

РЕЗОНАНСНЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД ВОЗВРАТНО-ВРАЩАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИ УРАВНОВЕШЕННОГО БУРОВОГО СНАРЯДА НА ГРУЗОНЕСУЩЕМ КАБЕЛЕ

Рассмотрены математическая и имитационные модели электромеханических систем возвратно-вращательного движения, приведены результаты имитационного моделирования в системах с сухим и вязким трениями, приведена расчетная схема для динамически уравновешенного бурового снаряда на грузонесущем кабеле.

Mathematical and imitating models of electromechanical systems return-rotary movement are considered, results of imitating modelling in systems with dry and viscous frictions are resulted, the settlement scheme for dynamically counterbalanced chisel shell on cargo carrying cable is resulted.

Большинство разрабатываемых нефтяных пластов склонно к выносу песка в призабойную зону добычных скважин, а также к образованию в этих зонах пробок из асфальтосмолистых парафиновых отложений (АСПО). Это приводит к снижению дебита скважин в несколько раз. Кроме того, для постановки в зону продуктивного пласта различных скважинных электротермических устройств необходимо иметь гарантированную чистоту призабойной зоны обрабатываемых скважин (ПЗС).*

Предлагаемый буровой снаряд представляет собой двухмассовую электромеханическую систему (рис.1).

Статор и ротор соединены упругим элементом (торсионом или пружиной кручения), в результате чего ротор не может вращаться, а при формировании на валу двигателя знакопеременного электромагнитного момента с собственной частотой электромеханической системы совершает резонансные возвратно-вращательные движения вокруг оси скважины. Давление на забой и момент сопротивления на коронке определяются общей массой снаряда.

* Свиридов В.С. Повышение нефтеотдачи пластов месторождений на поздней стадии разработки // Нефтяное хозяйство. 1993. № 4.

Динамически уравновешенный буровой снаряд (ДУБС) состоит из следующих подвижных частей:

- статорной (условно названной) от серийного асинхронного двигателя (АД) с трехфазной обмоткой;

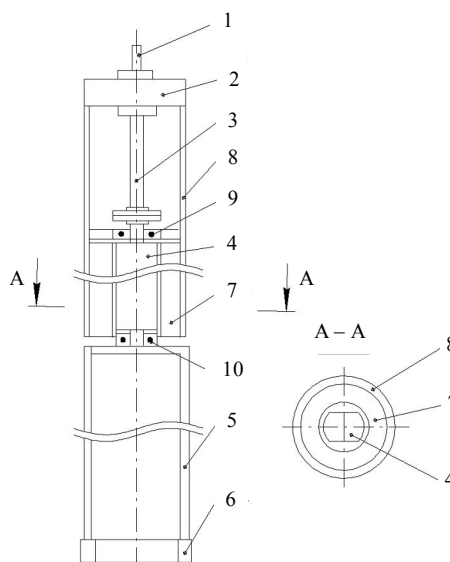


Рис.1. Конструктивная схема ДУБС

1 – грузонесущий кабель; 2 – кабельный замок; 3 – упругий элемент; 4 – ротор ЭД; 5 – колонковая труба; 6 – буровая коронка; 7 – статор ЭД; 8 – верхняя труба; 9, 10 – подшипниковый узел

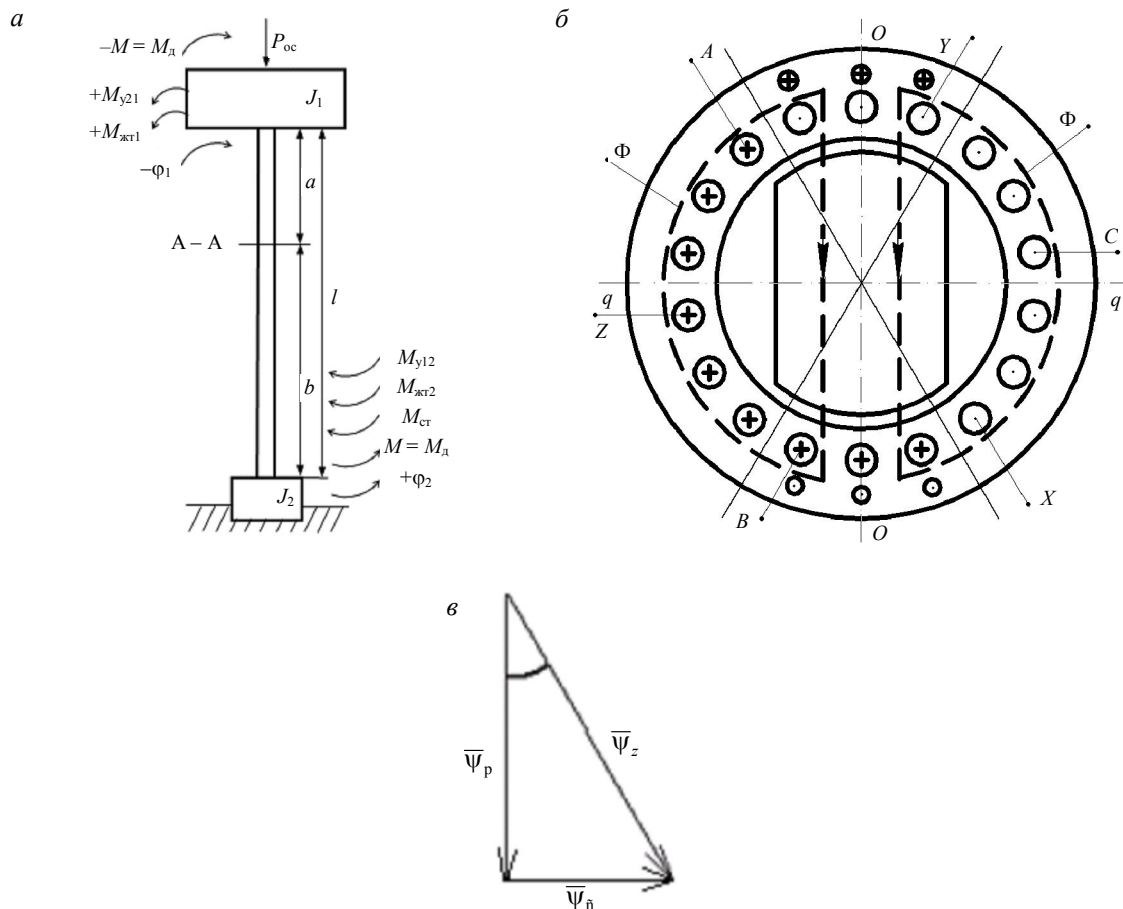


Рис.2. Расчетная схема (а); сечение электродвигателя при обесточенных обмотках (б); моментный треугольник потокоцеплений статора и ротора при $M_a = M_{max}$ (в)

• роторной с массивным ротором с явно выраженными полюсами (одна пара полюсов).

Построены моментные треугольники из векторов потокоцеплений статора и ротора, площади которых пропорциональны максимальному электромагнитному моменту (рис.2). Магнитный поток ротора обеспечивается магнитодвижущей силой статорных обмоток (например, на рис.2, б обмотками $A - x$, $c - Z$). Возможны различные варианты включения обмоток. При последовательном включении обмоток возбуждения (роторных) $A - x$, $c - Z$ ротор устанавливается по оси симметрии поля возбуждения и при питании статорных обмоток ($y - B$) переменным током. Максимальный электромагнитный момент определяется моментным треугольником, катетами которого являются потокоцепления ротора $\bar{\Psi}_p$ и статора $\bar{\Psi}_c$.

$$M_{max} \equiv S_{\Delta OAB} = \bar{\Psi}_c \times \bar{\Psi}_p. \quad (1)$$

Энергия, потребляемая из сети при работе на резонансной частоте, расходуется на совершение работы с моментом сопротивления на коронке и на покрытие потерь трения. На поддержание колебаний на резонансной частоте при высокой добротности колебательной системы энергии извне практически не требуется, чем и объясняется высокий КПД резонансных машин.

Рассматриваемая механическая колебательная система может быть описана уравнением

$$\varphi'' + M_{\epsilon} \varphi' + \Omega_0^2 \varphi = \gamma M_a, \quad (2)$$

где φ , φ' , φ'' – угол, скорость и ускорение точки системы, рад, рад/с, рад/с² соответственно;

Разработанная модель ДУБС позволяет:

- исследовать переходные и установившиеся резонансные колебания с нагрузкой и на холостом ходу с разомкнутой и замкнутой системами управления;

- исследовать режимы работы с моментами нагрузки на буровой коронке в виде жидкостного, сухого трения и их комбинаций со случайной составляющей момента нагрузки;

- проводить сравнительные исследования режимов работы системы при замене сухого трения эквивалентным вязким, что позволяет в ряде случаев использовать линейные модели систем с сухим трением;

- исследовать режимы работы системы с избыточным двигательным электромагнитным моментом (например, режим сброса нагрузки и переход в режим холостого хода), что важно для эксплуатации резонансных установок из-за возможности их разрушения при внезапном снижении нагрузки (рис.4).

Основные выводы:

1. Получены математическая и имитационная модели динамически уравновешенного бурового снаряда с асинхронным электроприводом возвратно-вращательного движения.

2. Установлено, что использование положительной обратной связи по скорости изменения угла поворота роторной или статорной частей ДУБС обеспечивает устойчивый автоколебательный режим электромеханической системы на собственной частоте.

3. Проведена сравнительная оценка замены сухого трения эквивалентным вязким.* Показано, что при такой замене результаты полученных значений установившихся амплитуд колебаний и скоростей различаются между собой на величину не более 2 %, что позволяет применять указанную замену при аналитических исследованиях вынужденных резонансных движений.

4. Исследуемый электропривод возвратно-вращательного движения с явнополюсным ротором обладает важным положительным эксплуатационным качеством ограничения амплитуды колебаний (в рассматриваемом варианте $\pi/3$) при любых нагрузках, что существенно повышает надежность эксплуатации резонансных вибрационных устройств при переходе в режим холостого хода.

5. Рассмотренные буровые комплексы могут найти применение при очистке призабойных зон нефтяных, газовых и водозаборных скважин, а также при многорейсовом бурении подводных скважин с борта неспециализированных судов.

6. Разработан и смонтирован макет динамически уравновешенного бурового снаряда с резонансным электроприводом для лабораторных экспериментальных исследований при работе на искусственном забое.

* Тимошенко С.П. Колебания в инженерном деле / С.П.Тимошенко, Д.Х.Янг, У.Уивер. М: Машиностроение, 1985.

Научный руководитель д-р т. н. проф. Э.А.Загивный