

процессе бурения, нагнетательного фланца 2, сливного фланца 3, крепления 4 напорного рукава, крепления 5 сливного рукава. Для реализации бурения с прямой промывкой имеется крепление 6 рукава (сменное изделие) для подачи промывочной жидкости от насоса в центральный канал вертлюга-сальника через сливной фланец. В корпусе 7 расположены ствол 8, шпindel 9, корпус 10 подшипника, в котором размещен упорный подшипник 22 и два радиальных подшипника 21. К корпусу болтами 24 прикреплена крышка 12, на которую через корпус 10 подшипника передается вес бурового инструмента.

Со стволом 8 левой резьбой соединяется сменный патрубок 11, расположенный в корпусе 13 сальника, уплотняемый сальниковой набивкой 37, которая с двух сторон удерживается и сжимается грундбуксой 14 и втулкой 16. В центральном канале вертлюга-сальника помещен патрубок 38, который посредством ниппеля 39 соединяется с воздухоудвными трубами. В корпусе имеется масленка 40 для подачи консистентной смазки в подшипниковый узел.

Работа вертлюга осуществляется следующим образом. От компрессора сжатый воздух поступает через напорный рукав 4 и воздухоудвные трубы, присоединенные к ниппелю 39 в перфорированный патрубок, расположенный на глубине 10...15 метров ниже уровня воды в скважине. Воздух, выходя из патрубка во внутреннюю полость в бурильных трубах, поднимается вверх и увлекает промывочную жидкость, которая через ствол 8 поступает в корпус 7 и сливной фланец 3 и затем в рукав 5. Промывочная жидкость увлекается расширяющимся сжатым воздухом и уносит с забоя буровой шлам и куски керна, которые свободно проходят внутри бурильных труб, отверстие в корпусе вертлюга и через рукав 5 уносятся в отстойник.

Комплекс изготовлен Опытным предприятием геологоразведочной техники (Днепропетровск) и используется Харьковской геологоразведочной экспедицией КП "Южукргеология" при бурении скважин на воду.

УДК 622.24.051.64

А.Н. Давиденко, В.Е. Ткаченко, В.Л. Хоменко,
НГУ Украины, г. Днепропетровск

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФОРМЫ ПРОФИЛЯ ТОРЦА ПОРОДОРАЗРУШАЮЩИХ САТЕЛЛИТОВ В АЛМАЗНЫХ ПЛАНЕТАРНЫХ ДОЛОТАХ

З урахуванням розподілу тиску по поверхні породоруйнівних сателітів запропоновано рівняння для визначення рівнозносної форми профілю

торця сателіта в алмазних долотах планетарного типу, та наведена форма профілю створена за цим рівнянням.

THE DETERMINATION OF THE FORM OF A BUTT-END PROFILE OF THE ROCK-DESTROYING SATELLITES IN THE DIAMOND PLANETARY BITS

In view of pressure distribution on a surface of satellites, which destroy the rock, the equation for definitions of equal wear form of a butt's profile of the satellite in planetary type diamond bits is offered and the form of a profile created on this equation is given.

В работе [1] была предложена методика для определения конструктивных параметров планетарных долот, а именно количества и размера ступеней, а также количества и размера сателлитов на каждой из них.

Важнейшим вопросом, который необходимо решить при проектировании конструкции планетарного породоразрушающего инструмента является определение формы профиля рабочей поверхности породоразрушающих сателлитов.

Форма профиля, с одной стороны должна обеспечивать эффективное разрушение горной породы, а с другой – способствовать созданию одинаковых условий работы для породоразрушающих элементов расположенных на различном удалении от оси сателлита.

Во время работы в скважине породоразрушающего инструмента происходит неравномерное распределение давления по его рабочей поверхности [2].

Чтобы создать равномерные условия работы для всех породоразрушающих элементов необходимо обеспечить равномерное распределение давления по всей рабочей поверхности.

В работе [3] с использованием метода расчета сопряжений, который получил широкое применение в триботехнике [4], определены законы распределения и построены эпюры давлений для рабочей поверхности сателлита планетарного долота с прямоугольным торцом. Однако в основном в практике бурения применяются породоразрушающий инструмент с криволинейным профилем рабочей поверхности, который позволяет добиваться более высоких показателей бурения.

Схема для расчета контура износа и распределения давления сателлитов с криволинейным профилем рабочей поверхности приведена на рис. 1.

Согласно условию касания тел для любой точки поверхности должно удовлетворяться соотношение

$$I_{д-п} = \frac{I_{д} + I_{п}}{\cos \alpha} \quad (1)$$

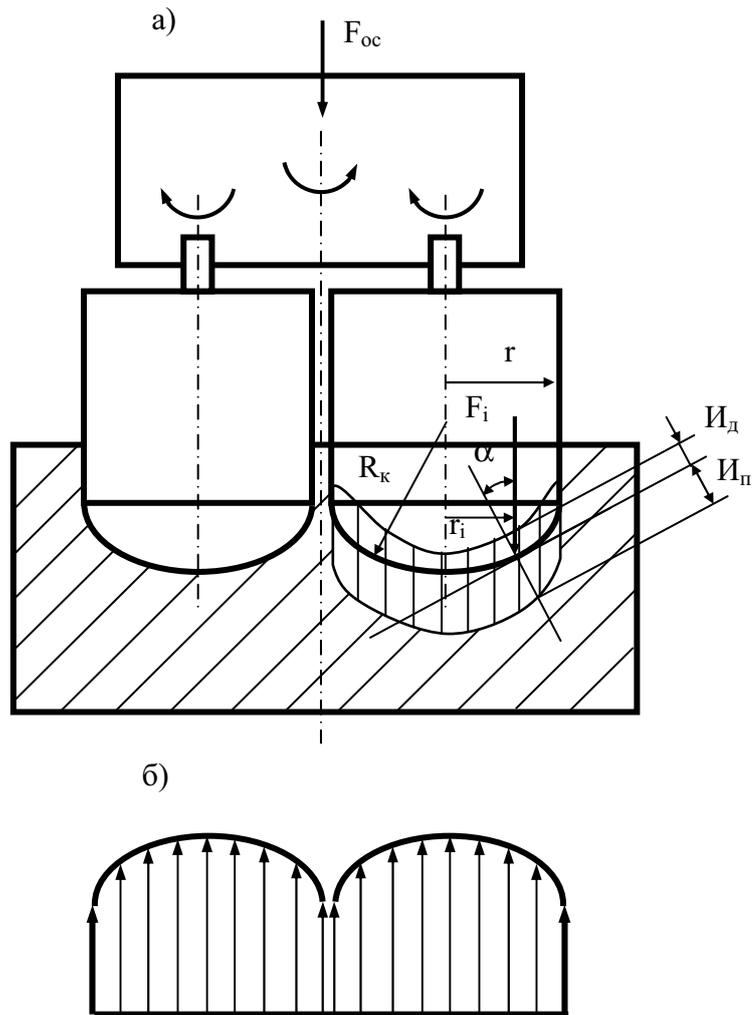


Рис. 1. а) Схема сопряжения к расчету изнашивания пары "долото-порода"; б) Этюра давлений

где $I_{д-п}$ – суммарный износ долота и породы, измеренный в вертикальном направлении, износ $I_{д}$ и $I_{п}$ – соответственно износ долота и породы в данной точке, измеренный в направлении нормали к поверхности трения; α – угол между нормалью к поверхности трения и направлением сближения контактирующих поверхностей.

Этюра давлений по аналогии с [3] примет вид

$$p = \frac{I_{д-п} \cos \alpha}{(k_{д} + k_{п})L} \quad (2)$$

где $k_{д}$, $k_{п}$ – коэффициенты, характеризующие износостойкость соответственно долота и породы и условия работы данной пары трения (смазка, степень очистки и т.п.); L – путь трения единичного породоразрушающего элемента.

Подставляя в качестве пути трения средний путь трения за один оборот $L_{\text{ср}}$, определенный для единичного элемента породоразрушающего долота в работе [3] в (2) получим уравнение для определения распределения давлений по рабочей поверхности долота с криволинейным профилем

$$p = \frac{I_{\text{д-п}} \cos \alpha}{(k_{\text{д}} + k_{\text{п}})(Ar_i^2 + 2\pi(R - r))}. \quad (3)$$

где A – коэффициент, зависящий от радиуса долота и сателлита, а также коэффициента проскальзывания сателлита относительно стенок скважины; R – радиус долота; r – радиус породоразрушающего сателлита; r_i – расстояние от центра сателлита до i -го единичного элемента.

Первоначальный контур рабочей поверхности долота представим как дугу окружности с радиусом кривизны $R_{\text{к}}$ и центральным углом 2α . Заменим значение r_i следующим образом

$$r_i = R_{\text{к}} \sin \alpha. \quad (4)$$

Тогда выражения для закона распределения давления по криволинейной рабочей поверхности профиля долота в удобном для дальнейшего использования виде представим как

$$p = \frac{I_{\text{д-п}} \cos \alpha}{(k_{\text{д}} + k_{\text{п}})(A(R_{\text{к}} \sin \alpha)^2 + 2\pi(R - r))}. \quad (5)$$

Эпюра распределения давления по такому закону представлена на рис. 1, б. Таким образом, как видно из выражения (5) эпюра распределения давлений также как и в планетарных долотах с плоским торцом имеет параболический характер с вершиной в центре сателлита. Однако чем ближе профиль рабочей поверхности к полуокружности ($\alpha \Rightarrow 90^\circ$), тем неравномернее происходит распределение давления по рабочей поверхности. При этом на периферии давление стремится к нулю ($\cos \alpha \Rightarrow 0$), т.е. эти участки не принимают активного участия в процессе разрушения горной породы.

Для того чтобы добиться равномерного распределения давления ($p = \text{const}$) по рабочей поверхности сателлита на основании (5) должно выполняться следующее условие

$$\cos \alpha = \frac{p(k_{\text{д}} + k_{\text{п}})(Ar_i^2 + 2\pi(R - r))}{I_{\text{д-п}}}. \quad (6)$$

Представляя (6) в виде зависимости $\alpha = f(r_i)$ получим уравнение для определения профиля рабочей поверхности, выраженное в углах наклона касательной к профилю в точке, находящейся на расстоянии r_i от оси сателлита.

Для того чтобы получить уравнение профиля рабочей поверхности сателлита в виде зависимости $y = f(r_i)$ воспользуемся выражением для определения угла наклона касательной в данной точке

$$y' = \operatorname{tg} \alpha. \quad (7)$$

Для удобства дальнейшей работы представим уравнение (6) в следующем виде

$$\cos \alpha = ar_i^2 + b, \quad (8)$$

где $a = \frac{\rho(k_d + k_n)A}{I_{d-n}}$ и $b = \frac{2\rho r(k_d + k_n)(R - r)}{I_{d-n}}$ – постоянные коэффициенты.

Тогда находя с помощью выражения (8) $\operatorname{tg} \alpha$, а затем, подставляя его в (7) и интегрируя, получим уравнение для определения формы профиля рабочей поверхности торца сателлита

$$y = \int \left(\frac{1}{(ar_i^2 + b)^2} - 1 \right) dr_i. \quad (9)$$

Проинтегрировав, получим

$$y = \frac{r_i}{2b(ar_i^2 + b)} + \frac{1}{2b\sqrt{ab}} \operatorname{arctg} \left(r_i^2 \sqrt{\frac{a}{b}} \right) - r_i. \quad (10)$$

На рис. 2 схематично представлен профиль рабочей поверхности сателлита, рассчитанный по уравнению (10)

Пользуясь приведенной выше методикой определяется форма профиля рабочей поверхности породоразрушающих сателлитов с учетом геологических условий. Применение долот с такими конструктивными параметрами позволит полностью исключить аномальный и снизить нормальный износ дорогостоящего алмазного сырья, добываясь при этом максимальной проходки на породоразрушающий инструмент.

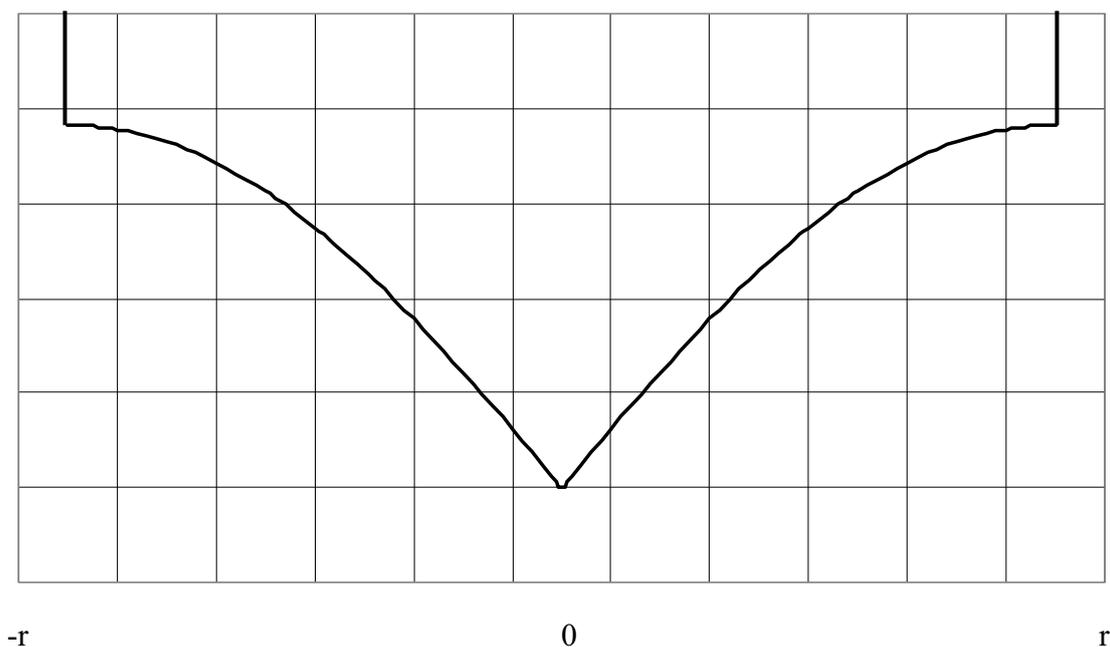


Рис. 2. Схематическая форма профиля рабочей поверхности торца сателлита, обеспечивающая равномерное распределение нагрузки по торцу сателлита ($p=\text{const}$)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. В.Л. Хоменко. Определение конструктивных параметров алмазных долот планетарного типа. – Геотехнічна механіка: Міжвід. Зб. наук. праць / Ін-т геотехнічної механіки НАН України. Київ-Дніпропетровськ, 2000. Вип. 17. С. 268-272.
2. В.С. Владиславлев. Разрушение горных пород при бурении скважин. – М., Гостоптехиздат, 1958, 260 с.
3. А.Н. Давиденко, В.Л. Хоменко. Распределение нагрузок в алмазных планетарных долотах. Науковий вісник Національної гірничої академії України № 3. – Днепропетровск: РИК НГА Украины, 2000. С. 81-85.
4. Трение, изнашивание и смазка. Справочник. Под ред. Крагельского, Анисина. – М., Машиностроение, 1978.