

УДК 622.01

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ШАРОШЕЧНОГО ДОЛОТА С ЗАБОЕМ СКВАЖИНЫ

Студент Долгих М.П. (ФГДЭ)

Научный руководитель – ст. преп. Басалай Г.А.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Современные установки для бурения глубоких скважин оснащаются комплектами рабочих инструментов, в состав которых в качестве основных входят несколько шарошечных долот, предназначенных для работы на различных пластах, отличающихся по прочности. Современное шарошечное долото дробяще–скальвающего действия состоит из лап, шарошек, несущих на себе породоразрушающие элементы (вооружение), и опор шарошек. Кроме того, долото имеет две системы – промывки забоя скважины и смазки опор.

Общий вид и принципиальная схема современного трехшарошечного долота представлены на рис. 1.

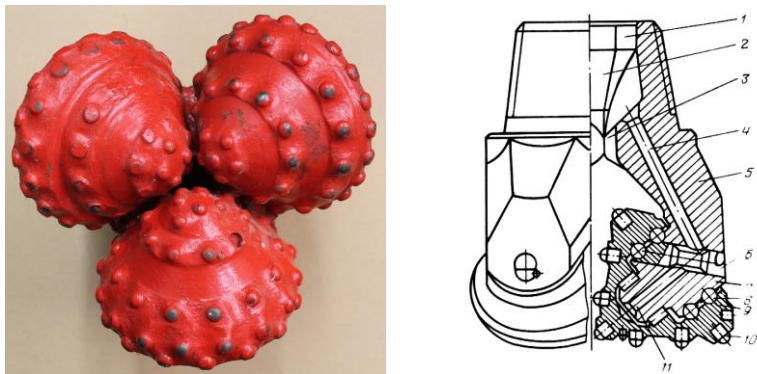


Рис. 1. Трехшарошечное долото

Шарошечные долота выпускают в секционном исполнении. Каждая секция включает лапу, на цапфе которой с помощью подшипников установлена шарошка, имеющая вооружение в виде зубчатых или сплошных венцов. Секции соединены между собой сваркой. На верхнем конце сваренных секций (долота) выполняется конус и нарезается присоединительная резьба. Долота выполняются с обычной и гидромониторной системами промывки.

Основные детали долота изготавливают из никель–молибденовых, хромо–никель–молибденовых и хромо–марганец–никель–молибденовых сталей, а тела качения из кремний–молибден–ванадиевой стали. Для повышения износостойкости лапы и шарошки подвергаются цементации с последующей двойной закалкой и отпуском. Шарошечные долота первого класса для разрушения неабразивных пород имеет стальное зубчатое вооружение, выполненное заодно с шарошкой фрезерованием.

Шарошечные долота второго класса для разрушения абразивных горных пород имеют твердосплавное вооружение в виде зубков, которые запрессовываются в гнезда на венцовых выступах шарошек. Важнейшими параметрами твердосплавного вооружения – диаметр зубков, радиусы кривизны рабочих поверхностей, вылет зубков над телом шарошки и шаг размещения в венце.

Основным условием для обеспечения эффективного бурения с использованием долот является создание в пятне контакта инструмента с породой нагрузки, превышающей по своей величине твердость породы на вдавливание [1, 2].

Дробящая способность шарошечного долота обусловлена перекатыванием шарошек с зуба на зуб. При этом происходит вертикальное перемещение корпуса долота и связанного с ним бурильного инструмента. Потенциальная энергия перемещающегося и сжатого в вертикальном направлении низа бурильного инструмента является источником динамического воздействия долота на забой скважины. Скальвающая особенность шарошечных долот обеспечивается скольжением их элементов вооружения относительно забоя скважины в процессе разрушения горной породы.

Теоретическое решение задачи о динамике работы долота возможно только с большими допущениями и дает лишь качественную картину, поэтому для практических целей используются прямые измерения. Измерения нагрузок на долото в промысловых условиях показали, что при разбурировании твердых пород коэффициент динамичности может достигнуть 1,7.

Таким образом, долота типа ДС испытывают при работе на забое ряд возмущений: высокочастотных, обусловленных зубчатостью шарошек; среднечастотных, вызванных изменением во времени числа контактирующих с забоем зубьев; низкочастотных, обусловленных возникновением ухабов на забое скважины.

Шарошечное долото с точки зрения кинематики представляет собой часть пространственного зубчатого или фрикционного механизма с подвижными осями рабочих звеньев – шарошек. Механизм включает ведущее звено в виде соединенных между собой лап, ведомые звенья – шарошки и невращающееся звено – забой. Исследование такого механизма не представляло бы трудностей, если бы были известны передаточные отношения i_j как средние, так и мгновенные, от корпуса долота к каждой из шарошек. Аналитически определить i_j сложно. Поэтому в настоящее время, как правило, его определяют экспериментально замером частот вращения шарошек.

При всей сложности моделирования процесса взаимодействия элементов вооружения шарошечного долота с горной породой в забое скважины, как отмечалось выше, в данной работе сделана попытка оценить характер траекторий зубков и их влияние на эффективность бурения (Рис. 2).

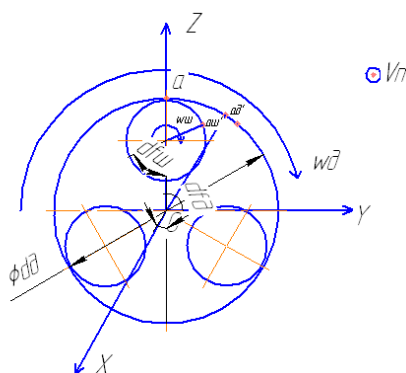


Рис. 2. Расчетная схема трехшарошечного долота

Исходные данные:

$D_{ш} = 0.001, 0.03...0.1$ - расстояние расположения вооружения шарошки, м;

$D_{д} = 0.4$ – диаметр долота;

$\omega_{д} = 4$ – угловая скорость долота, рад/с;

$\lambda_1 = 1.57; \lambda_2 = 3.93; \lambda_3 = 5.495$ – углы установки шарошек, рад;

$\omega_{ш}(D_{ш}) = \omega_{д}(D_{д}/D_{ш})$ – угловая скорость шарошки, рад/с;

$v_{п} = 0.007\omega_{д}$ – скорость подачи ИО на забой;

$t = 0,05...3.14$ – время одного оборота долота, с.

Составим уравнения движения точки А относительно центра О и относительно оси вращения шарошки.

$$X(t) := V_{\Pi} t$$

$$Y1_{\mathcal{A}}(t) := \frac{D_{\mathcal{A}}}{2} \cdot \sin(\omega_{\mathcal{A}} t)$$

$$Y1(D_{\Pi}, \omega_{\Pi}, t) := \frac{\left[\left(\frac{D_{\mathcal{A}}}{2} - \frac{D_{\Pi}}{2} \right) + \left(\frac{D_{\Pi}}{2} \right) \right] \cdot \sin(\omega_{\Pi}(D_{\Pi}) \cdot t + \lambda_1) + \frac{D_{\mathcal{A}}}{2} \cdot \sin(\omega_{\mathcal{A}} t)}{2}$$

$$Y2(D_{\Pi}, \omega_{\Pi}, t) := \frac{\left[\left(\frac{D_{\mathcal{A}}}{2} - \frac{D_{\Pi}}{2} \right) + \left(\frac{D_{\Pi}}{2} \right) \right] \cdot \sin(\omega_{\Pi}(D_{\Pi}) \cdot t + \lambda_2) + \frac{D_{\mathcal{A}}}{2} \cdot \sin(\omega_{\mathcal{A}} t)}{2}$$

$$Y3(D_{\Pi}, \omega_{\Pi}, t) := \frac{\left[\left(\frac{D_{\mathcal{A}}}{2} - \frac{D_{\Pi}}{2} \right) + \left(\frac{D_{\Pi}}{2} \right) \right] \cdot \sin(\omega_{\Pi}(D_{\Pi}) \cdot t + \lambda_3) + \frac{D_{\mathcal{A}}}{2} \cdot \sin(\omega_{\mathcal{A}} t)}{2}$$

$$Z1_{\mathcal{A}}(t) := \frac{D_{\mathcal{A}}}{2} \cdot \cos(\omega_{\mathcal{A}} t)$$

$$Z1(D_{\Pi}, \omega_{\Pi}, t) := \frac{\left[\left(\frac{D_{\mathcal{A}}}{2} - \frac{D_{\Pi}}{2} \right) + \left(\frac{D_{\Pi}}{2} \right) \right] \cdot \cos(\omega_{\Pi}(D_{\Pi}) \cdot t + \lambda_1) + \frac{D_{\mathcal{A}}}{2} \cdot \cos(\omega_{\mathcal{A}} t)}{2}$$

$$Z2(D_{\Pi}, \omega_{\Pi}, t) := \frac{\left[\left(\frac{D_{\mathcal{A}}}{2} - \frac{D_{\Pi}}{2} \right) + \left(\frac{D_{\Pi}}{2} \right) \right] \cdot \cos(\omega_{\Pi}(D_{\Pi}) \cdot t + \lambda_2) + \frac{D_{\mathcal{A}}}{2} \cdot \cos(\omega_{\mathcal{A}} t)}{2}$$

$$Z2(D_{\Pi}, \omega_{\Pi}, t) := \frac{\left[\left(\frac{D_{\mathcal{A}}}{2} - \frac{D_{\Pi}}{2} \right) + \left(\frac{D_{\Pi}}{2} \right) \right] \cdot \cos(\omega_{\Pi}(D_{\Pi}) \cdot t + \lambda_2) + \frac{D_{\mathcal{A}}}{2} \cdot \cos(\omega_{\mathcal{A}} t)}{2}$$

$$Z3(D_{\Pi}, \omega_{\Pi}, t) := \frac{\left[\left(\frac{D_{\mathcal{A}}}{2} - \frac{D_{\Pi}}{2} \right) + \left(\frac{D_{\Pi}}{2} \right) \right] \cdot \cos(\omega_{\Pi}(D_{\Pi}) \cdot t + \lambda_3) + \frac{D_{\mathcal{A}}}{2} \cdot \cos(\omega_{\mathcal{A}} t)}{2}$$

По вычисленным значениям функций построены следующие проекции траекторий элементов вооружения долота (рис.3 и 4).

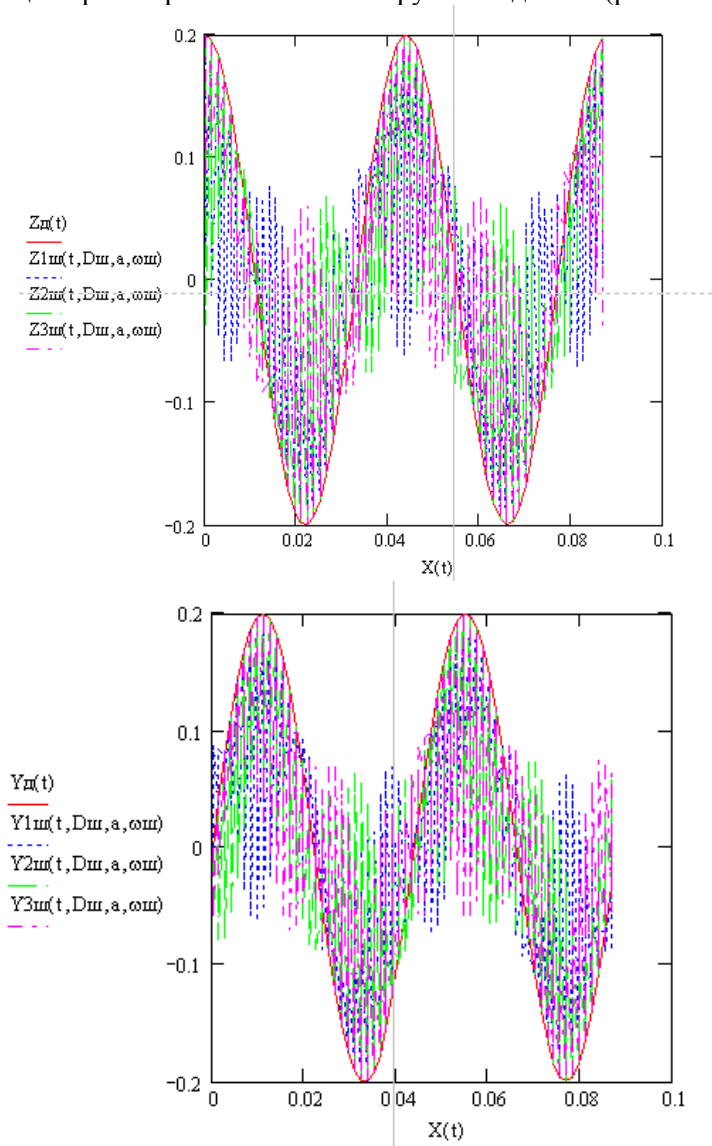


Рис. 3. Траектории элементов вооружения долота за один его оборот

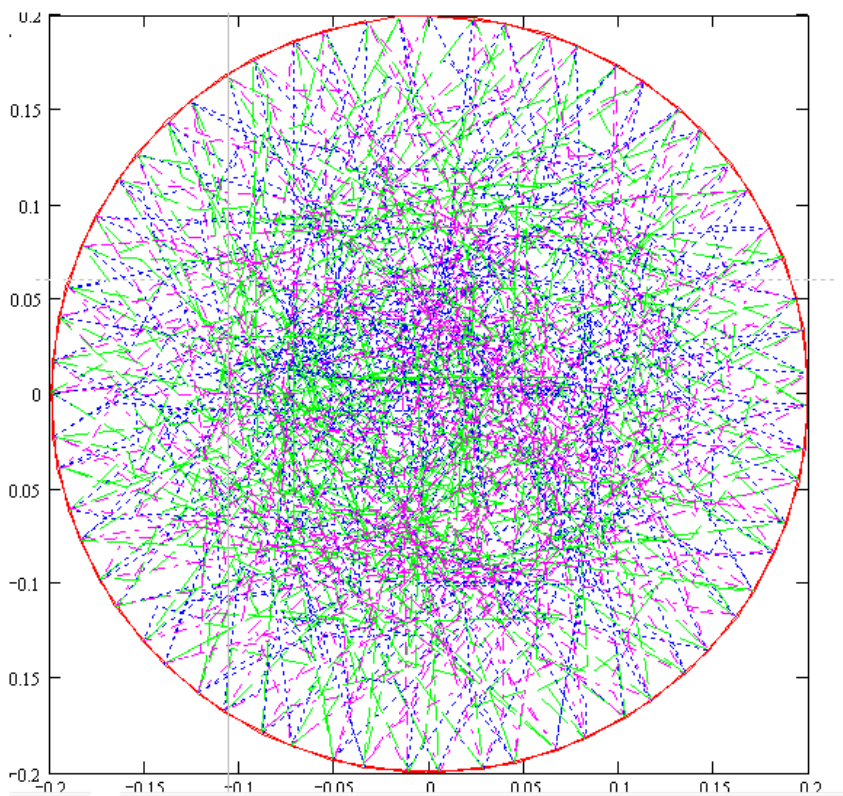
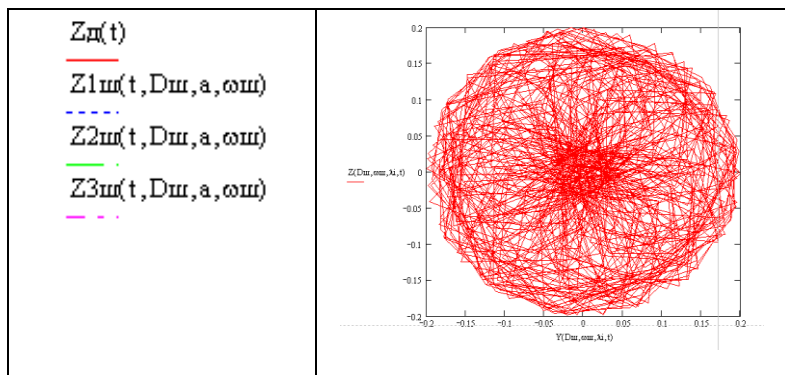


Рис.4. Проекция траекторий в плане

В результате можно сделать вывод, что траектории движения резцов не совпадают, а значит, резонанса движения долота относительно плоскости забоя не будет и механический износ подшипников шарошек будет наименьшим.

Как следует из диаграммы траекторий: в периферийной зоне, т.е. по внешнему контуру забоя, происходит более выраженное воздействие элементов вооружения на породу методом скальвания, а в центральной зоне – с преобладанием процесса истирания и дробления. При анализе траекторий следует учитывать, что это проекция на фронтальную плоскость, поэтому плотность линий в некоторых зонах в реальном объеме имеет дополнительно координату X.

Вторая особенность состоит в том, что только половину длины (от 0 до 180°) траекторий каждый элемент вооружения шарошки находится в активной зоне контакта с забоем.

Литература:

1. Ильский А. Л., Миронов Ю.В., Чернобыльский А.Г. Расчет и конструирование бурового оборудования. Учеб. Пособие для вузов. -М.: Недра, 1985. – 452 с.
2. Бурение нефтяных и газовых скважин: Учебник для нач. проф. образования / Ю.В. Вадецкий. -М.: Издательский центр «Академия», 2003. - 352с.