разрушения в хвостовике и лапах долота имеются каналы. Для бурения взрывных скважин на карьерах применяют долота с продувкой. По расположению и конструкции продувочных узлов (каналов) долота для открытых горных работ изготавливают центральной продувкой – II (рис. 1, б); боковой продувкой – III (рис., 1а).



¹ PhD, и.о. доцент Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова

² PhD, и.о. доцент Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова

³ PhD, и.о. доцент Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова



Рис. 1. Трехшарошечное долото.о Способы продувки: *а* – боковая; *б* – центральная

У долот с центральной продувкой основная часть воздуха непосредственно направляется на забой скважины. Однако в последнее время преимущественное распространение получают долота с боковой продувкой,

у которых воздух из центрального канала поступает к соплам, направляющим воздушные струи на зубья шарошек, что способствует их очистке и охлаждению. Часть воздуха (от 5 до 25 %) поступает в каналы лап и цапфы подводится к опорам шарошек для их охлаждения, смазки и предотвращения попадания в опоры буровой пыли и воды. Воздушные потоки в долоте с центральной продувкой показаны на рис.2.2. Основная часть воздуха (75–95 %) поступает через центральный канал *1* или сопла на очистку скважины и зубьев шарошек, а поступающий через каналы *2* в опоры шарошек воздух выходит в скважину через зазоры *3* между шарошкой и лапой. При бурении обводненных пород стойкость шарошечных долот резко снижается из-за попадания воды и частиц буровой мелочи в опоры через продувные каналы при прекращении продувки во время наращивания штанг, поэтому используют обратные клапаны, обеспечивающие увеличение стойкости долот в этих условиях в 1,5–2 раза. Наилучшие результаты показал клапан КОП-2 (рис. 2.3) конструкции ВНИИБТ. Клапан *1* устанавливается в продувочном канале долота *2*. Его подпружиненные створки *3*, отжимаясь внутрь клапана, пропускают воздух к забою. При прекращении продувки створки клапана препятствуют поступлению воды к опорам через каналы *4*.

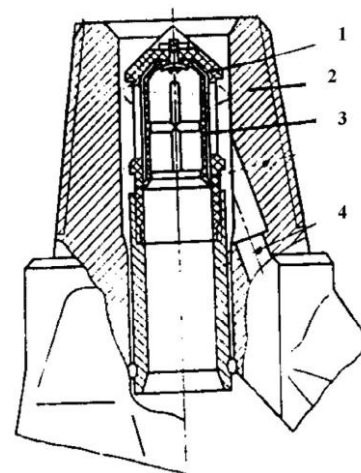
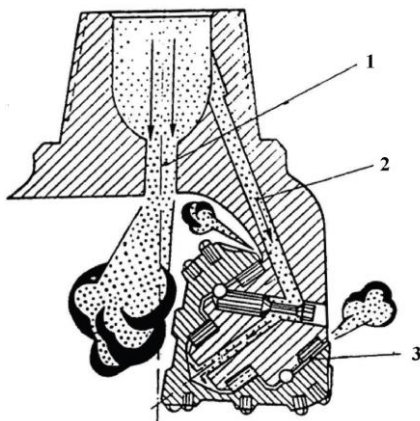


Рис. 2.2. Схема продувки опор шарошек Рис. 2.3. Клапан КОП -2

Долговечность шарошечного долота во многом зависит от стойкости подшипниковых опор шарошек. Опоры шарошек согласно ГОСТ 20692–2003 изготавливают: 1) на подшипниках с телами качения и одним или более упорных подшипниках скольжения или без упорных подшипников скольжения – В; 2) – подшипниках с телами качения и одним или более упорных подшипниках скольжения и герметизацией опоры – ВУ; 3) – одним радиальным и одним или более упорных подшипниках скольжения (остальные подшипники с телами качения) – Н; 4) – одним радиальным и одним или более упорных подшипниках скольжения (остальные подшипники с телами качения) и герметизацией опоры – НУ; 5) – двух или более радиальных подшипниках скольжения с одним или более упорным подшипником скольжения – А; 6) – двух или более радиальных подшипниках скольжения с одним или более упорным подшипником скольжения и герметизацией опоры – АУ.

Это приводит к преждевременному износу долота по диаметру, а также является причиной вибрации при бурении, приводящей к более интенсивному искривлению скважины, чем при бурении трехшарошечными долотами.



Шарошка выполняется с продольными вырезами на наружной поверхности, способствующими лучшей промывке долота, и оснащается вставными твердосплавными зубьями (BK8BK, BK11BK).

2.2 Обоснование эффективности применения буровых долот при проводке скважины

Известно, что с ростом глубины бурения снижаются их технико-экономические показатели. Для бурения скважин алмазные долота стали применять очень часто. Для различных пород и размеров ствола скважины применяют соответствующие долота, которые в данных условиях дают наибольшую скорость бурения. Зарубежными фирмами выпускаются множество конструкций, типов, модификаций и размеров долот. Известно, свыше 40 зарубежных объединений, фирм и корпораций занимающихся изготовлением буровых долот. Около половины этих компаний специализированы на выпуске шарошечных долот. Половина из числа зарубежных фирм, производящих шарошечные долота, находятся в США. Наиболее известные из них «Baker Hughes», «Smith International», «Security», «Reed-Hycalog» и др. Зарубежными фирмами выпускаются гидромониторные и безпорные долота типа PDC. В отличие от обычных шарошечных долот, у которых струя промывочной жидкости направлена непосредственно на шарошки, в гидромониторных и PDC долотах струя проходит мимо шарошек и направлена прямо на забой, с большой скоростью (80-100 м/с). Применение подобных долот позволило несколько изменить и режим бурения, главным образом увеличить осевую нагрузку в результате хорошей очистки забоя.

Как правило, алмазы располагаются в один слой только для армирования поверхностей, соприкасающихся с разбуриваемой породой. Такие долота называются однослойными. При этом используют алмазы размером 2-3мм. При использовании мелких зерен (до 1000 зерен на карат) их размещают в поверхностном слое матрицы толщиной 5-6мм. Такие долота называют импрегнированными.

Высокая стойкость алмазного долота, по сравнению с шарошечными долотами, в соответствующих геологических условиях обеспечивает в десятки раз больше проходки за один рейс при относительно низких осевых нагрузках и удовлетворительной скорости механического бурения. При алмазном бурении наблюдается значительное снижение аварий, что объясняется с одной стороны, непрерывностью бурения, а с другой стороны сравнительно небольшой осевой нагрузкой. Для изучения эффективности алмазных долот и сравнения их с шарошечными долотами был проведен анализ состояния отработки долот в разных скважинах при одинаковых условиях бурения.

Обобщающим критерием оценки эффективности работы шарошечных и PDC долот приняты рейсовая скорость проходки и эксплуатационные затраты на 1м проходки, позволяющие учесть не только проходку за рейс и скорость механического бурения, но и стоимость одного часа работы буровой установки по затратам, зависящим от времени её работы, а также стоимость долот.

Эффективность работы долота также оценивается по стоимости метра проходки и считается лучшим то долото, которое дает минимальную стоимость метра проходки. При определении метра проходки необходимо принимать во внимание время затрачиваемое на подготовительно-заключительную работу.

По «Baker Hughes», «Smith International», «Reed Hycalog» эффективность долота определяется по формуле:

$$C=C_g+C_b(T_{сп}+T_{бур})/h, (6)$$

где C_g – стоимость долота, долл; C_b -сметная стоимость одного часа работы буровой установки, зависящей от времени, долл; $T_{сп}$ – продолжительность СПО, ч; $T_{бур}$ – время механического бурения, ч; h – проходка за рейс, м.



Рациональной конструкцией или типом долота данного размера является такая конструкция или такой тип, который при бурении конкретных геолого-технических условиях обеспечивает минимум эксплуатационных затрат на 1м проходки.

Работы по выбору рациональных конструкций (типов) долот по указанной методике проводятся в три стадии.

Первая стадия включает в себя: изучение геологического разреза для определения условий работы долот; изучение и анализ показателей работы долот на основе сбора и обобщения фактической промысловой информации о работе ранее применявшихся конструкций (типов) долот и режимов бурения.

Вторая стадия работ состоит из: обоснования и выбора конструкции скважин, стратиграфических пачек, интервалов глубин залегания и комплексов пород для проведения исследований; обоснование типов и конструкций долот для проведения экспериментальных исследований по интервально или по стратиграфическим пачкам пород.

Третьей стадией работ является выработка рекомендаций на основе экспериментальных работ по выбору рациональных типов долот и наиболее эффективных режимов бурения для аналогичных условий скважин.

Анализ работы долот, использованных при бурении геологоразведочного скважин на площади Бозбичкон показывает, что в интервале 974 - 1253 м проходка на долото составила 279м, но с глубины 1253м проходка на долото уменьшилась: Интервал 1253-2220 м был пробурен зарубежными долотами в количестве 6 штук типа 295,3 мм FS 16065 DHIU дав общую проходку в 967м в режиме бурения, где осевая нагрузка на долото 3-5 т, частота вращения долота до 80-100 об/мин, при расходе раствора равным 42 л/с.

Бурение производилось роторным способом, частота вращения которого составляла в среднем 40-100 об/мин. Были попытки увеличить скорость вращения колонны до 140 об/мин, но особых изменений в скоростях проходки не было замечено, усилилась вибрация инструмента, бурового оборудования.

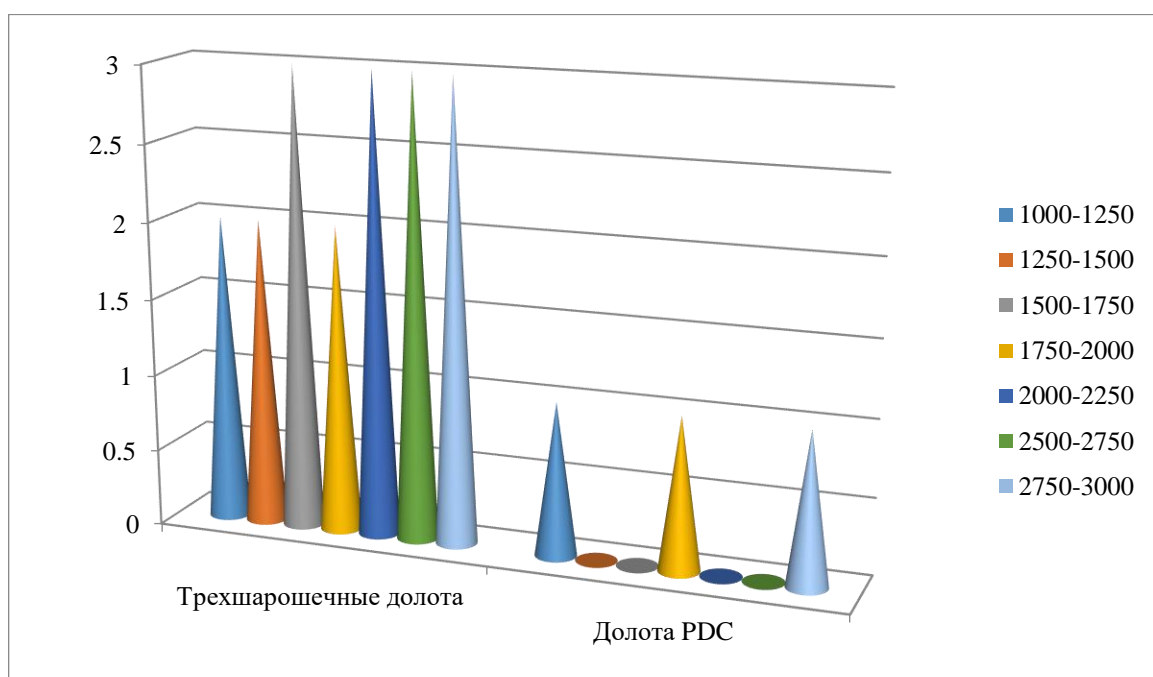


Рисунок 2.6. Количество использованных долот в интервале 1000-3000 при геологоразведочных бурения



Одной из основных причин низких показателей в бурении скважин является небольшая стойкость и проходка на долото. Вследствие этого на указанных скважинах, где использовались трёхшарошечные долота, выполнено 135-140 рейсов.

На площади Эрناзар, бурение скважины № 6 в интервале 1000-3000м был применен алмазное долото типа PDC размером 295,3мм типа S323. Проходка на это долото составило 2013м. На скважине № 136 площади Шуртан в этих же интервалах, при одинаковых геологических разрезах и режимах бурения PDC долото типа S1903 дало проходку 1894м. Аналогичные показатели примененных PDC долот и на площади Чегара.

Из графика (рис. 7) видно, что во всех интервалах бурения начиная от 1000м до 3000м лучшие средние показатели проходки на долото дали PDC долота по сравнению с такими типами трёхшарошечных долот, как Kingdream, CPTDC, FD 388 MH, МЦГВУ, FS 16065 DHIU, МСГАУ, ЕНР, FD 257 SM, SKH, МГАУ, AVL21Т6, ВБМ, SKG, MSTX и M05GFP использованными при одинаковых геологических разрезах в разных скважинах.

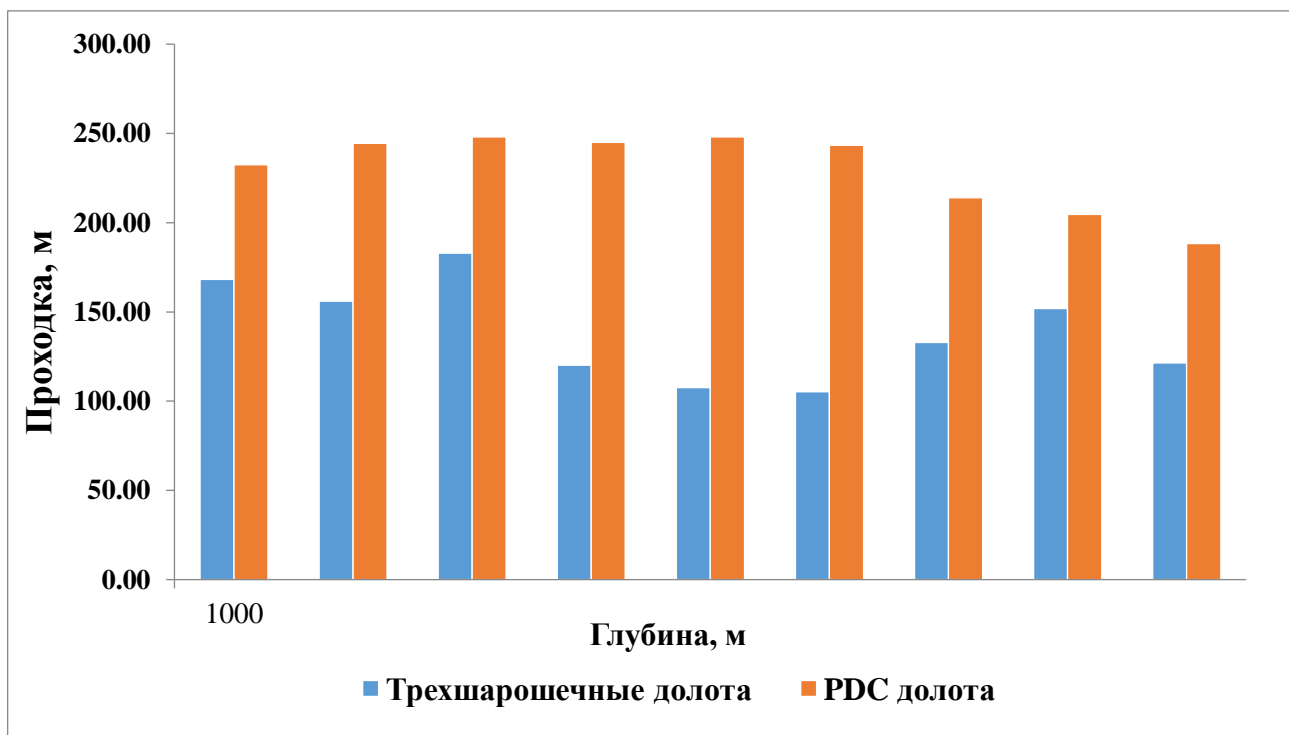


Рис. 2.1 График зависимости средней проходки на долото от глубины скважины

Для проведения анализа результатов отработки долот геологический разрез был расчленен на интервалы по 250м, поскольку разбивка по стратиграфическим пачкам невозможна. Из этого анализа также можно увидеть показатели долот разных типов при бурении одного и того же интервала.

Для определения оптимальных режимов, приводящих к лучшим технико-экономическим показателям бурения, предлагалось несколько критериев: максимум проходки за рейс, коммерческой скорости, скорости механического бурения (V_M) и минимум стоимости проходки (C). Наиболее удобными являются $V_M > \max$ и $C > \min$.

2.3. Общие сведения и анализ эксплуатация породоразрушающих инструментов в Республике

Уже около 60 лет в нашей Республике, как и в других республиках бывшего Союза, все технологии бурения, в т. ч. и алмазного, построены на базе технологических рецептов.

Главная причина не подтверждений – недостаточная объективность рекомендуемых параметров технологического режима бурения для наших конкретных условий поисков и разведки рудных месторождений. По опыту и на практике бурение скважин процесс углубки сопровождаются



различными характерными видами износа; наиболее распространенные заполирование алмазов, потери диаметров, сильное обнажение алмазов и др.

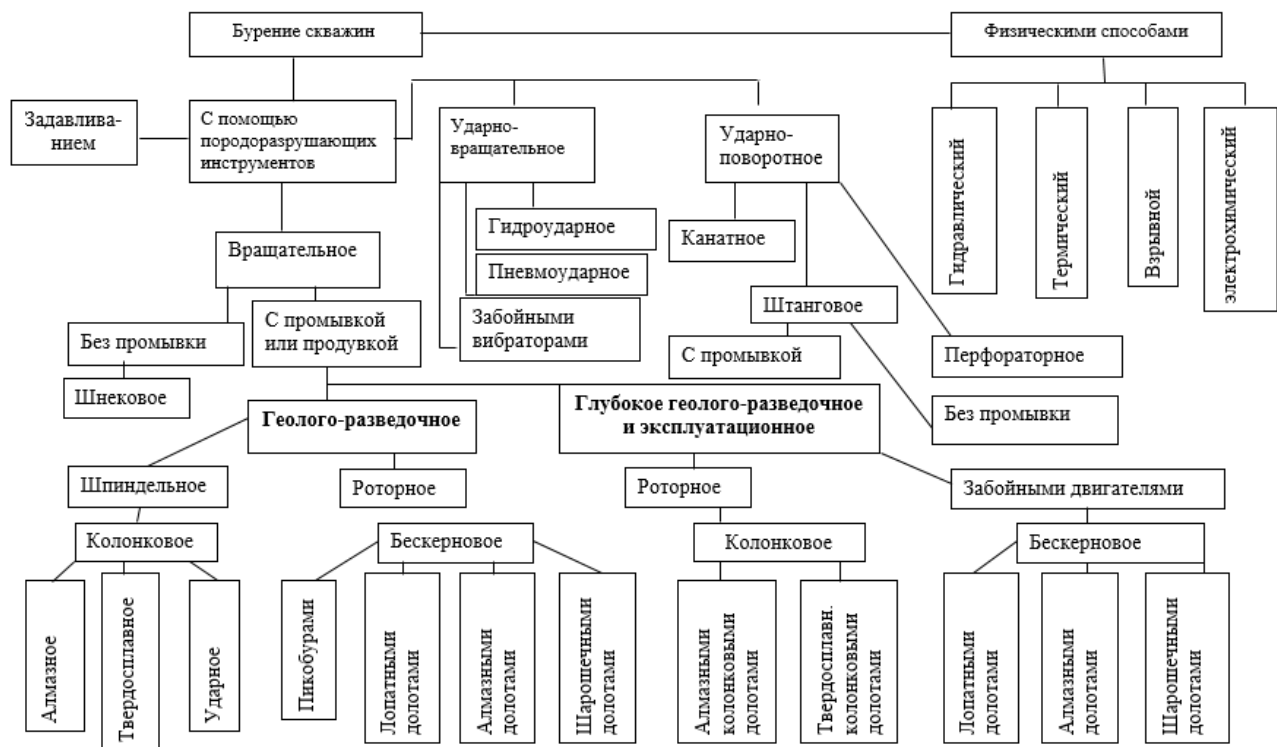


Рис.2.8. Общая схема обоснованного выбора общепринятой технологии

Таблица 2.1 Рекомендации общепринятой технологии по выбору породоразрушающего инструмента по показателю r_m

Параметры коронки	Группа пород по твердости; категория пород по буримости (объединенный показатель r_m)									
	I; XI-XII (51,0-112,0)			II; VIII-X (15,0-51,0)			III; VI-VII(6,8 - 15,0)		IV; IV-V (3,0-6,8)	
	Группа пород по трещиноватости (удельная кусковатость K_u , шт./м)									
	1-2 (1-10)	3(11-30)	4-5(>31)	1-2 \geq (1-10)	3 \geq (11-30)	4-5(\geq 31)	1-2 (1-10)	3-5(\geq 11)	1-2 (1-10)	3-5(\geq 11)
Размер алмазов шт./кар.	400-120	300-150	150-120	150-120 90-60 50-30	90-60	90-40	20-12 12-8	30-12	12-8	
Качество алмазов (резцов)	Полированные, дробленые, овализованные		Овализованные, дробленные	Дробленые, полированные		Полированные, овализованные	Дробленные, и из сверхтвердых материалов		Из сверхтвердых материалов	
Выпуск алмазов, % от их диаметра	5-10			5-10 до 25						
Толщина матрицы, мм.	6,0-7,0 до 15			6,0-8,5		10,0-15,0	6,0-8,5 (утолщенная для специализированного инструмента)			
Твердость матрицы	20-50			20-40				20-25		
Возможный рекомендуемый тип породоразрушающего инструмента	02ИЗ, 02И4, 03И5, И4ДП, тонкостенные		11ИЗ, КДТ-0, КДТ-4И	И4ДП, 02ИЗ, А4ДП, 01А3, 01А4, 05А3, 07А3		14А3, 10А3, 11А3, КДТ-УТ, К КДТ-2/0 КДТ-2/0, КДТ-4А	04А3, 07А3, 15А3, 16А3, (КДТ-2, КДТ-4А) 16А3СВ		16А3, 16А3СВ	



Таблица 2.2 Классификация горных пород по физико-механическим свойствам и степени трещиноватости, по общепринятой технологии

Группа пород	Характеристика пород	Породы	Физико-механические свойства пород				Группа трещиноватости
			Динамическая прочность F_d	Коэфф. абразивности $K_{абр}$	Объед. показатель буримости ρ_m	Категория по буримости	
I	В высшей степени твердые	Кремнистые породы, песчаники, роговики, сланцы кремнистые, кварц плотный	15,0-30,0	2,1-2,6	51-115	X-XIII	1-3
II	Очень твердые	Кварциты, порфиры, гранодиориты, сланцы, слюдисто-кварцевые, углеродисто-кремнистые, кварц, песчаники кремнистые, кварц жильный, окварцованный алевролит	10,0-15,0	1,5-2,0	21-50	IX-X	2-4
III	Средней твердости	Доломиты, алевролиты, сланцы графитизированные	4,0-7,0	0,8-1,0	8-10	VII-VIII	3-5

Литературы

1. Постановление Президента Республики Узбекистан № ПП-4124 от 17.01.2019 года “О мерах по дальнейшему совершенствованию деятельности предприятий горно-металлургической отрасли”
2. Ш.М.Мирзиеев. Доклад Президента Республики Узбекистан по обсуждению Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы и ее реализации в текущем 2022 году.
3. Техника, технология и опыт бурения скважин на карьерах / под ред. В.А. Перетолчина. М.: Недра, 1993. 286 с.
4. Гольдштейн М.И., Грачев С.В., Векслер Ю.Г. Специальные стали: учебник для вузов. М.: Metallurgia, 1985. 408 с.
5. Шигин А.О., Гилев А.В. Методика расчета усталостной прочности как основного фактора стойкости шарошечных долот / Вестник Иркутского государственного технического университета. 2012. №3. С.22–27.



6. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: в 3 т. Т.2: 8-е изд., перераб. и доп. Под ред. И.Н. Жестковой. М.: Машиностроение, 2001. 912 с.
7. Буровое оборудование: учебное пособие / В.Г. Крец, Л.А. Саруев и др.; Томский политехнический университет. Томск: Изд-во Томского политехн. ун-та, 2011. 121 с.
8. Шигин А.О. Адаптивный вращательно-подающий механизм бурового станка для снижения непрогнозируемых нагрузок при бурении сложноструктурных пород // Горный журнал. 2013. №7. С. 79–83.
9. Шигин А.О. Основные принципы адаптивной системы подачи рабочих органов буровых станков // Вестник машиностроения. 2011. №5. 3 с.
10. Подэрни Р.Ю. Горные машины и комплексы для открытых работ: учеб. пособие. 4-е изд. М.: Изд-во МГГУ. 2001. 422 с.
11. Перспективы эффективного применения станков вращательного бурения в сложных горно-геологических и суровых климатических условиях карьеров Сибири и Севера / Н.Н. Страбыкин [и др.] // Горное оборудование и электромеханика. 2008. №12. С.11–16.

