УДК 622.245.545

Ю.Д.ОРЕХОВ
Санкт-Петербургский государственный горный институт (*технический университет*)

АСИНХРОННЫЙ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ВОЗВРАТНО-ВРАЩАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ

Рассмотрены перспективный способ бурения и очистки скважин с применением динамически уравновешенного снаряда на грузонесущем кабеле, отличающегося повышенными эксплуатационными показателями и простотой конструкции. Возможно применение снаряда для широкого круга работ. Ведутся работы по исследованию динамически уравновешенного бурового снаряда, разработана математическая модель и создана экспериментальная установка для проведения исследований режимов работы снаряда.

The article studies a prospective way of well drilling and clearing with application of dynamically counterbalanced drilling assembly on a carrying cable, characterized with increased operational parameters and design simplicity. Application of the given drilling assembly for a wide range of works is possible. Creation of a drilling assembly driven by an asynchronous squirrel-cage motor can become a progressive step in this area. Research in dynamically counterbalanced drilling assembly is carried out at the chair of Electrotechnics and Electromechanics; a mathematical model is developed and experimental installation to study operating mode of the drilling assembly is created.

Повышение эффективности ряда поисковых, разведочных и вспомогательных буровых работ может быть достигнуто применением буровых снарядов на грузонесущем кабеле. Буровые установки при этом обладают высокой мобильностью, малой металлоемкостью и не требуют применения наземных систем циркуляции промывочных жидкостей.

К указанным работам можно отнести:

1. Бурение скважин в ледниковых отложениях в отдаленных областях Земли (Антарктида, Арктика и т.д.). СПГГИ занимается этим более 30 лет.

2. Взятие проб грунтов со дна мирового океана на больших глубинах.

3. Бурение с предельно допустимыми линейными средними скоростями движения породоразрушающего инструмента (алмазное бурение).

4. Очистка призабойных интервалов эксплуатационных нефтяных и газовых скважин в продуктивных пластах, склонных к пескопроявлению.

5. Бурение скважин для устройства железобетонных свай под строящимися зданиями в густонаселенных районах города.

6. Бурение горизонтальных коммуникационных скважин в городских условиях. При этом снаряд подается на забой невращающимися бурильными трубами.

Наивысшие результаты, занесенные в Книгу рекордов Гиннеса, получены при бурении ледниковых отложений в Антарктиде (3623 м) электромеханическим буровым снарядом (ЭМБС) на грузонесущем кабеле, разработанном в СПГГИ на кафедре техники и технологии бурения.

Все известные ЭМБС включают в себя электродвигатель, редуктор, колонковую трубу, шламосборник, циркуляционное устройство и распорное устройство для компенсации реактивного момента породоразрушающего инструмента (коронки). Одним из перспективных направлений совершенствования ЭМБС на грузонесущем кабеле может явиться разработка безредукторного динамически уравновешенного бурового

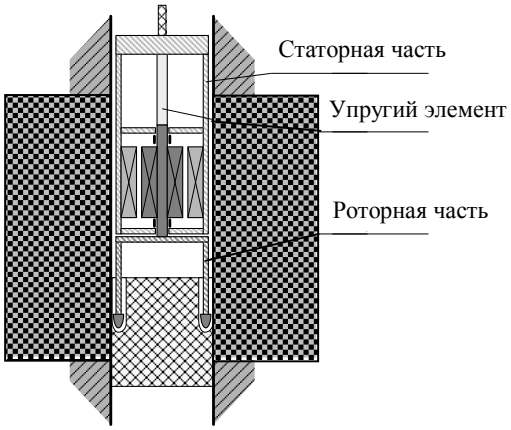


Рис.1. Конструктивная схема очистного снаряда

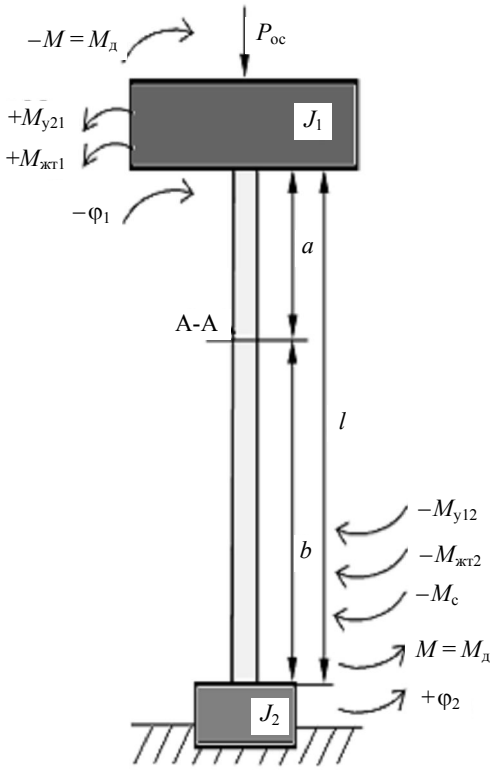


Рис.2. Расчетная схема механической части бурового электромеханического преобразователя с возвратно-вращательным движением
l – длина упругого элемента (торсиона); $M_д$ – момент электромеханического преобразователя; φ_1 и φ_2 – углы закручивания статорной и роторной частей J_1 и J_2 относительно узлового сечения А-А; $M_{у12} = M_{у21}$ – упругие моменты, действующие со стороны торсиона на массы J_1 и J_2; $M_с$ – момент сопротивления на рабочем органе (коронке); $M_{жт1}$ – момент вязкого трения

снаряда. Современное состояние силовой преобразовательной техники и систем управления позволяет создать электромеханический преобразователь на основе короткозамкнутого асинхронного двигателя (АД), обеспечивающего резонансные гармонические возвратно-вращательные движения коронки, связанной с ротором, который в свою очередь связан со статорной частью АД упругим элементом (рис.1).

Динамический момент, действующий на породоразрушающий инструмент и равный электромагнитному моменту АД, уравновешивается динамическим моментом движущейся в противоположном направлении статорной части АД под действием того же электромагнитного момента. Так как в любой момент времени сумма моментов, действующих на статорную и роторную части АД, равна нулю, то указанная электромеханическая система является динамически уравновешенной и не нуждается в распорном устройстве и редукторе.

На кафедре электротехники и электромеханики СПГГИ ведутся работы по исследованию модели электромеханического преобразователя возвратно-вращательного движения на базе асинхронного короткозамкнутого электродвигателя. Получена математическая модель.

Уравнения движения механической части преобразователя, описывающие ее согласно расчетной схеме (рис.2):

$$\begin{cases} \varphi_1'' - \dfrac{c}{J_1}(\varphi_2 - \varphi_1) = -\dfrac{M}{J_1} + \dfrac{M_{жт1}}{J_1}; \\ \varphi_2'' - \dfrac{c}{J_2}(\varphi_2 - \varphi_1) = -\dfrac{M}{J_2} + \dfrac{M_с}{J_2}. \end{cases}$$

Линеаризованное уравнение для моделирования асинхронного электродвигателя:

$$T_э \frac{dM}{dt} + M + \beta\varphi' = \beta\omega_0(t),$$

где $\omega_0(t) = \dfrac{2\pi f_1(t)}{p_n} = \text{var}$ – угловая скорость вращения электромагнитного поля, пропорциональная частоте $f_1(t)$ напряжения статора АД; $\beta = \dfrac{2M_к}{\omega_{0эл} s_к}$ – модуль жесткости линеаризованной статической системы.

Уравнение для определения амплитуды колебаний коронки на резонансной частоте

$$A_{\text{р}} = \frac{2{,}2\omega_{\text{он}}}{\Omega_0\left(1 + K\dfrac{M_{\text{к}}}{M_{\text{с}}}\right)},$$

где K – конструктивный коэффициент.

Создана экспериментальная установка. Особо стоит отметить, что динамически уравновешенный очистной снаряд на базе исследуемого преобразователя возвратно-вращательного движения, защищенного патентом Российской Федерации на изобретение, может стать эффективным средством повышения продуктивности нефтедобычи. Мобильная установка на его основе будет способна в короткие сроки очистить большое количество скважин от наносов песка, являющихся одной из главных причин, снижающих производительность добывающих скважин. Ее основные преимущества по сравнению с существующими методами:

- Большие механическая и рейсовая скорости бурения по сравнению с такими же при традиционных способах бурения, использующих колонну бурильных труб.
- Реализация знакопеременных напряжений на разрушаемом забое, что благотворно влияет на эффективность разрушения пород.
- Возможность получения предельно допустимых средних линейных скоростей резания породоразрушающего инструмента, тогда как скорость вращения буровой колонны ограничивается вибрациями, приводящими к значительным потерям.
- Отсутствие неподвижных частей в конструкции снаряда, что существенно снижает вероятность заклинивания снаряда в скважине (обычно такая ситуация приводит к потере снаряда) при спуско-подъемных операциях.
- Малая стоимость, так как комплекс будет состоять только из лебедки с грузонесущим кабелем, системы управления и собственно очистного снаряда. Массогабаритные показатели позволят разместить комплекс на обычном автомобиле типа КамАЗ, что значительно повысит мобильность.

Научный руководитель д.т.н. проф. *Э.А.Загривный*