

УДК 622.233

И.А. Жуков

РАЗРАБОТКА ФОРМ УДАРНИКОВ БУРИЛЬНЫХ МАШИН С ВЫПУКЛЫМ УДАРНЫМ ТОРЦОМ

Одной из важнейших характеристик ударных механизмов в бурильных машинах является их долговечность. Форма ударника в таких механизмах выполняется, как правило, в виде тела вращения, ограниченного воспринимающим и ударным торцами. В результате исследований ударников различных форм установлено, что плоские ударные торцы не обеспечивают достаточно эффективного контакта бойка с воспринимающей частью буровой штангой, т.к. соприкосновение ударного торца ударника с волноводом происходит не в его центральной точке. Из-за зазоров в ударных механизмах плоский ударный торец бойка соприкасается с воспринимающим торцом штанги сначала в точке боковой кромки, затем в результате деформации этой кромки и воспринимающего торца волновода площадь контакта постепенно возрастает. Темп возрастания контакта зависит от начального угла между осями бойка и штанги. Поскольку обеспечить стабильность этого угла практически невозможно, невозможно обеспечить и стабильность точки встречи ударного торца бойка с воспринимающим торцом штанги, а, следовательно, и стабильность результатов удара. Более того, при косом ударе в волноводе возникают изгибные волны деформации, снижающие коэффициент передачи энергии бойка обрабатываемой среде, что может также привести к поломке механизма.

Известен боек, содержащий генерирующую поверхность произвольной формы, ограниченную воспринимающим торцом и ударным торцом, выполненным в форме шарового сегмента [1]. Такая конструкция бойка имеет принципиальный недостаток, заключающийся в том, что выполнение ударного торца в виде шарового сегмента приводит к быстрому разрушению как ударяемого тела, так и тела, воспринимающего удар, т.к. контакт соударяющихся тел с закругленными торцами начинается в точке и недостаточно интенсивно переходит в площадку по мере упругого деформирования тел, что приводит к снижению передачи кинетической энергии бойка волноводу.

С целью повышения эффективности передачи кинетической энергии бойка волноводу, согласно [2], ударный торец бойка выполняется по поверхности, образованной вращением вокруг продольной оси бойка укороченной циклоиды (рис. 1, кривая 1). В параметрической форме укороченная циклоида описывается системой уравнений

$$\begin{cases} x = r \cdot (\varphi - \lambda \cdot \sin \varphi), \\ y = r \cdot (1 - \lambda \cdot \cos \varphi), \end{cases} \quad (1)$$

где r – радиус катящегося без скольжения по прямой круга, точка которого описывает циклоиду;

$\lambda = d/r$ – параметр укороченной циклоиды,

d – расстояние от центра круга до точки, описывающей циклоиду.

Тогда радиус кривизны ударного торца бойка будет определяться формулой

$$R = r \cdot \frac{1 + 2\lambda + \lambda^2}{\lambda}. \quad (2)$$

Наиболее целесообразным являются радиусы кривизны в точке контакта соударяющихся тел от 150 до 300 мм. Этим радиусам кривизны удовлетворяют условия $\lambda = 0.3 \dots 0.5$.

Такая форма бойка обеспечивает более интенсивный рост контакта ударяемого торца, имеющего переменную кривизну, при его взаимодействии с волноводом в сравнении с формой ударного торца, выполненного в виде шарового сегмента. Однако такая конструкция ударника имеет недостаток, заключающийся в том, что участок контакта укороченной циклоиды с волноводом мало отличается от окружности, вписанной в циклоиду, что не приводит к высокоэффективной передаче кинетической энергии ударника волноводу.

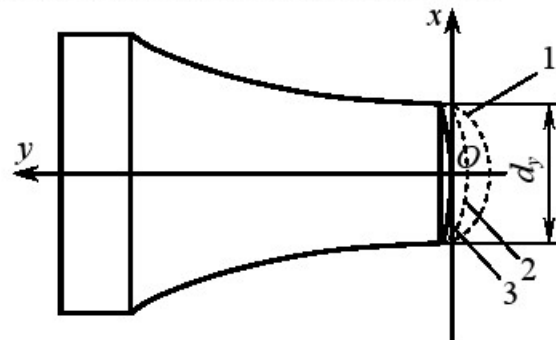


Рис. 1. Ударник бурильной машины с выпуклым ударным торцом

Также выпуклый ударный торец бойка может быть выполнен в виде поверхности, образованной вращением вокруг продольной оси бойка плоской кривой, являющейся частью эллиптической лемнискаты Бута [3] (рис. 1, кривая 2). Плоская алгебраическая кривая 4-го порядка, называемая лемнискатой Бута, описывается уравнением в прямоугольных декартовых координатах в виде

$$(x^2 + y^2)^2 = a^2 \cdot x^2 + b^2 \cdot y^2, \quad (3)$$

где $a^2 = 2m^2 + c$; $b^2 = c - 2m^2$ – коэффициенты эллиптической лемнискаты Бута,

c, m – параметры эллиптической лемнискаты

Бута, причем $c > 2m$.

Отношение коэффициентов a/b принимается равным 0,7 ... 0,8. Однако при приближении значения отношения коэффициентов a/b к 0,7 форма части лемнискаты Бута, используемая для ударной поверхности бойка, мало отличается от формы укороченной циклоиды, что не приводит к интенсивному росту площади контакта ударяемого торца при его взаимодействии с волноводом. А при приближении a/b к 0,8 лемниската в этой части становится вогнутой, что абсолютно недопустимо для конструкций ударников бурильных машин.

Автором предлагается конструкция ударника бурильной машины, содержащего выпуклый ударный торец, обеспечивающий более интенсивный рост площади контакта ударника при его взаимодействии с волноводом, с целью повышения эффективности передачи кинетической энергии ударника волноводу.

Сущность конструкции заключается в том, что в ударнике, содержащем выпуклый ударный торец, последний выполнен в виде поверхности вращения цепной линии – катены вокруг оси симметрии Oy .

На рис. 1 (кривая 3) изображен ударник, содержащий ударный торец, выполненный в виде тела вращения цепной линии 1 вокруг оси симметрии Oy . Из [4] известно уравнение цепной линии

$$y = \frac{a}{2} \left(e^{\frac{x}{a}} + e^{-\frac{x}{a}} \right) - a, \quad (4)$$

где a – параметр цепной линии.

Выполнение торца ударника по поверхности, являющейся поверхностью вращения цепной линии вокруг оси симметрии Oy , позволяет обеспечить при ударе о волновод более интенсивное нарастание площади соприкосновения взаимодействующих элементов. Параметр a выбирается равным $a = (3 \dots 20)d$, где d – диаметр ударного торца бойка. Такое значение выбрано потому, что при $a = 3d$ форма части цепной линии, используемая для ударной поверхности ударника мало отличается от формы части эллиптической лемнискаты Бута; при $a = 20d$ цепная линия становится приближенной к прямой линии.

Очевидно, что площадь контакта ударного торца, выполненного по цепной линии, при его взаимодействии с воспринимающим торцом волновода возрастает гораздо интенсивнее, чем площадь торца, выполненного по эллиптической лемнискате Бута.

Боек [5], изображенный на чертеже, с ударным торцом, образованным вращением вокруг продольной оси бойка цепной линии с параметром $a = (3 \dots 20)d$, работает следующим образом.

Усилие, приложенное к воспринимающему торцу, разгоняет ударник для удара. Кинетическая энергия ударника преобразуется генерирующей частью в продольные колебания, которые передаются в волновод.

Предлагаемая форма ударного торца позволяет увеличить коэффициент передачи кинетической энергии бойка в волновод при сохранении стабильности результатов удара.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванов, К.И. Техника бурения при разработке месторождений полезных ископаемых. Изд. 2, перераб. / К.И. Иванов, М.С. Варич, В.И. Дусев и др. – М.: «Недра», 1974. – 408 с.
2. Патент №2041792, РФ, МПК В25D17/02. Боек / Сибирский металлургический институт, Л.Т. Дворников, Ю.А. Прядко, С.Н. Гудимов. – Оpubл. в Б.И., 1995. – №23.
3. Патент №2137595, РФ, МПК В25D17/02. Ударник бурильной машины / Сибирский государственный индустриальный университет; Л.Т. Дворников, Ю.А. Прядко. – Оpubл. в Б.И., 1999. – №26.
4. Выгодский, М.Я. Справочник по высшей математике. – М.: АСТ: Астрель, 2005. – 994 с.
5. Заявка на изобретение №. Ударник бурильной машины / Сибирский государственный индустриальный университет; И.А. Жуков, Л.Т. Дворников; приоритет от 22.12.2011г.

□ Автор статьи :

Жуков
Иван Алексеевич,
канд. техн. наук, доцент,
зам. зав. кафедрой теории механизмов и машин и основ конструирования СибГИУ (г.Новокузнецк).
Email:zhival@yandex.ru