

УДК УДК 621.879

Крупко И. В.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЧЕТЫРЕХОПОРНОГО ШАГАЮЩЕГО ДВИЖИТЕЛЯ

В современных мощных карьерных экскаваторах в качестве ходовых механизмов применяют гусеничные движители, которые, как показывает опыт эксплуатации [1, 2], имеют существенные недостатки. Повысить технический уровень механизмов передвижения таких экскаваторов предполагается за счет применения шагающего четырехопорного механизма, основными достоинствами которого является конструкция опорной части в виде двух пар опорных башмаков и эксцентриковый попарно сопряженный привод таких башмаков.

Одним из наиболее перспективных методов исследования технических систем в настоящее время считается метод исследования с помощью физических моделей, которые могут отображать и имитировать частично или в полном объеме процессы взаимодействия их с внешней средой [3].

Проведенный анализ конструктивных схем механизмов передвижения экскаваторов [4], методов их проектирования, а также систематические наблюдения за работой одноковшовых экскаватора на предприятиях [1] позволили выделить ряд параметров, оказывающих влияние на работу механизмов передвижения [2], что позволило обосновать функциональную зависимость работоспособности шагающего механизма в виде:

$$P = f(l, t, V_{ц}, r, S, g), \quad (1)$$

где l – геометрические размеры или линейные факторы механизма, м;

t – временные факторы (например, время одного цикла шагания), с;

$V_{ц}$ – скорость перемещения машины, м/мин;

r – давления на грунт, Па;

S – силовой фактор, т. е. соотношение нагрузок в элементах в приводе, Н;

g – объемный вес материала, из которого изготовлены детали движителя и его модели, Н/м³.

Для экспериментальных исследований четырехопорного шагающего механизма была разработана модель с целью воспроизведения динамики процесса перемещения машины, параметров и характеристик, позволяющих исследовать взаимосвязь геометрических, кинематических, силовых параметров механизма передвижения и воспроизвести взаимодействие такого механизма с внешней средой. Основой при этом является физическое подобие модели и объекта, предполагающее тождественность законов движения [4].

Целью данных исследований является создание условий перемещения физической модели шагающего хода, близких к действующей машине, и экспериментальные исследования изменения параметров привода в процессе движения.

Конструкция физической модели четырехопорной шагающей тележки позволяет проводить экспериментальные исследования в условиях, моделирующих процесс перемещения такого механизма по горным выработкам. Экспериментальные исследования были спланированы таким образом, что практически удалось исключить влияние факторов, не подлежащих контролю и учету. Метод экспериментальных исследований с помощью физических моделей позволяет получить необходимые данные для оценки надежности механизма и его структурных элементов и с достаточной степенью достоверности судить о работоспособности исследуемого объекта.

Основные задачи, которые решались при проведении экспериментальных исследований следующие: проверка работоспособности четырехопорного шагающего движителя; изучение характера (закона) движения тележки; изучение динамики процесса перемещения; определение мощности привода на разных этапах и условиях движения (вперед, назад, поворот вправо, поворот влево); исследование влияния неровностей и уклонов опорной поверхности на величину мощности привода; установление энергоемкости процесса перемещения и поиск параметров, позволяющих их снизить. Для решения поставленных задач на физической модели четырехопорного шагающего механизма известными методами проводились исследования и измерения силовых и кинематических параметров ходового оборудования и электрических параметров привода. К исследуемым силовым и кинематическим параметрам относятся: нагрузки на опоры и опорные башмаки; крутящие моменты на приводном валу; угловая скорость приводного вала с эксцентриком; линейная скорость тележки. В процессе перемещения измерялись электрические параметры: напряжение, ток и мощность электродвигателей.

С целью получения достоверных результатов экспериментальных исследований было определено оптимальное число опытов. Известно, что точность измерений в процессе экспериментальных исследований зависит от случайных и систематических погрешностей. Снижение влияния погрешностей на результаты исследований можно обеспечить тщательностью измерений, многократным повторением экспериментов и надлежащей обработкой результатов исследований. Минимальное число опытов при одинаковых условиях эксперимента определено по зависимости [5]:

$$n = 0,05 \times \left(\frac{G_{\max}}{E} \right)^2,$$

где G_{\max} – предельное значение ошибки измерений;

E – вероятная ошибка.

В процессе исследований шагающего четырехопорного механизма необходимое число измерений величин с учетом величины принятой вероятной ошибки $E = 0,01$ и предельной ошибки $G_{\max} = 0,1$ составило $n_{\min} = 5$. Принято число повторений экспериментов $n = 8 > 5$, что дает возможность предполагать, что результаты экспериментальных исследований были весьма достоверными.

Для измерения электромеханических параметров и их регистрации была разработана измерительно-информационная система (рис. 1), в которой выделены основные три составляющих этой системы: I – блок измерительной и регистрирующей аппаратуры; II – блок механической части ходовой тележки; III – блок управляющей аппаратуры.

В первый основной блок входят: датчики тока и напряжения ЛЕМ, позволяющие измерять электрические величины; измеряющее и преобразующее устройство АЦП USB-6008 стандартного типа; регистрирующее устройство с программным обеспечением.

Для измерения силовых параметров использовался тензометрический метод, т. е. на специально изготовленные месдозы были наклеены тензодатчики типа ПКБ-10-100ГБ (сопротивление $99,5 \pm 0,25$ Ом), которые соединены в известную полумостовую схему. В качестве усилителя сигнала тензодатчиков использовался тензоусилитель ТА-5, а показания фиксировались с помощью осциллографа Н-115.

Все изменения электрических и механических параметров фиксировались соответственно с помощью аналогового цифрового преобразователя АЦП USB-6008 (см. рис. 1), что

позволило получить осциллограммы (рис. 2) изменения тока 2, напряжения 1 и мощности 3 на электродвигателе привода, а так же осциллограммы изменения скорости передвижения механизма и частоты вращения электродвигателя привода и усилий на опорных башмаках (рис. 2, б–в), из которых видно характер изменения электрических и механических параметров как за один период перемещения, т. е. за цикл шагания, который соответствует времени одного полного поворота выходного вала эксцентрика, так и изменения этих параметров в течение нескольких циклов.

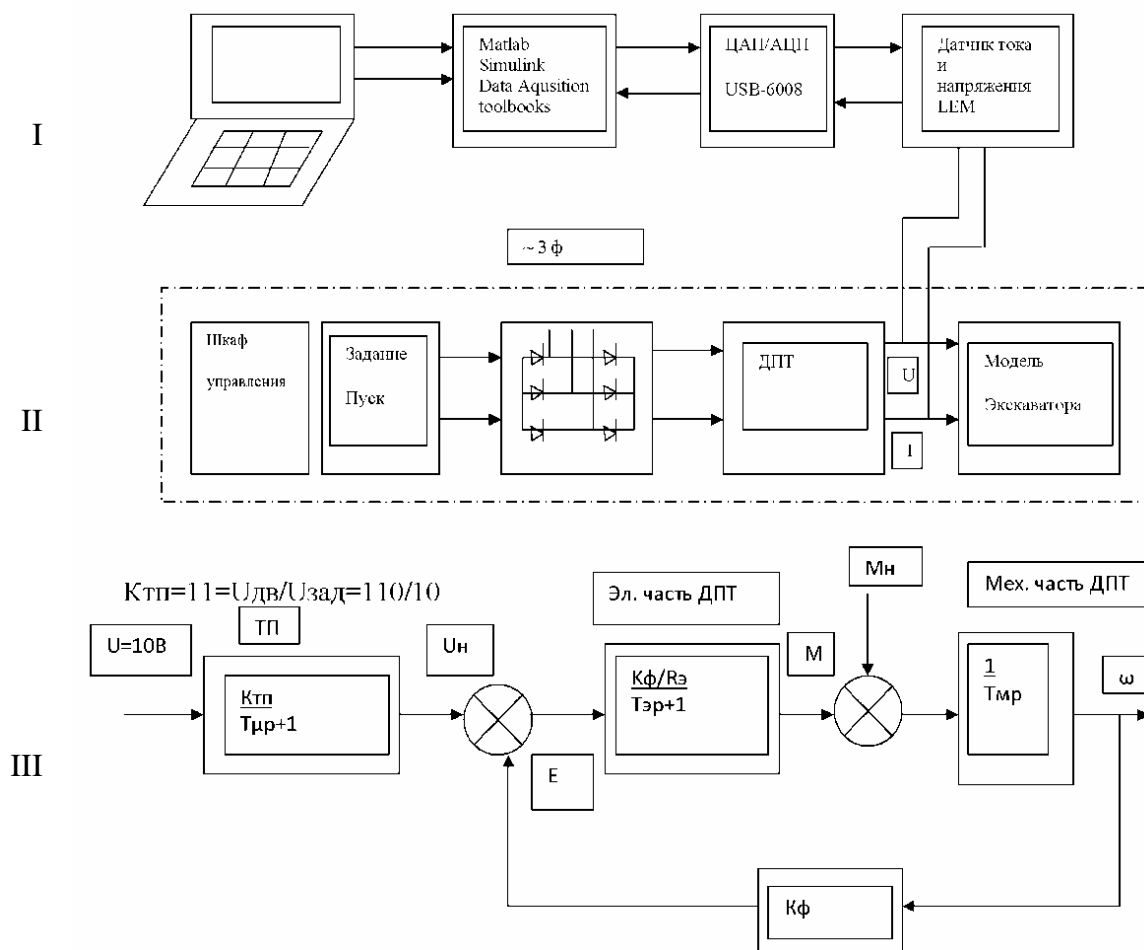


Рис. 1. Схема измерительно-информационной системы для экспериментальных исследований электрических параметров модели

В ходе экспериментальных исследований четырехопорного шагающего механизма производилась видео- и фотосъемка процесса шагания, для чего фиксировалось изменение положения опорных башмаков за один цикл шагания, что позволило визуально оценить возможности такого ходового оборудования и его работоспособность при разных условиях и режимах работы, определить взаимное положение башмаков и рассмотреть возможные варианты движения тележки.

Электрическая схема привода физической модели была собрана таким образом, что позволяла производить прямолинейное движение и поворот несколькими способами. Так, основным вариантом прямолинейного движения тележки можно считать поочередный подъем и перемещение внешних и внутренних опорных башмаков. Возможно так же прямолинейное движение тележки при подъеме и перемещении одного внешнего и одного внутреннего башмака. Такой характер движения особенно важен для горных машин при перемещении по «податливым» грунтам с неравномерной «просадкой» опорных башмаков.

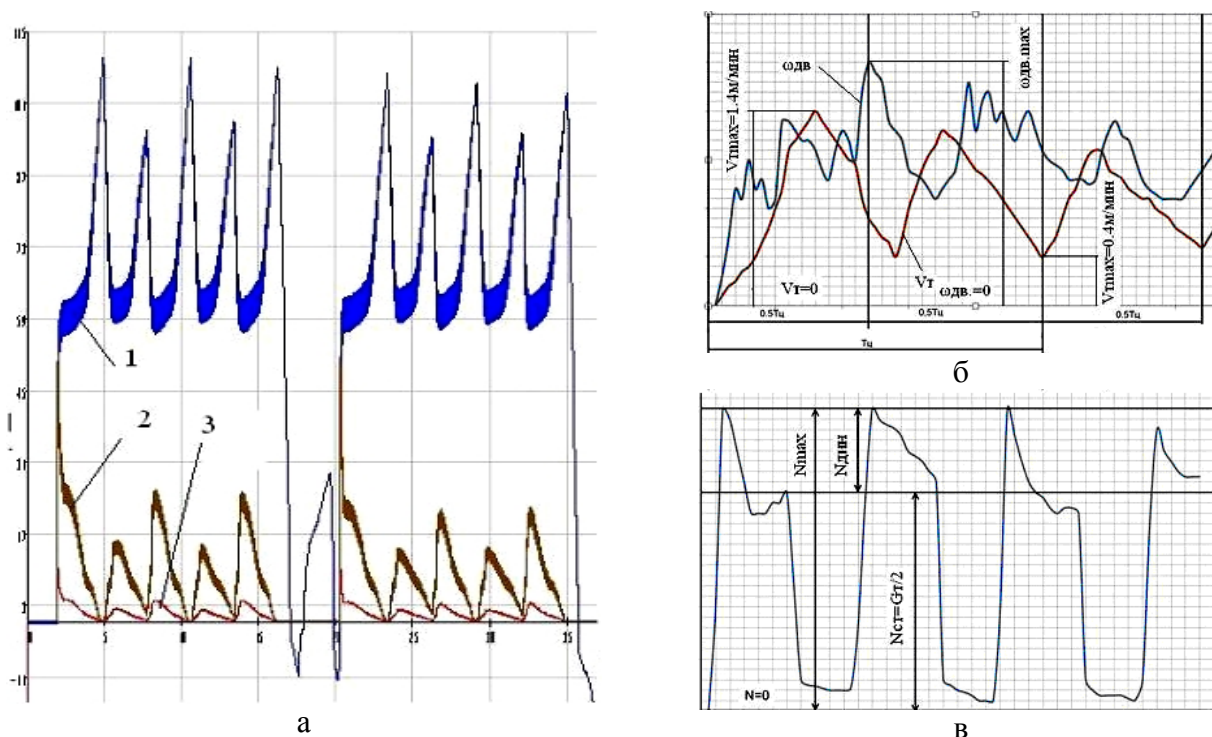


Рис. 2. Осциллограммы измерения электромеханических параметров модели четырехопорного шагающего механизма:

а – электрических величин, напряжения 1, тока 2, мощности 3; б – усилий на опорных башмаках (N); в – скорости тележки (V_T) и угловой скорости вала двигателя ($\omega_{дв}$)

Поворот тележки с четырехопорным механизмом шагания возможен при следующих вариантах: «заторможенные» опорные башмаки с одной стороны с внутренней стороны относительно центра вращения и поворот происходит за счет перемещения опорных башмаков с внешней стороны; опорные башмаки внутренние и внешние перемещаются в разных направлениях.

ВЫВОДЫ

Таким образом, экспериментальные исследования подтвердили работоспособность четырехопорного шагающего механизма, а исследуемые параметры позволяют провести анализ влияния на энергоемкость процесса перемещения конструкции привода, параметров ходового оборудования и внешних факторов, к которым можно отнести неровность опорной поверхности, ее состояние и уклон пути.

ЛИТЕРАТУРА

1. Патент України № 46019 E02F9/04. Крокуючий хід важких кар'єрних екскаваторів – лопат / Марченко А. І., Буренко О. Г., Калашиников О. Ю., Литвинов Л. І. – Опубл. 15.05.2002, Бюл. № 5.
2. Подэрни Р. Ю. Горные машины и автоматизированные комплексы для открытых работ в 2 т / Р. Ю. Подэрни. – М. : 2001, Т. 2. – 322 с.
3. Семенченко А. К. Теоретичні основи аналізу і синтезу гірничих машин і процесу їх відновлення, як динамічних систем / А. К. Семенченко, В. М. Кравченко, О. С. Шабаев. – Донецьк : РВА ДонНТУ, 2002. – 302 с.
4. Крупко І. В. Експериментальні дослідження чотирьохопорного ексцентрикового крокуючого механізму / І. В. Крупко // Підйомно-транспортна техніка. – Дніпропетровськ, 2009. – № 4 (32). – С. 75–81.
5. Баловнев В. И. Моделирование процессов взаимодействия со средой рабочих органов дорожно-строительных машин / В. И. Баловнев. – М. : Высшая школа, 1981. – 335 с.