

УДК621.879

**Крупко И. В., Отченаш С. Ю.****СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕХАНИЗМОВ ПЕРЕДВИЖЕНИЯ ЭКСКАВАТОРОВ**

Одним из приоритетных направлений развития хозяйственного комплекса Украины на ближайшее десятилетия будет добыча полезных ископаемых открытым способом, как одним из наиболее эффективных и экономичных. Основными машинами, обеспечивающими разработку полезных ископаемых открытым способом, являются одноковшовые экскаваторы с использованием ковша объемом более  $4 \text{ м}^3$ , а именно механические лопаты и драглайны.

Как правило, для каждого из типов экскаваторов применяют характерный для него механизмы передвижения, именно: у механических лопат – гусеничный движитель, у драглайнов трехопорный ход. Каждый из этих механизмов обладает рядом недостатков: 30 % простоев механических лопат по результатам исследований [1] приходится именно на гусеничный ход, в связи с быстрым износом отдельных элементов (колес, траков), даже когда экскаватор не передвигается. Наиболее выраженным недостатком трехопорного движителя у драглайнов является очень высокая энергоемкость процесса перемещения, связанная с тем, что часть энергии тратится на преодоление сил трения опорной базы о грунт, вследствие чего происходит быстрый износ базы. Замена звеньев в гусеничном движителе, либо ремонт опорной базы у трехопорного движителя требуют много времени и значительных затрат.

В последнее время были разработаны альтернативные механизмы передвижения для экскаваторов такого класса, такие как четырехопорный движитель, следовательно, появляется необходимость сравнения традиционных движителей для каждого из видов машин с последним. Необходимо дать объективную оценку технического уровня каждому механизму передвижения в сравнении его с другим, установленным на экскаваторе того же весового класса. Такими оценками являются удельная металлоемкость механизма; удельная энергоемкость процессов перемещения; показатели надежности (работоспособности, ремонтпригодности) и т. п.

Наиболее полные методы расчета механизмов передвижения экскаваторов как механической лопаты, так и драглайнов приведены в работах профессоров Домбровского Н. Г., Гармаша Н., Бережного П. М., а так же Подерни Р. Ю. В работах Сулова Н. М. были подробно рассмотрены методики расчета трехопорного механизма передвижения, кроме того, на тему четырехопорного движителя им была защищена диссертация. Экспериментальные исследования модели четырехопорного движителя были проведены на физической модели в лаборатории кафедры ПТМ ДГМА. Однако исследований по четырехопорному ходу по-прежнему недостаточно, т. к. нет точной методики по определению мощности хода с электромеханическим приводом и оценки энергоемкости процессов перемещения.

Актуальностью данной работы является анализ и сравнительная характеристика уже существующих движителей с новыми конструкциями, например четырехопорным механизмом шагания, разработанным на ПАО «НКМЗ» [2].

Целью данной работы является исследование энергоемкости процессов перемещения экскаваторов с разными видами движителей, определение мощности приводов для экскаваторов с аналогичной массой, а также сравнение полученных данных.

Для этого рассмотрим энергоемкость процессов перемещения указанных движителей (гусеничного, трехопорного и четырехопорного) соответственно.

Мощность привода гусеничного хода определим по известной методике профессора Н. Г. Домбровского [3]:

$$P_{г.х.} = W_{эк} \cdot V_{эк} \cdot \eta_{г.х.},$$

где  $W_{эк}$  – суммарное сопротивление передвижению экскаватора, учитывающее внутренние и внешние сопротивления, кН;

$V_{эк}$  – скорость передвижения экскаватора, м/с;

$\eta_{г.х.}$  – КПД привода гусеничного движителя.

Методика расчета работы, затрачиваемой на перемещение драглайна с трехпорным движителем, наиболее полно изложена в работах Подерни Р. Ю. [4]. Привод этого механизма расходует энергию на подъем экскаватора и на преодоление сил трения базы о грунт при перемещении и на перенос ходовых башмаков. Работа, расходуемая на подъем экскаватора:

$$A_1 = K g m_3 h,$$

где  $K = 0,85 \dots 0,9$  – коэффициент, показывающий, какая часть веса экскаватора передается на башмаки при шагании;

$h$  – высота подъема центра тяжести экскаватора.

Работа, расходуемая на преодоление сил трения базы о породу  $A_2$ :

$$A_2 = (1 - K) g m_3 S \mu + g m_3 S \sin \alpha,$$

где  $S$  – длина шага;

$\mu = 0,5 \dots 1$  – коэффициент трения базы о породу;

$\alpha$  – угол подъема пути.

Мощность привода ходовой части:

$$N = \frac{A_1 + A_2}{0,25 T \eta}.$$

Далее рассмотрим предполагаемую методику определения энергоемкости процесса перемещения для четырехпорного движителя [5].

Величина эксцентриситета ( $e$ ) приводного вала и скорость передвижения модели  $V$  (м/мин) связаны со следующей зависимостью:

$$V = 4 e n,$$

где  $n$  – частота вращения выходного вала,  $\text{мин}^{-1}$ ;

$e$  – эксцентриситет выходного вала, м.

Максимальный крутящий момент ( $M_{кр}$ ) на выходном валу, необходимый для одного двигателя, исходя из условий работы привода (движение по прямой, поворот и подъем машины), определяются из зависимости:

$$M_{кр} = \frac{G_m}{2} e.$$

Требуемая суммарная мощность определяется из выражения:

$$P_{\Sigma} = \left[ \frac{M_{кр. max} \omega_{вв}}{10^3} \right] \frac{1}{\psi \eta},$$

где  $\eta$  – КПД передаточного механизма (редуктора и открытых передач);

$\psi$  – допустимый коэффициент перегрузки двигателя.

Основная методика расчета мощности состоит в следующем:

Находим частоту вращения ведущей звездочки:

$$n_{зв} = \frac{V \cdot 1000}{\pi \cdot D_1 \cdot 60},$$

где  $V$  – скорость хода;

$D_1$  – диаметр звездочки.

Далее находим коэффициент полезного действия хода:

$$n_x = n_{nx} \cdot n_{zm} = 0,87 \cdot 0,85 = 0,74.$$

И вычисляем необходимую мощность двигателя:

$$N_{\partial}^{mp} = \frac{M_{зв\partial n}^{nxm} \cdot n_{зв}}{975 \cdot n_x},$$

где  $M_{зв\partial n}^{nxm}$  – момент на валу ведущей звездочки.

Энергоемкость процесса передвижения экскаватора:

$$E_{y\partial} = \frac{N_{\partial в}}{m_{ЭК}}.$$

Подставив в каждую из методик данные для экскаваторов примерно одного веса, получаем результаты, приведенные в табл. 1.

Таблица 1

## Характеристики экскаваторов

№ п/п	Характеристика	ЭКГ-10Н		ЭШ-10/70А(11/70)	
		Гусеничный ход	Шагающий ход	Шагающий ход, $V = 279$ м/с	
		$G_3 = 4000$ Кн $V = 450$ м/с	$G_3 = 4000$ Кн $V = 250$ м/с	$G_3 = 7000$ Кн	В пересчете на $G_3 = 4000$ К
1	Мощность двигателей	$2 \times 90 = 180$	$2 \times 120 = 240$	500	286
2	Число оборотов двигателей	750	750	1000	1000
3	Крутящий момент	2340	3120	4875	2786
4	Передаточное число	346,4	128,8	387,4	387,4
5	Момент на выходе	810,5	401,7	1888	1079

Проанализировав таблицу, можно увидеть явные недостатки и преимущества каждого из ходов. Необходимая мощность двигателей для шагающих экскаваторов значительно выше, чем для гусеничных. Причина этого в необходимости большого количества энергии для преодоления силы трения скольжения о грунт, где у гусеничного хода она заменяется на трение качения, что несколько экономичнее с точки зрения затрат энергии. Если сравнивать шагающий и гусеничный ход на карьерном экскаваторе, мы имеем примерно аналогичную картину, а именно, большую необходимую мощность двигателей в механизме шагания, но меньший момент на выходе. Однако, стоит учитывать, что по сравнению с трехопорным механизмом шагания у шагающего и четырехопорного карьерного экскаватора мы не имеем опорной базы, т. к. опора происходит только на лыжи, следовательно, износ происходит только лыж вследствие силы трения. В сравнении с гусеничным ходом, казалось бы четырехопорный ход кажется невыгодным, т. к. требует большей мощности двигателей, но стоит учитывать следующее:

- в механизме хода четырехопорного движителя меньшее количество быстроизнашивающихся деталей, чем в гусеничном механизме;
- в работе четырехопорного движителя присутствует период рекуперации энергии в момент опускания лыжи. Эта энергия может быть аккумулирована и использована для совершения следующего цикла.

## ВЫВОДЫ

Таким образом, целью дальнейших исследований четырехопорного механизма передвижения является совершенствование конструкции движителя и создание устройства, позволяющего производить рекуперацию энергии и равномерного распределения вертикальных нагрузок на все опорные элементы. В исследованиях четырехопорного механизма передвижения является актуальным совершенствование конструкции движителя и создание устройства, позволяющего производить рекуперацию энергии и равномерного распределения вертикальных нагрузок на все опорные элементы. В последнее время были разработаны альтернативные механизмы передвижения для экскаваторов такого класса, такие как четырехопорный движитель, следовательно появляется необходимость сравнения традиционных движителей для каждого из видов машин с последним. Необходимо дать объективную оценку технического уровня каждому механизму передвижения в сравнении его с другим, установленным на экскаваторе того же весового класса. Такими оценками являются удельная металлоемкость механизма; удельная энергоемкость процессов перемещения; показатели надежности (работоспособности, ремонтпригодности) и т. п.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Теория и практика открытых разработок / [Н. В. Мельников, Э. И. Респотоич, Б. А. Симкин, А. И. Арсентьев и др.]. – [2-е изд.] – М. : Недра, 1979. – 636 с.
2. Пат. України UA. 46019. С2. Крокуючий хід переважно для важких кар'єрних екскаваторів – лопат / Марченко А. І., Буренко О. Г., Калашиков О. Б., Літвінов Л. І. ; заявник і патентовласник ЗАТ «НКМЗ». – № 97105194 ; заявл. 24.02.99 ; опуб. 15.05.09, Бюл. № 5. – С. 6.
3. Домбровский Н. Г. Экскаваторы. Общие вопросы теории, проектирования, исследования и применения / Н. Г. Домбровский. – М. : Машиностроение, 1969. – 318 с.
4. Подэрни Р. Ю. Горные машины и комплексы для открытых работ : [учебное пособие] : в 2-х т. Т. 1. / Р. Ю. Подэрни. – [4-е изд.]. – М. : Изд-во МГУ, 2001. – 422 с.
5. Пенчук В. А. Расчетно-теоретическое обоснование мощности привода четырехопорного шагающего механизма передвижения / В. А. Пенчук, И. В. Крупко // Вестник ДонНАСА. – Макеевка, 2008. – Вып. 3 (71). – С. 165–169.
6. Байкельф Ф. Надежность и техническое обслуживание. Математический подход : пер. с нем. / Ф. Байкельф, П. Франкен. – М. : Радио и Связь, 1988. – 392 с.

Статья поступила в редакцию 19.09.2013 г.