

ФІЗИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ОПОРНОЇ ПОВЕРХНІ ЛИЖ КРОКУЮЧОГО МЕХАНІЗМУ ЕКСКАВАТОРА-ДРАГЛАЙНА

Держинська О. В.

Данные исследования посвящены нахождению путей совершенствования ходового оборудования экскаваторов-драглайнов за счет модернизации опорной поверхности лыж механизма перемещения шагающего экскаватора. Для исследований был выбран метод физического моделирования. Приведены основные формулы и соотношения эталонной машины и модели. Получены аналитические зависимости для определения масштабных коэффициентов, которые потребуются для построения физической модели лыж шагающего экскаватора. Изложенная методика позволит на стадии проектирования шагающего экскаватора решить задачу оптимизации параметром механизма передвижения экскаватора-драглайна.

Дані дослідження присвячені пошуку шляхів вдосконалення ходового обладнання екскаваторів-драглайнів за рахунок модернізації опорної поверхні лиж механізму переміщення крокуючого екскаватора. Для досліджень був обраний метод фізичного моделювання. Наведено основні формули і співвідношення еталонної машини і моделі. Отримано аналітичні залежності для визначення масштабних коефіцієнтів, які будуть потрібні для побудови фізичної моделі лиж крокуючого екскаватора. Викладена методика дозволить на стадії проектування крокуючого екскаватора вирішити завдання оптимізації параметром механізму пересування екскаватора-драглайна.

These studies are devoted to finding ways to improve the running equipment of drag-line excavators by upgrading the ski support surface of the walking excavator movement mechanism. The method of physical modeling was chosen for the research. The basic formulas and relations of the reference machine and model are given. The analytical dependencies to determine the scale factors that will be required for constructing the physical model of the walking excavator skis are obtained. The stated technique will allow solving the optimization problem by the parameter of the drag-line excavator movement mechanism at the stage of designing the walking excavator.

Держинська О. В.

аспірант ДДМА
olgadzerzhins@gmail.com

ДДМА – Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ.

УДК 621.879.323

Дзержинская О. В.

ФІЗИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ОПОРНОЇ ПОВЕРХНІ ЛИЖ КРОКУЮЧОГО МЕХАНІЗМУ ЕКСКАВАТОРА-ДРАГЛАЙНА

Оновлення парку обладнання є найбільш важливим питанням гірничої промисловості України. Виробництво вітчизняної техніки в останні роки було дуже скорочено через різке падіння обсягів нового будівництва та не стабільний фінансовий стан гірничого комплексу України.

Проте динаміка змін термінів та зменшення виробництва гірничих підприємств з 2014 по 2016 рік свідчить, що робота галузі стабілізувалась, а у деяких основних підгалузях гірничого комплексу визначилась тенденція росту виробничих показників. Але гірники вимушені експлуатувати обладнання, що відпрацювало встановлені строки. На сьогодні в Україні знос основних виробничих фондів складає по гірничорудним підприємствам майже 80 %. Особливе занепокоєння викликає стан крокуючих екскаваторів [1].

Як відомо, крокуючі екскаватори використовуються для будівельних меліоративних робіт, для розкривання і видобутку на відкритих розробках корисних копалин. Ходовий обладнання драглайнов незамінне для роботи на слабких ґрунтах [2–6]. Тут великі опорні поверхні забезпечують малий питомий тиск, а податливість ґрунтів забезпечує рівномірність розподілу тиску під опорною поверхнею лиж.

Головним питанням залишається швидкість пересування крокуючого екскаватора. Саме з цього вивчення процесу збільшення швидкості за рахунок модернізації конструкції механізму пересування крокуючого екскаватора є актуальним. Для даних досліджень найбільш ефективним методом є фізичне моделювання [7–17].

У джерелах [9–17], присвячених фізичному моделюванню робочих процесів будівельних і дорожніх машин приводяться математичні моделі, алгоритми рішення, основи розрахунку.

У дослідженнях В. І. Баловнева [12, 14] розглянуті питання використання теорії подібності для узагальнення оптимальних рішень на подібну об'єкта техніки і процесу. Їм наведені розрахунки і оцінка систем методами мінімізації математичних моделей четвертої координати робочого процесу для визначення оптимальних параметрів і режимів роботи.

В роботі [15] розглянуто принцип раціонального створення спеціальних транспортних засобів. Представлений розрахунок критеріїв прохідності транспортних засобів. У дослідженнях [16] авторами було розроблено фізична модель гусеничного рушія, з урахуванням фізичних і механічних властивостей ґрунтів. В роботі [17] приведена фізична модель чотирьохопорного крокуючого рушія, автором було розглянуто процес динаміки переміщення моделі, встановлена енергоємність процесу переміщення. Питання про фізичну моделювання процесу взаємодії опорної поверхні лиж з ґрунтовою основою ґрунтово не був розглянутий. Вивчення даного питання є актуальним.

Метою статі є створення фізичної моделі лиж механізму переміщення крокуючого екскаватора з різними опорними елементами.

Фізичні моделі систем «лижі-ґрунт» дозволяють створювати математичні залежності будь-якої складності, що визначають величину і характер зміни сил на механізм того, що крокує, при його взаємодії з ґрунтом для екскаваторів різного типорозміру. Фізичне моделювання має велике значення при створенні віртуальної моделі інноваційних систем важкого екскаваторобудівництва, для якого ще не встановлені надійні системи математичного опису процесу взаємодії крокуючого рушія з ґрунтом.

Для правильної постановки і обробки експерименту, результати якого дозволяють встановити закономірності і можуть бути прикладені до випадку, в якому експеримент не проводився безпосередньо, дуже важливо правильно вибрати безрозмірні параметри.

Їх кількість має бути мінімальним і взяті параметри повинні відображати в найбільш зручній формі основні ефекти. Можливість вибору системи визначальних безрозмірних параметри визначається за допомогою розмірності і подібності. Вона може бути додана до даного випадку розгляду лиш механізму пересування крокуючого екскаватора [10–12].

Таким чином параметри які будуть використані будуть наступними [12]:

l – лінійні розміри конструкції лиш механізму переміщення крокуючого екскаватора;

t – час переміщення лиш механізму переміщення крокуючого екскаватора;

v – швидкість переміщення лиш механізму переміщення крокуючого екскаватора;

G – сили діючі на лижу;

c – зчеплення опорної поверхні лиш з ґрунтом;

u – переміщення лиш (зрушення лиш);

ρ – тиск лиш на ґрунт;

μ – матеріал моделі.

Таким чином функціональна залежність працездатності має вигляд:

$$P = f(l, t, v, G, c, u, \rho, \mu).$$

Виходячи із загальних законів подоби, знаходимо критерії подібності механізму крокування. Кількість фізичних величин характеризують процес роботи механізму крокування дорівнює восьми.

За другою теоремою подібності необхідне число критеріїв подібності k , що визначають процес переміщення крокуючого екскаватора [11]:

$$k = n - m,$$

де k – число критеріїв подібності,

n – величина впливає на хід процесу,

m – число параметрів з незалежними одиницями виміру.

Застосування даної теореми дозволяє істотно спростити обробку експеримента, значно спростивши обчислення.

Можливість руху крокуючого екскаватора визначається нерівністю [15]:

$$P_T \geq \sum F_i,$$

де P_T – сила тяги механізму переміщення крокуючого екскаватора;

$\sum F_i$ – сума сил опору руху драглайна.

Комплексним критерієм порівняльної ефективності служить вираз:

$$\Pi = G \cdot V / P_{\text{п}},$$

де G – навантаження на механізм пересування драглайна;

V – швидкість,

$P_{\text{п}}$ – споживана потужність.

З цього перший критерій подібності відображає геометрична подібність, яку представлено рівністю всіх кутів α і пропорційністю всіх лінійних розмірів l . [11, 12]:

$$\frac{l_{\text{оп}}}{l_{\text{м}}} = k_l = \text{const},$$

де k_l – масштабний коефіцієнт лінійних розмірів;

$$\alpha_{op} = \alpha_m.$$

Припускаємо, що модель лижі механізму переміщення крокуючого екскаватора буде виготовлена зі сталі, отже масштабний коефіцієнт щільності матеріалу моделі і оригінального екскаватора будуть подібним $k_\mu = 1$.

Тоді для переходу до маси моделі отримаємо:

$$m_m = m_{op} \cdot k_l^{-2} \cdot k_\mu.$$

Другий критерій подібності відображає кінематичне подоба системи. Виходячи з цього формула для визначення швидкості переміщення лиж механізму пересування крокуючого екскаватора по ґрунту:

$$\frac{v_{op}}{v_m} = k_v = const,$$

де k_v – масштабний коефіцієнт швидкості.

$$k_v = k_l^{-\frac{1}{2}}.$$

$$v_m = v_{op} \cdot k_l^{-\frac{1}{2}}.$$

З другого критерію подібності формула для переходу до тимчасових характеристик процесу переміщення:

$$t_m = t_{op} \cdot k_l^{-\frac{1}{2}}.$$

Масштабний коефіцієнт переміщення k_u моделі лиж драглайна буде дорівнювати k_l масштабного коефіцієнту лінійних розмірів крокуючого екскаватора. З цього слідує, що переміщення моделі:

$$u_m = u_{op} \cdot k_l.$$

Третій критерій подібності відображає динамічні процеси механізму крокування драглайна. Виходячи з цього, сила, прикладена до лиж крокуючого екскаватора в момент початку кроку:

$$\frac{G_{op}}{G_m} = k_G = const,$$

де k_G – масштабний коефіцієнт сили.

$$k_G = k_l^2.$$
$$G_m = G_{op} \cdot k_l^2.$$

З третього критерію подібності формула для визначення тиску лиж моделі на ґрунт має наступний вигляд:

$$\rho_m = \rho_{op} \cdot k_l.$$

Зчеплення лиж моделі крокуючого екскаватора з ґрунтом має вигляд:

$$c_m = c_{op} \cdot k_l.$$

ВИСНОВКИ

Таким чином, при моделюванні процесів взаємодії опорної поверхні лиж механізму переміщення крокуючого екскаватора були отримані співвідношення основних параметрів моделей та оригінального крокуючого екскаватора. Дослідження дозволяють визначити шляхи вдосконалення ходового обладнання екскаваторів-драглайнів за рахунок модернізації опорної поверхні лиж механізму переміщення крокуючого екскаватора. Під час дослідження були отримані аналітичні залежності для визначення масштабних коефіцієнтів, які будуть потрібні для побудови фізичної моделі лиж крокуючого екскаватора.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Калиниченко В. А. Концепция амортизационной политики горных предприятий на современном этапе / В. А. Калиниченко, Е. В. Калиниченко, Л. В. Спивак // Вісник Криворізького національного університету. – 2013. – Вып. № 34. – С. 309–312.
2. Подерни Р. Ю. Механическое оборудование карьеров / Р. Ю. Подерни. – М. : Издательство Московского государственного горного университета, 2007. – 680 с.
3. Шеффлер М. Основы расчета и конструирования подъемно-транспортных машин / М. Шеффлер, Г. Пайер. – М. : Машиностроение, 1980. – 255 с.
4. Ефременков А. Б. Горные машины и оборудование / А. Б. Ефременков. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 152 с.
5. Будішевський В. О. Проектування транспортних систем енергосмних виробництв / В. О. Будішевський. – Донецьк, 2008. – 439 с.
6. Хмызников К. П. Механическое оборудование карьеров. Одноковшовые экскаваторы / К. П. Хмызников. – М. : СПГТИ, 2007. – 41 с.
7. Зедгинидзе И. Г. Планирование эксперимента для исследования многокомпонентных систем / И. Г. Зедгинидзе. – М. : Наука, 1976. – 390 с.
8. Ашихмин В. Н. Введение в математическое моделирование / В. Н. Ашихмин, М. Б. Гитман, И. Э. Келлер. – М. : Логос, 2005. – 440 с.
9. Гоберман Л. А. Основы теории, расчета и проектирования строительных и дорожных машин / Л. А. Гоберман. – М. : Машиностроение, 1988. – 464 с.
10. Веников В. А. Теория подобия и моделирования / В. А. Веников. – М. : Высш. школа, 1976. – 479 с.
11. Седов Л. И. Методы подобия и размерности в механике / Л. И. Седов. – М. : Наука, 1977. – 440 с.
12. Баловнев В. И. Определение оптимальных параметров и выбор землеройных машин в зависимости от условий эксплуатации / В. И. Баловнев. – М. : МАДИ (ГТУ), 2010. – 134 с.
13. Тихонов А. И. Основы теории подобия и моделирования (электрические машины) / А. И. Тихонов. – Иваново : ФГБОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет», 2011. – 132 с.
14. Баловнев В. И. Определение оптимальных параметров и выбор дорожно-строительных машин методом четвертой координаты / В. И. Баловнев. – М. : МАДИ (ГТУ), 2014. – 180 с.
15. Котович С. В. Двигатели специальных транспортных средств. Часть 1 / С. В. Котович. – М. : МАДИ (ГТУ), 2008. – 161 с.
16. Зуев А. А. Особенности физического моделирования гусеничного двигателя в тренажерных комплексах / А. А. Зуев, Д. А. Гапон // Вестник НТУ «ХПИ» : Автоматика та приладобудування : сборник научных трудов. – 2011. – Вып. № 57. – С. 97–102.
17. Крупко И. В. Экспериментальное исследование четырехопорного шагающего двигателя / И. В. Крупко // Вісник ДДМА : зб. наук. праць. – Краматорськ : ДДМА, 2011. – Вып. №2 (23). – С. 88–91.