

УДК 622.233.6:622.271.3

Грицаенко А.Ю., соискатель

Научные руководители: Кононыхин С.В., к.т.н., доцент;

Борщевский С.В., д.т.н., профессор;

Кононыхин С.В., к.т.н., доцент,

Купенко И.В., к.т.н., профессор,

Донецкий национальный технический университет

К ВОПРОСУ ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ БУРЕНИЯ ШПУРОВ И СКВАЖИН МАЛОГО ДИАМЕТРА

В данной статье рассмотрены конструкция и принцип работы, приведены результаты испытаний одношарошечного долота. Указанное долото позволяет передавать осевое усилие непосредственно на шарошку, а вертикально установленная цапфа используется как точка опоры для шарошки и помогает преобразовать момент вращения корпуса долота вокруг оси скважины в момент воздействия зубков шарошки в другой плоскости и создать разрушающее воздействие на забой [1–3].

Указанное долото, реализует «двухпорный» способ работы. На рис. 1,а и рис. 1,б показана принципиальная схема работы такого долота. В долоте (см. рис. 1,а) имеется два вида контактирующих поверхностей: плоские поверхности между корпусом 1 с наклонной торцевой поверхностью 2 и торцевой поверхностью 3 шарошки 6; сферические поверхности между наружной поверхностью вертикальной цапфы 5 и внутренней поверхностью шарошки 6. Долото работает следующим образом. Осевое усилие от корпуса 1 через его наклонную торцевую поверхность 2 передаётся непосредственно на торцевую часть 3 шарошки 6. Вертикально установленная в корпусе цапфа 5 используется как точка опоры корпуса для шарошки, способствующая преобразованию момента вращения корпуса долота в момент воздействия зубков 7 шарошки в другой плоскости и позволяющая создать разрушающее воздействие на забой. В шарошку 4 вкручена муфта 6 с наружной резьбой и внутренней сферической поверхностью, которая удерживает шарошку на сферической поверхности цапфы 5. Шарошка армирована твердосплавными зубками 7.

Усилие подачи $P_{\text{под}}$ передается через наклонную торцевую поверхность корпуса долота 2 на торцевую часть 3 полусферической шарошки 6 и зубками 7 на поверхность забоя. Зубки 7 силами сопротивления породы забоя P_1 , P_2 , и P_3 удерживают шарошку от вращения с корпусом долота при его вращении. К корпусу долота 1 прикладывается крутящий момент, который своей скошенной торцевой поверхностью воздействует на торцевую поверхность шарошки по линии АВ. Крутящий момент можно представить как произведение силы $F_{\text{кр.}}$ на плечо АО₁, $M_{\text{кр.}} = F_{\text{кр.}} \cdot AO_1$. Силу $F_{\text{кр.}}$ можно разложить на две составляющие F_1 перпендикулярно наклонной торцевой

поверхности шарошки вдоль нее: F_1 и F_2 . Шарошка удерживается от смещения вдоль наклонной торцевой поверхности корпуса своей сферической поверхностью, контактирующей со сферической поверхностью на цапфе с центром в точке O_1 . Действие силы F_1 (плечо AO_1) создает момент воздействия шарошки на забой который перераспределяется зубками, в точках C_1, C_2, C_3 на его поверхность $M_{zi} = \sum F_{1i} \cdot C_1 O_1$. При повороте корпуса долота усилие F_1 из точки А перемещается в точку A_1 (рис. 1, б). При этом создаётся дополнительный момент воздействия зубков на поверхность забоя от их перекатывания по поверхности забоя шпура $M_{пер.} = P_{под} \cdot P_2 P_3$.

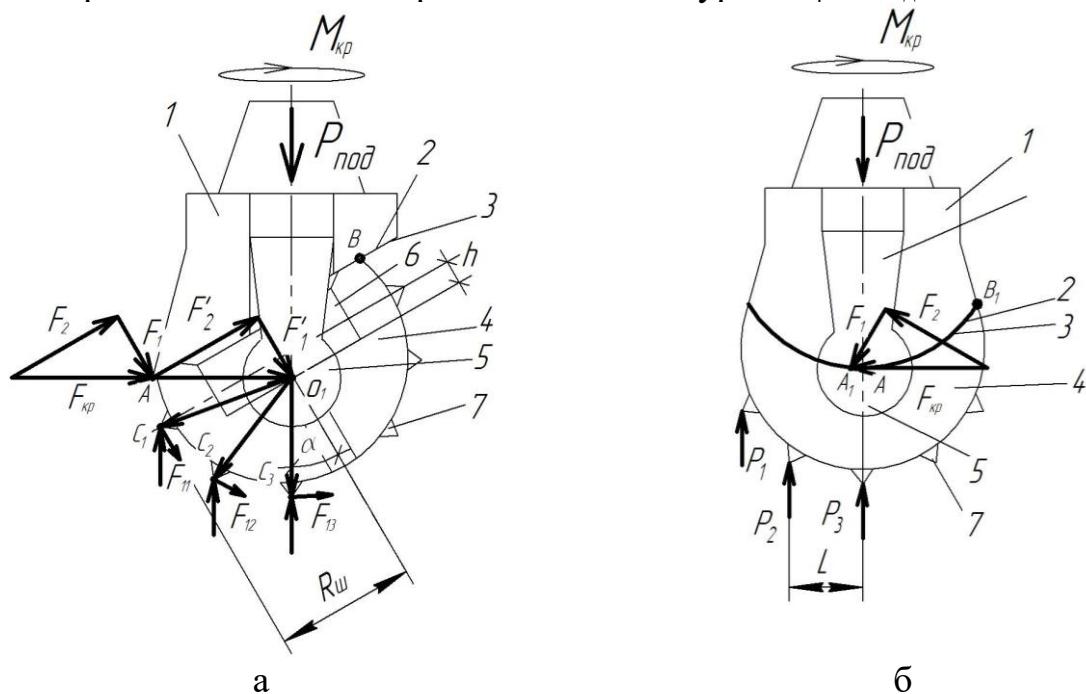
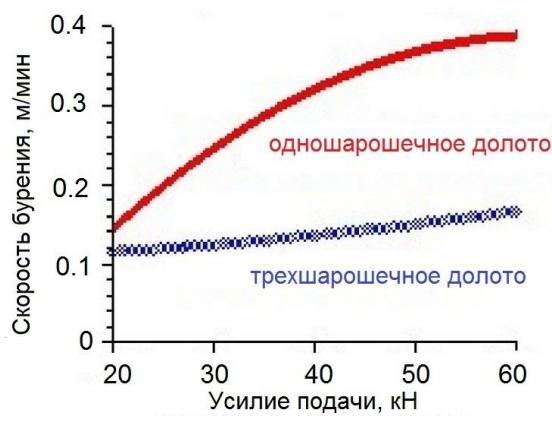


Рис. 1. Буровое долото с вертикальной цапфой:
а – вид спереди; б – вид сбоку

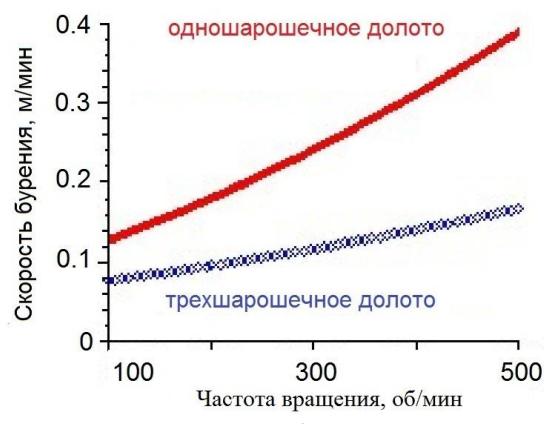
Экспериментальные исследования эффективности долот двух конструкций проводились на буровом стенде с использованием долота с вертикальной цапфой (рассмотренного выше) диаметром 76 мм и трехшарошечным долотом Ш-76. Бурение производилось по породам с коэффициентом крепости по шкале проф. М.М. Протодьяконова $f=8$. В ходе реализации двухфакторного эксперимента фиксировались различные технологические и динамические показатели. Механическая скорость бурения определялась путем замера длины участка скважины, пробуренной в породном блоке, и времени, расходуемого на бурение. Также определялись затрачиваемая мощность, энергоемкость бурения, дисперсия колебаний долота. Частота продольных колебаний первой гармоники определялась путем анализа полученных осциллографов.

На рис. 2,а – рис. 7,а показаны графики зависимости скорости бурения одно- и трехшарошечным долотами, углублений долот за один оборот, потребляемой мощности при бурении каждым из долот, энергоемкости бурения, момента на долотах, дисперсии и частоты продольных колебаний

долот от усилия подачи при одинаковой частоте вращения долот ($\omega = 300$ об/мин.) Усилие подачи изменялось от 20 кН до 60 кН. На рис. 2,б – рис. 7,б показаны зависимости тех же параметров от частоты вращения долот при фиксированном усилии подачи.

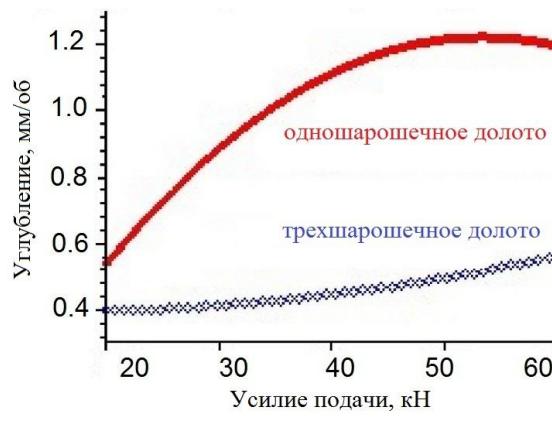


а

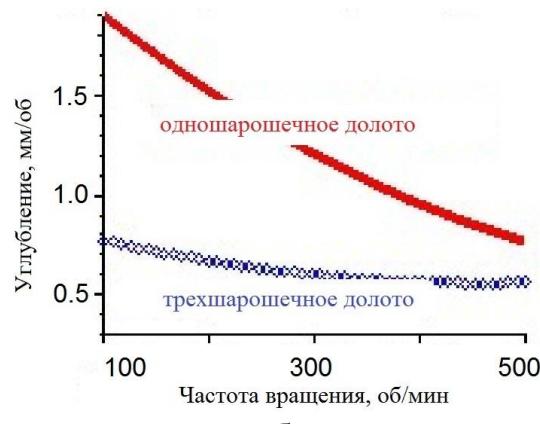


б

Рис. 2. Зависимость скорости бурения от
а – усилия подачи; б – частоты вращения

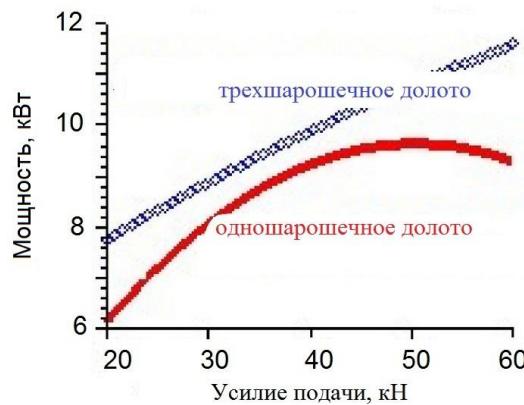


а

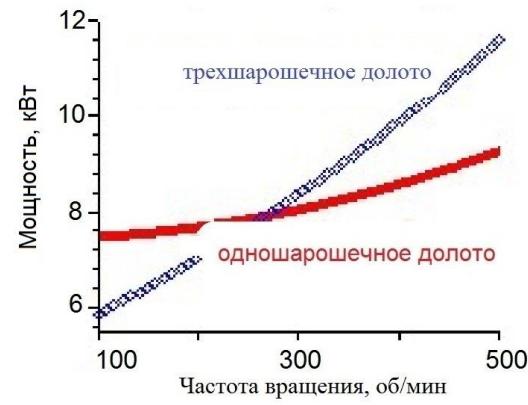


б

Рис. 3. Зависимость углубления от
а – усилия подачи; б – частоты вращения



а



б

Рис. 4. Зависимость мощности от

а – усилия подачи; б – частоты вращения

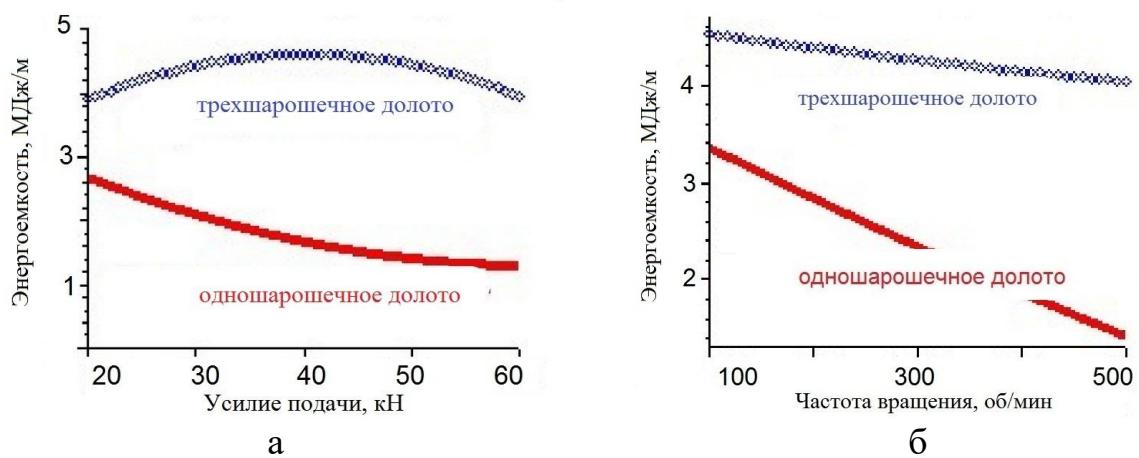


Рис. 5. Зависимость энергоемкости от
а – усилия подачи; б – частоты вращения

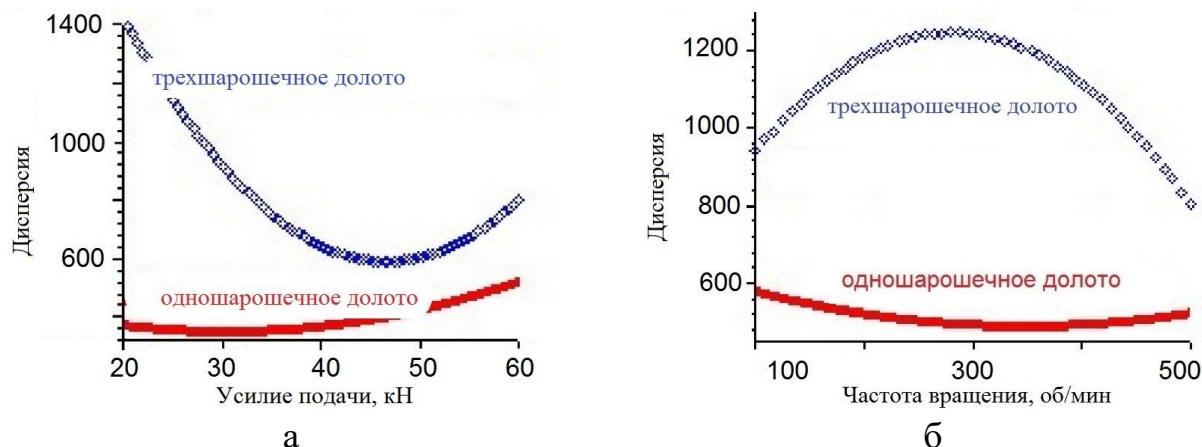


Рис. 6. Зависимость дисперсии от
а – усилия подачи; б – частоты вращения

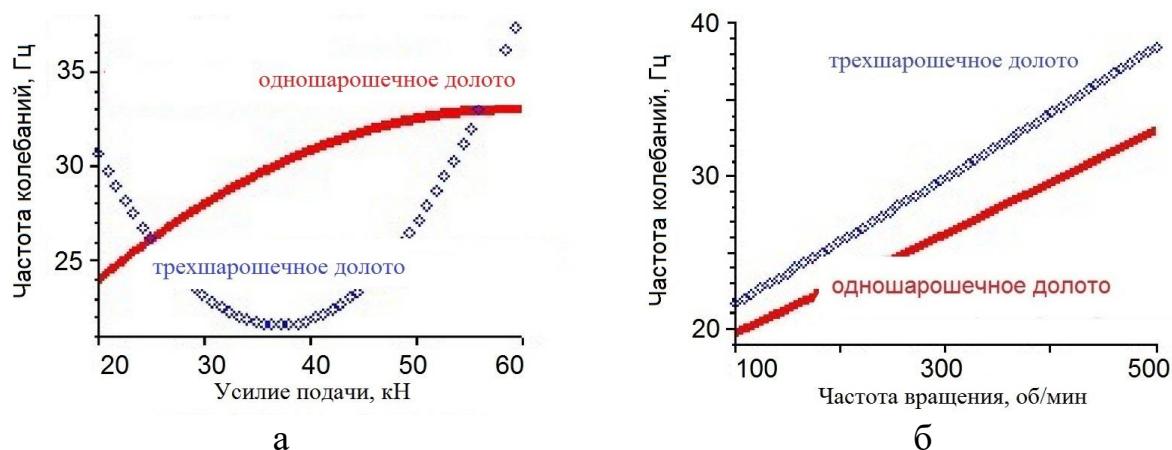


Рис. 7. Зависимость частоты колебаний от
а – усилия подачи; б – частоты вращения

На основании анализа данных рис. 2 – рис. 7 установлено, что одношарошечное долото показало более высокую эффективность по сравнению с трехшарошечным: скорость бурения оказалась выше в 1,9 раза; энергоёмкость бурения снизилась в 2 раза, а дисперсии продольных колебаний – в 20 раз. При этом потребляемая мощность, энергоёмкость бурения, момент вращения, углубление за один оборот, частота колебаний бурового става были приблизительно одинаковыми.

Полученные результаты можно использовать для разработки бурового долота для бурения шпуров малого диаметра с формированием ударных импульсов непосредственно на забое. Положительным моментом нового способа можно считать увеличение рабочей поверхности забоя в 3,14 раза за счёт перехода от плоской поверхности забоя к сферической.

Список литературы:

1. А. с. № 859 588 СССР. Одношарошечное долото / Харлашкин К.Н., Кононыхин С.В., Манакин А.П., [и др.]. Опубл. 1981. Бюл. № 32. – URL: <http://patents.su/2-859588-odnosharoshechnoe-doloto.html> (дата обращения: 15.03.2020).
2. Грицаенко А.Ю. Исследование эффективности разрушения горной породы при бурении / А.Ю. Грицаенко, С.В. Борщевский, С.В. Кононыхин // Проблемы горного давления. – 2017. – №1 (32). – С. 46–60. – URL: http://pgd.donntu.org/images/archive/32/05_gritsaenko.pdf (дата обращения: 15.03.2020).
3. Грицаенко, А.Ю., Борщевский, С.В., Кононыхин, С.В., Купенко, И.В. Исследование отраженного сигнала, как показателя эффективности разрушения горной породы при бурении // Проблемы недропользования: Сборник научных трудов. Часть I / Санкт-Петербургский горный университет. СПб, 2018. – С. 150–153. (Международный форум-конкурс молодых ученых. 18-20 апреля 2018 г.)