

УДК 621.879.31

**А.П. Сінолиций**, д-р техн. наук,

**Ю.Б. Філіпп, М.М. Максимов**, кандидати техн. наук

### НЕПРЯМЕ ЗВАЖУВАННЯ ПОРОДИ У КОВШІ КАР'ЄРНИХ ЕКСКАВАТОРІВ

*Розглянуті питання розробки системи непрямого зважування породи у ковші кар'єрних екскаваторів з використанням сигналів датчиків параметрів електроприводів підйому і напору. Отримані залежності для визначення маси породи у ковші екскаватора. Наведена схема моделі для дослідження режимів копання.*

**А.Ф. Сінолиций**, д-р техн. наук,

**Ю.Б. Филипп, М.Н. Максимов**, кандидати техн. наук

### КОСВЕННОЕ ВЗВЕШИВАНИЯ ПОРОДЫ В КОВШЕ КАРЬЕРНЫХ ЭКСКАВАТОРОВ

*Рассмотрены вопросы разработки системы косвенного взвешивания породы в ковше карьерных экскаваторов с использованием сигналов датчиков параметров электроприводов подъема и напора. Получены зависимости для определения массы породы в ковше экскаватора. Приведена схема модели для исследования режимов копания.*

**A. F. Sinolicij**, ScD,

**J. B. Filipp, M. N. Maksimov**, PhD

### INDIRECT WEIGHING ROCK MINING EXCAVATOR BUCKETS

*The problems of developing a system of indirect weighing of rocks in the bucket mining excavators by using the sensor signals the parameters of electric lift and pressure. The dependencies for determining the mass of rock in the bucket shovels. A scheme of the model in investigation of digging.*

Зважування породи у ковші екскаватору є складним завданням, оскільки у процесі екскавації породи змінюються відстань виходу рукояті і ковша по відношенню до центру шестерні рейкової передачі натиску екскаватору, а також висота підйому ковша з породою над підшовою.

Компанією Rice Lake Weighing Systems (США) створена система ES-1 зважування породи у ковші для гідравлічних екскаваторів з датчиками натиску і нахилу обладнання екскаватора, контро-лером і має точність вимірів близько 3%.

Для електричних екскаваторів можна розробити систему непрямого виміру ваги породи у ковші, використовуючи виміри параметрів електро-двигунів, розмірів обладнання, яке здійснює екскавацію і положення ковша по відношенню до центрів обертання рукояті і підйомних блоків.

На рис.1 наведена схема для розрахунку приведеної маси рукояті і ковша з породою.

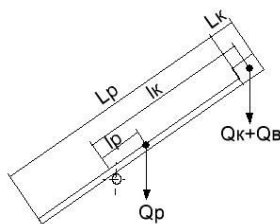


Рис.1.Схема для розрахунку сумарної маси рукояті, ковша і пород

У наведеній схемі прийняті позначення:

$L_p, L_k$  – довжина рукояті і ковша екскаватора;

$l_p, l_k$  – відстань центрів тяжіння рукояті і ковша по відношенню до центру обертання шестерні рейкової передачі приводу напору;  $Q_p, Q_k, Q_e$  – маса відповідно рукояті, ковша і вантажу.

© Сінолиций А.П., Філіпп Ю.Б.,

Максимов М.М., 2011

Відстань центру тяжіння ковша з вантажем по відношенню до центра шестерні напору визначається через відстань центру тяжіння рукояті і відомій довжині рукояті і ковша:

$$l_e = l_p + \frac{L_p + L_k}{2}.$$

Маса рукояті може бути приведеною до центру тяжіння ковша з породою таким чином:

$$Q_p' = Q_p \frac{l_p}{l_p + \frac{L_p + L_k}{2}}.$$

Загальна маса вантажу з ковшем і рукояттю

$$Q_c = Q_k + Q_a + Q_p'.$$

Для визначення сумарної маси вантажу використовуємо схему, яка враховує кути положення рукояті до вертикалі  $\alpha$  і горизонталі  $\beta$  (рис.2).

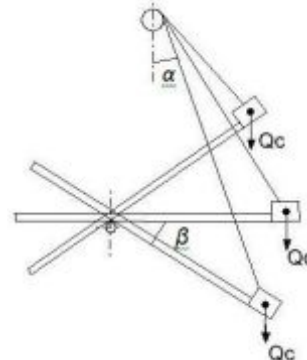


Рис.2.Схема для розрахунку сумарної маси вантажу

Зусилля підйому і напору у відповідних електроприводах визначаються так:

$$F_i = I_i \frac{k_{ii} \cdot i_{\partial i}}{R_i},$$

$$F_i = I_i \frac{k_{ii} \cdot i_{di}}{R_i},$$

де  $I_n, I_n, k_{mn}, k_{mn}$  – струми і коефіцієнти моменту електроприводів підйому і напору;  $i_{pn}, i_{pn}, R_n, R_n$  –

передаточні числа редукторів і радіуси обертання приводів підйому і напору.  
З урахуванням кутів  $\alpha$  і  $\beta$  сумарна маса

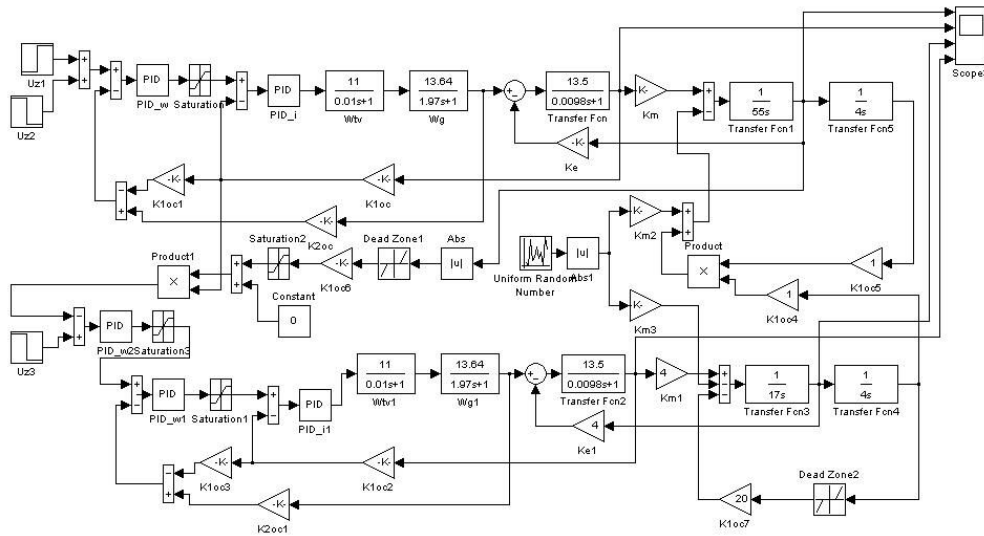


Рис.3. Схема моделі для дослідження динамічних режимів приводів підйому і напору екскаватора

$$Q_c = I_i \frac{k_{ii} i_{di}}{R_i g} \cdot \frac{\cos(\alpha + \beta)}{\cos \beta},$$

де  $g$  – прискорення вільного падіння.

Кут  $\alpha$  через складності його прямого вимірювання може бути розрахований за формулою:

$$\alpha = \arcsin\left(\frac{I_i k_{ii} i_{di} R_i}{I_i k_{ii} i_{di} R_i}\right) \cos \beta.$$

Розроблено схему моделі в середовищі Matlab-Simulink для дослідження динамічних режимів копання кар'єрного екскаватора для електроприводів підйому і напору (рис.3).

Схема моделі має дві замкнені системи регулювання струму і ЕРС. Завдання на привод напору формується у функції струму привода підйому. Навантаження електроприводів підйому і напору у режимі копання формується за допомогою блоку *Uniform Random Number*. Кут  $\alpha$ ,  $\beta$  положення рукояті можуть бути отримані після інтегрування швидкостей підйому і напору.

Таким чином, для створення системи зважування породи у ковші необхідно отримувати наступні сигнали:

- струми якорів двигунів підйому і напору екскаватора;

- кут положення рукояті до горизонталі.

Використовуючи ці сигнали, наведені вирази і контролер для розрахунків, можна визначити масу сумарного вантажу до і після розвантаження ковша. Це дозволить визначити, скільки породи було розвантажено у даному циклі екскавації і сформувати базу даних для оперативного контролю процесу екскавації.

При роботі екскаватора через наявність пружних зв'язків мають місце коливання струму двигунів підйому і напору, тому необхідно декілька разів

визначити масу породи до і після моменту включення двигуна відкриття днища ковша. Це дозволить усереднити розраховані значення і виключити вплив пружних коливань на визначення маси породи.

Отримано 15.06.2011



Сінолиций Анатолій Пилипович,  
д.т.н., зав.каф. автоматизованого електропривода Криворізького нац. ун-ту,  
вул. XXII Партз'їзду, 11  
Кривий Ріг, 50027,  
р.т. 056-409-06-47,  
м./т. 067-929-73-86



Філіпп Юлій Борисович,  
к.т.н., доцент каф. автоматизованого електропривода Криворізького нац. ун-ту,  
р.т. 056-409-06-47,  
м./т. 066-742-45-95  
E-mail: uliy.filipp@gmail.com



Максимов Михайло Миколайович,  
к.т.н., доцент каф. автоматизованого електропривода Криворізького нац. ун-ту,  
р.т. 056-409-06-47,  
м./т. 098-430-78-15