УДК 62-83

А.С.ИВАНОВ
Горно-электромеханический факультет
группа ЭР-04-2

СТРУКТУРА ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ ЧАСТИ И СИНТЕЗ АЛГОРИТМА УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ ШАГАЮЩЕЙ МАШИНЫ ДЛЯ ГЛУБОКОВОДНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Российская Федерация является одним из крупнейших добытчиков и экспортеров природных ресурсов во всем мире. Запасы полезных ископаемых, находящихся на дне Мирового океана, во много раз превосходят расположенные на суше, что и приводит к необходимости разработки принципиально нового оборудования для их добычи. Одним из самых интересных решений данной проблемы является двухопорная шагающая машина.

Рассмотрены вопросы, посвященные разработке структуры и алгоритма управления движением шагающей машины для добычи полезных ископаемых с морского дна. Предложена математическая модель электромеханического привода поворота шасси при шагании, изложены технические требования к электромеханическим приводам машины и описан алгоритм управления бесконтактным электроприводом.

Currently the Russian Federation is one of the largest miners and exporters of natural resources in the world. Useful minerals which are deposited at the bottom of the world ocean by many times exceed those available on land, which explains the necessity to develop essentially new equipment for their extraction. One of the most interesting solutions to this problem is a twin-pillar walking machine.

Issues of structure and control procedure development to control movement of the walking machine for mineral extraction from the sea-bottom are considered. A mathematical model of electromechanical drive for the chassis rotation in movement is offered, technical requirements to electromechanical drives of the machine are stated, and a procedure to control a non-contact electric drive is described.

Изучение и промышленное освоение ресурсов морского дна невозможно без технических средств, и в первую очередь подводного горного оборудования. Среди подводных горных машин важная роль отводится горным агрегатам, несущим на себе добычные исполнительные и геологоразведочные рабочие органы.

Для ведения разведочных и добычных работ процесс переноса этих органов по поверхности морского дна следует осуществлять так, чтобы соблюдалась необходимая технология работ. Этой цели в наибольшей степени отвечают двухопорные шагающие машины (ДШМ), способные передвигаться по морскому дну в строго заданном направлении. Следует отметить и высокую экологичность этих машин, так как при движении они, в отличие от гусеничных или колесных машин, не разрушают морское дно.

Перемещение ДШМ осуществляется изменением положения центра масс системы путем перемещения рабочего органа 3 (или противовеса) по раме машины 1 для отрыва одной из опор 2 от поверхности и поворота всей конструкции относительно второй опоры на заранее заданный угол (см. рисунок).

Для реализации описанной выше схемы необходим автономный привод, например электромеханический, с питанием по кабелю или полностью автономный. Учитывая условия работы электропривода в агрессивной среде, которую представляет собой морская вода, а также диапазон глубин (перепадов давления), при котором могут быть

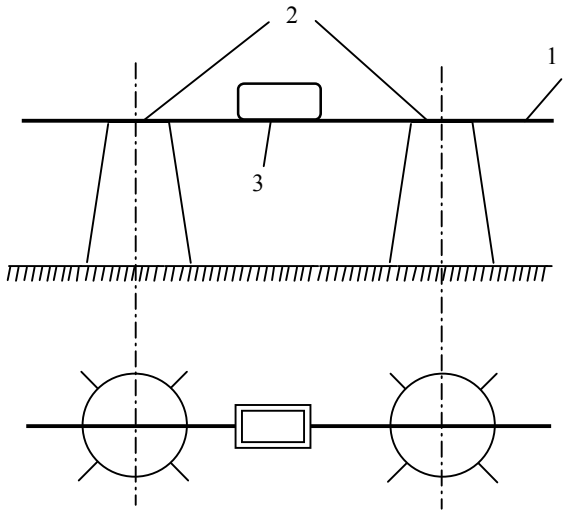


Схема подводной шагающей машины

использованы подводные шагающие машины, в качестве обязательного требования следует указать использование маслозаполненного привода.

Для нормальной работы машины необходимо, как минимум, три автономных привода: привода перемещения исполнительного органа вдоль шасси и поворота и привод вертикального перемещения рабочего органа.

В зависимости от типоразмера ШМ мощность привода противовеса составляет 1,5-60 кВт, а привода поворота 1-30 кВт, длина пробега тележки-противовеса при выполнении одного шагания 10-60 м, максимальный диапазон изменения угла поворота – от 0 до 180°.

Исследование динамических режимов движения шагающих машин проводится методами математического моделирования с использованием прикладных пакетов программ MatLab. Для примера приведем математическую модель привода поворота подводной шагающей машины:

$$J_{\text{в1}} \frac{d\omega_{\text{в1}}}{dt} = M_{\text{дв1}} - M_{\text{упр в1}};$$

$$J_{\text{в2}} \frac{d\omega_{\text{в2}}}{dt} = M_{\text{дв2}} - M_{\text{упр в2}};$$

$$J_{\text{плΣ}} \frac{d\omega_{\text{пл}}}{dt} = i_{\text{вΣ}} \left(M_{\text{упр в1}} + M_{\text{упр в2}} - M_{\text{св}} \right);$$

$$\varphi_{\text{пл}} = \int \omega_{\text{пл}} dt + \varphi_{\text{пл0}};$$

$$J_{\text{плΣ}} = J_{\text{пл}} + \text{G}_{(\text{k+n})} \frac{D_{\text{пл}}}{2 g i_{\text{вΣ}}^2} + \Delta J,$$

где $J_{\text{в1}}$ и $J_{\text{и2}}$ – суммарный момент инерции якоря двигателя поворота и приведенного к валу двигателя момента инерции редуктора поворотного механизма для первого и второго привода соответственно; $M_{\text{упр в1}}$ и $M_{\text{упр в2}}$ – упругие моменты, действующие в механизме поворота для первого и второго привода соответственно; $D_{\text{пл}}$ – диаметр поворотной платформы; $i_{\text{вΣ}}$ – передаточное число редуктора механизма поворота; $\varphi_{\text{пл0}}$ – начальный угол поворота поворотной платформы, по умолчанию принято $\varphi_{\text{пл0}} = 0$.

В модели учитывается влияние на процесс поворота рамы присоединенного момента инерции и момента сопротивления среды.

Критериями управления электромеханической системы являются минимизация динамических нагрузок на механическую часть привода, с одной стороны, и снижение времени переходных процессов, протекающих в приводе, с другой. Оба эти критерия являются противоречивыми для привода, работающего в повторно-кратковременном режиме, с частыми пусками и торможениями, характерными для поворота и подъема тележки подводной шагающей машины. При этом рациональные параметры управления всеми электроприводами определяются по результатам моделирования, учитывающим как параметры электромеханического привода, скорость и ускорение при повороте шасси, так и условия внешней среды, воздействующей на всю конструкцию в целом.

Выполненная в рамках критических технологий работа открывает возможности для создания средств, обеспечивающих экологическую и промышленную безопасность при разведке и добыче как твердых полезных ископаемых, так и жидких и газообраз-

ных углеводородов непосредственно с морского дна. ШМ могут успешно функционировать на любых глубинах, а также быть использованы в замерзающих водоемах, в частности на континентальном шельфе Арктики.

Создана физическая действующая модель шагающей машины с электромеханическим приводом и дистанционным управлением. Она экспонировалась на IX Международной выставке молодежных научно-технических проектов в Москве в июле 2003 г.

Научный руководитель д.т.н. проф. *А.Е.Козярук*