

УДК 624.132.3:621.879.3

Я.О.Рубан, Є. В. Галба, О. В. Максютенко, А. Й. Клещов,
науковий керівник доц. В.М. Сліденко

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут» Інститут енергозбереження та енергоменеджменту, м. Київ, Україна

МОДЕЛЬ СТІЙКОСТІ ГІДРАВЛІЧНОГО ЕКСКАВАТОРА

Анотація. Запропонована модель стійкості гідравлічного екскаватора та наведені рекомендації по вибору способів та параметрів забезпечення стабільної стійкості.

Аннотация. Предложена модель устойчивости гидравлического экскаватора и приведены рекомендации по выбору способов и параметров обеспечения стабильной устойчивости.

Abstract. The model stability hydraulic excavators and provides guidelines for selecting methods and parameters to ensure stability.

Вступ. Проблема забезпечення стійкості гірничих машин на сьогодні є актуальною у зв'язку з впровадженням різноманітних силових і динамічних виконавчих органів.

Аналіз попередніх досліджень. Під час роботи гірничих машин виникають перекидні моменти, які зумовлені силами, що виникають в процесі функціонування машини [1, 2]. Перекидні моменти можуть досягати критичних значень, при яких з'являється ризик перекидання машини, поломки її елементів та виникнення аварії.

Мета роботи. Розробити математичну модель для визначення запасу стійкості при установці маніпулятора на ділянці з кутом нахилу, при змінній величині установки виносних опор, противаги, а також маси противаги та визначити вплив вказаних факторів на коефіцієнт запасу стійкості.

Матеріал і результати дослідження. Ефективна робота маніпулятора під час проведення робіт можлива лише за умови надійного забезпечення точності позиціонування кінематичної системи його робочого обладнання, що повинно забезпечуватись достатнім рівнем стійкості базової машини [1]. Запасом стійкості називається відношення силових факторів, які намагаються підтримати рівновагу до факторів, які намагаються її порушити. Однією із причин, які стримують підвищення ефективності маніпулятора, є їх недостатня стійкість при повороті екскаватора на вивантаження ґрунта з одночасним суміщенням робочих рухів рукояті і стріли.

На сьогодні для збільшення стійкості використовуються різноманітні засоби, зокрема, розсування гусеничних візків, аутригери або розпірні пристрої, висувна противага та інші. Для розробки математичної моделі стійкості запропонована розрахункова схема (рис.1). Вона характерна для випадку коли екскаватор виконує установку ковша в робоче положення, при цьому поворотна платформа обертається із кутовою швидкістю ω . Схема маніпулятора відповідає умові досягнення максимального вильоту виконавчого органа при положенні його характерної крайньої точки – крайньої точки інструмента ковша на $2/3$ максимальної висоти при установці на стояночній площадці. Силові фактори при цьому: R_{PO} – відцентрова сила, яка виникає при повороті робочого обладнання; Q_{PO} – вага робочого обладнання; R_1 – відцентрова сила, яка виникає при повороті платформи; Q_1 – вага поворотної платформи; R_2 –

Складові моменту відновлення:

– момент від ваги i -го елемента

$$M_{qi} = q_i[(x_i - b) \cos \mu + (y_i - b) \sin \mu] \quad (4)$$

– відцентрова сила j -го рухомого елемента

$$R_j = \frac{q_j \omega^2 x_j}{g} \quad (5)$$

де ω – кутова швидкість поворотної платформи, рад/с;

g – прискорення вільного падіння, Н;

q_i, q_j – вага i -го та j -го елементів;

x_i, y_i – координати центра мас i -го елемента, рад/с;

x_j – координати центра мас j -го елемента, рад/с;

b – відстань від центра координат до точки можливого перекидання машини.

– момент від відцентрової сили:

– момент від ваги i -го елемента

$$M_{Ri} = R_i y_i \quad (6)$$

Аналогічно визначаються складові моменту перекидання M_n з урахуванням елементів базової машини або маніпулятора.

У випадку розширення опорного контуру збільшується відстань від осі обертання платформи до ребра перекидання. Тоді момент вагових сил :

$$M_{qi} = q_i[(x_i - (b + \Delta b)) \cos \mu + (y_i - (b + \Delta b)) \sin \mu] \quad (7)$$

Стратегія дослідження полягає в проведенні розрахунків при послідовній зміні варіативних параметрів: b, x, m_p . Кількість експериментів для зміни кожного параметра приймається 5.

Для конструктивних параметрів, з метою відносної оцінки ефективності, положення частин маніпулятора приймаються значення 5% від повного розміру. На рисунку 2 зображено графік залежності коефіцієнта стійкості від впливових факторів.

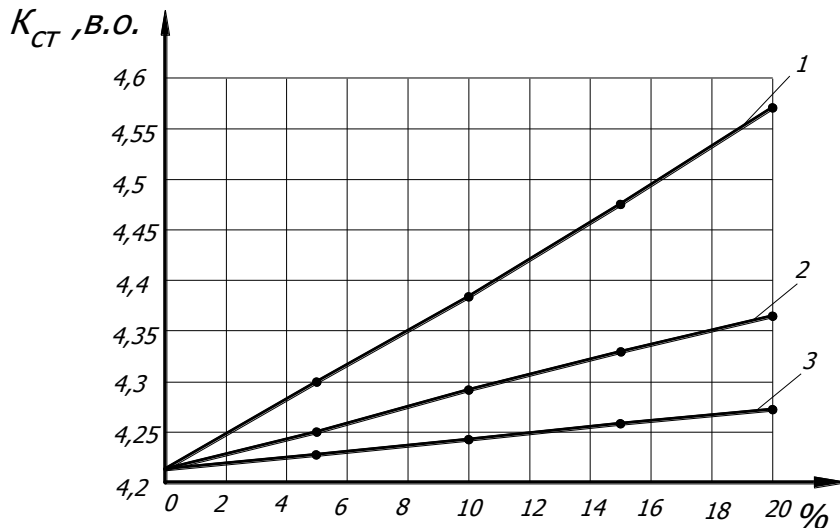


Рисунок 2 – Залежність коефіцієнту запасу стійкості від конструктивних параметрів: 1 – розширення опорного контуру b ; 2 – збільшення маси противаги m_p ; 3 – збільшення вильоту противаги x при $m_p = const$.

Як видно із графіка під час розширення опорного контуру b на 20 % від початкового розміру коефіцієнт запасу стійкості n_{cm} збільшився на 0,36, тоді як під час збільшення маси противаги m_p та вильоту противаги x зміни відбулися на 0,152 та 0,06 відповідно. Отже, найбільш впливовим із вказаних факторів є розширення опорного контуру.

Дослідимо вплив кута установки маніпулятора до горизонту на його стійкість. При цьому кут μ приймається в межах 1/5 від повного діапазону значень $0^\circ \dots 10^\circ$. В результаті отримано графік залежності коефіцієнта стійкості від кута μ , який наведений на рисунку 3.

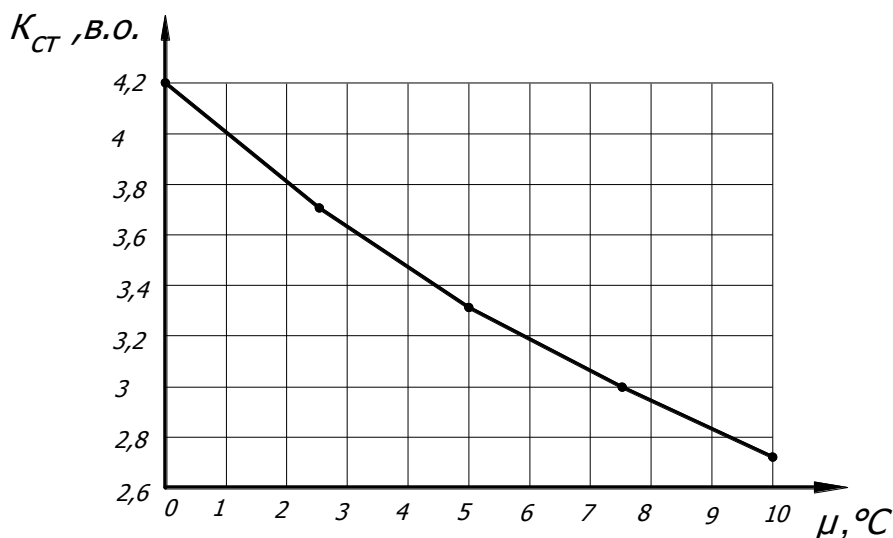


Рисунок 3 – Залежність коефіцієнта запасу стійкості маніпулятора від кута установки.

З наведеного графіка видно, що при зміні кута установки маніпулятора від 0° до 10°

коефіцієнт запасу стійкості зменшився в 1,54 рази.

Висновки.

Розроблена математична модель для визначення запасу стійкості дозволяє проаналізувати впливові фактори. Найефективніший з них – розширення опорного контуру: під час розширення опорного контуру b на 20 % від початкового розміру коефіцієнт запасу стійкості n_{cm} збільшився на 0,36. Для підвищення стійкості рекомендується використання:

- розсувних гусеничних візків;
- аутригерів або розпірних пристроїв із збільшеним опорним контуром;
- застосування механізмів із висувною противагою з можливістю активної адаптації до умов проведення технологічного процесу.

Перелік посилань

1. Сліденко В.М. Стабілізація функціонування гірничої машини з імпульсним виконавчим органом [Текст]/ Сліденко В.М., Шевчук С.П. : монографія. – К.: НТУУ "КПІ", 2010. – 192 с.
2. Павлов В.П., Живейнов Н.Н., Карасев Г.Н. Проектирование одноковшовых экскаваторов с применением ЭВМ и САПР [Текст]: Уч. пособ./ Под ред. Павлова В.П. Красноярск : Изд- во Краснояр. Ун-та, 1988. 184 с.