

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І**  
**ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**  
**ФАКУЛЬТЕТ КОНСТРУЮВАННЯ ТА ДИЗАЙНУ**



**ЗБІРНИК ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ**  
*міжнародної науково-практичної онлайн конференції*  
*«Сучасні проблеми та перспективи розвитку*  
*машинобудування України»,*  
*присвяченої 20-й річниці з дня створення*  
*факультету конструювання та дизайну*  
*Національного університету біоресурсів і*  
*природокористування України*

**23-24 вересня 2021 року**

**м. Київ**

УДК 693.546

**РЕАЛІЗАЦІЯ ОПТИМАЛЬНОГО РЕЖИМУ РУХУ ЗА  
ПРИСКОРЕННЯМ ТРЕТЬОГО ПОРЯДКУ РОЛИКОВОЇ  
ФОРМУВАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ З КУЛАЧКОВИМ ПРИВІДНИМ  
МЕХАНІЗМОМ**

*Ловейкін В.С., д.т.н., проф.*

*Національний університет біоресурсів і  
природокористування України, м. Київ*

*Почка К.І., д.т.н., проф.*

*Почка О.Б., асист.*

*Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ*

*E-mail: [zasedkoolga@ukr.net](mailto:zasedkoolga@ukr.net)*

В установках поверхневого ущільнення виробів з будівельних сумішей використовується кривошипно-повзунний або гідравлічний привід зворотно-поступального руху формувального візка з укочувальними роликами. Під час постійних пускогальмівних режимів руху виникають значні динамічні навантаження в елементах привідного механізму та в елементах формувального візка, що може привести до передчасного виходу установки з ладу.

В існуючих теоретичних та експериментальних дослідженнях машин роликового формування обґрунтовано їхні конструктивні параметри та продуктивність [1]. Разом з тим недостатньо уваги приділено дослідженню діючим динамічним навантаженням [2] та режимам руху [3], що в значній мірі впливає на роботу установки та на якість готової продукції.

Метою даного дослідження є удосконалення конструкції привідного механізму роликової формувальної установки для підвищення її надійності та довговічності.

Критеріями режиму руху механізмів і машин можуть бути коефіцієнти нерівномірності руху та динамічності [4]. В даній роботі в якості критерію режиму руху використана критеріальна дія, яка являє собою інтеграл за часом з підінтегральною функцією, що виражає міру руху або дію системи.

Для оптимального режиму руху за прискоренням третього порядку критерій оптимальності руху матимемо у вигляді:

$$I_Z = \int_0^{t_1} Z dt \rightarrow \min, \quad (1)$$

де  $t$  – час;  $t_1$  – тривалість руху візка від одного крайнього положення до іншого;  $Z$  – енергія прискорень третього порядку:

$$Z = \frac{1}{2} \cdot m \cdot x^{IV}, \quad (2)$$

де  $m$  – маса формувального візка;  $x^{IV}$  – прискорення третього порядку.

Умовою мінімуму критерію (1) є рівняння Пуассона:

$$\frac{\partial Z}{\partial x} - \frac{d}{dt} \frac{\partial Z}{\partial \dot{x}} + \frac{d^2}{dt^2} \frac{\partial Z}{\partial \ddot{x}} - \frac{d^3}{dt^3} \frac{\partial Z}{\partial \ddot{x}} + \frac{d^4}{dt^4} \frac{\partial Z}{\partial x^{IV}} = 0, \quad (3)$$

де  $x$ ,  $\dot{x}$ ,  $\ddot{x}$ ,  $\ddot{\ddot{x}}$  – координата переміщення, швидкість, прискорення та прискорення другого порядку (ривок) візка відповідно.

З виразу (3) можна записати:

$$\frac{\partial Z}{\partial x} = \frac{\partial Z}{\partial \dot{x}} = \frac{\partial Z}{\partial \ddot{x}} = \frac{\partial Z}{\partial \ddot{\ddot{x}}} = 0; \quad \frac{\partial Z}{\partial x^{IV}} = m \cdot x^{IV}; \quad \frac{d^4}{dt^4} \frac{\partial Z}{\partial x^{IV}} = m \cdot x^{VIII} = 0. \quad (4)$$

З останнього рівняння (4) отримано диференціальне рівняння та його розв'язки. Задавшись крайовими умовами руху візка від одного крайнього положення до іншого (початкові –  $t=0$ ,  $x=x_0$ ,  $\dot{x}=0$ ,  $\ddot{x}=0$ ,  $\ddot{\ddot{x}}=0$ ; кінцеві –  $t=t_1$ ,  $x=x_1$ ,  $\dot{x}=0$ ,  $\ddot{x}=0$ ,  $\ddot{\ddot{x}}=0$ , де  $x_0$  та  $x_1$  – координати крайніх положень центра мас візка), отримано вирази для визначення кінематичних характеристик формувального візка при його переміщенні від одного крайнього положення до іншого при оптимальному режимі зворотно-поступального руху за прискоренням третього порядку:

$$\begin{aligned} x &= x_0 + (x_1 - x_0) \cdot \left( 35 - 84 \cdot \frac{t}{t_1} + 70 \cdot \frac{t^2}{t_1^2} - 20 \cdot \frac{t^3}{t_1^3} \right) \cdot \frac{t^4}{t_1^4}; \\ \dot{x} &= 140 \cdot (x_1 - x_0) \cdot \left( 1 - 3 \cdot \frac{t}{t_1} + 3 \cdot \frac{t^2}{t_1^2} - \frac{t^3}{t_1^3} \right) \cdot \frac{t^3}{t_1^4}; \\ \ddot{x} &= 420 \cdot (x_1 - x_0) \cdot \left( 1 - 4 \cdot \frac{t}{t_1} + 5 \cdot \frac{t^2}{t_1^2} - 2 \cdot \frac{t^3}{t_1^3} \right) \cdot \frac{t^2}{t_1^4}; \\ \ddot{\ddot{x}} &= 840 \cdot (x_1 - x_0) \cdot \left( 1 - 6 \cdot \frac{t}{t_1} + 10 \cdot \frac{t^2}{t_1^2} - 5 \cdot \frac{t^3}{t_1^3} \right) \cdot \frac{t}{t_1^4}. \end{aligned} \quad (5)$$

Задавшись амплітудою переміщення візка  $\Delta x = x_1 - x_0 = 0,4 \text{ м}$  та загальним часом його руху від одного крайнього положення в інше  $t_1 = 3 \text{ с}$ ,

було розраховано кінематичні характеристики оптимального режиму руху формувального візка за прискоренням третього порядку. За результатами розрахунків побудовано графіки зміни переміщення (рис. 1, а), швидкості (рис. 1, б), прискорення (рис. 2, в) та прискорення другого порядку (ривка) (рис. 1, г) при русі формувального візка з одного крайнього положення в інше.

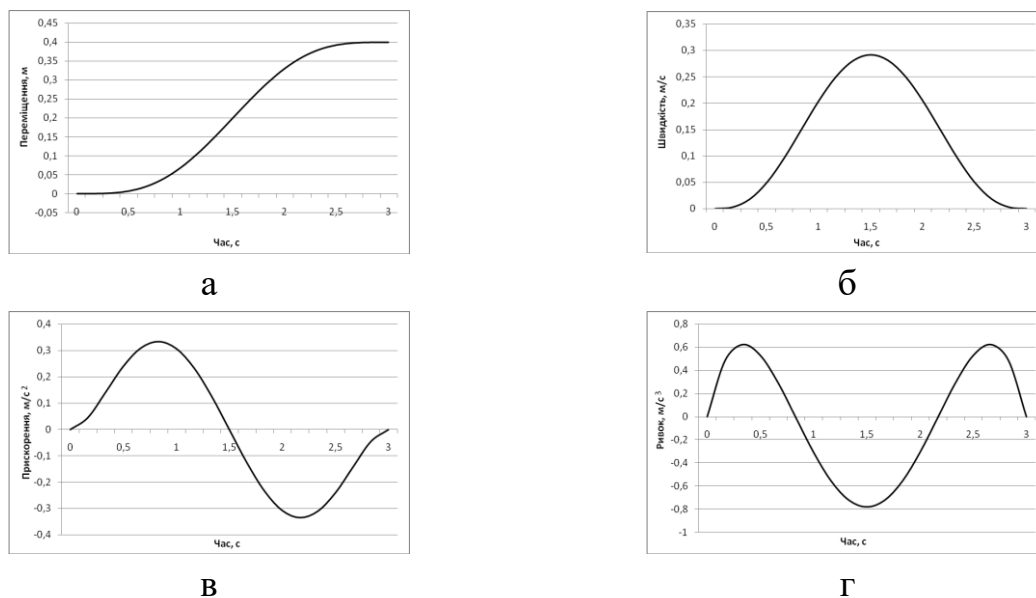


Рис. 1. Графіки зміни переміщення – а, швидкості – б, прискорення – в та ривка – г при оптимальному режимі руху візка за прискоренням третього порядку

Закон руху візка, описаний рівняннями (5), може бути здійснений приводом з кулачковим механізмом (рис. 2) зворотно-поступального руху візка.

Перетворивши перший вираз (5) для випадку, коли початок координат відраховується від середнього положення переміщення візка, та виключивши з нього час  $t$ , отримано функції зміни радіуса кулачка, що описує його профіль, в залежності від його кутової координати на ділянках віддалення та повернення:

$$\rho = \frac{b}{2} + \frac{\Delta x}{2} \cdot \left[ 2 \cdot \left( 35 - 84 \cdot \frac{\varphi}{\pi} + 70 \cdot \frac{\varphi^2}{\pi^2} - 20 \cdot \frac{\varphi^3}{\pi^3} \right) \cdot \frac{\varphi^4}{\pi^4} - 1 \right], \quad 0 \leq \varphi \leq \pi; \quad (6)$$

$$\rho = \frac{b}{2} - \frac{\Delta x}{2} \cdot \left[ 2 \cdot \left( 35 - 84 \cdot \frac{(\varphi - \pi)}{\pi} + 70 \cdot \frac{(\varphi - \pi)^2}{\pi^2} - 20 \cdot \frac{(\varphi - \pi)^3}{\pi^3} \right) \cdot \frac{(\varphi - \pi)^4}{\pi^4} - 1 \right], \quad \pi \leq \varphi \leq 2\pi. \quad (7)$$

Для унеможливлення ударів кулачка об штовхачі при зміні напрямку руху візка описаний рівняннями (6) та (7) профіль кулачка (рис. 3) має такий

вид, що в будь-якому положенні його діаметр  $d$  – величина постійна і рівна відстані між штовхачами  $b$  ( $d = b$ ).

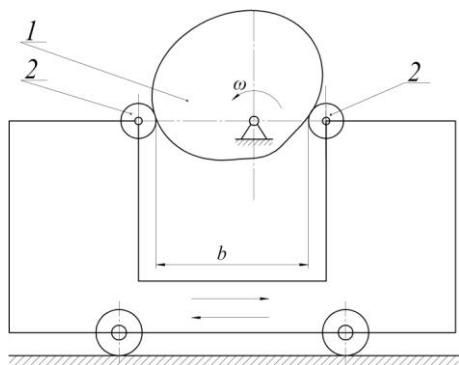


Рис. 2. Схема механізму з кулачковим приводом зворотно-поступального руху візка

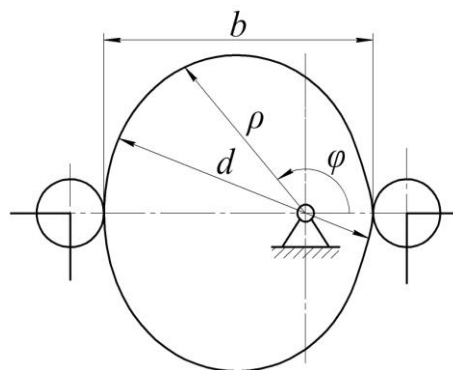


Рис. 3. Профіль кулачка, що реалізує оптимальний режим руху формувального візка за прискоренням третього порядку

#### Список використаних джерел:

1. Гарнець В.М. Бетоноформувальні агрегати. Конструктивно-функціональні схеми, принцип дії, основи теорії: Монографія / В.М. Гарнець, С.В. Зайченко, Ю.В. Човнюк, В.О. Шаленко, Я.С. Приходько – К.: Інтерсервіс, 2015. – 238 с.
2. Ловейкін В.С. Динамічний аналіз роликової формувальної установки з рекуперативним приводом. / В.С. Ловейкін, К.І. Почка // Динаміка, міцність і надійність сільськогосподарських машин: Пр. І-ї Міжнародної науково-технічної конференції (DSR AM - I), 4-7 жовтня 2004 р., Тернопіль (Україна) – С. 507-514.
3. Ловейкін В.С. Результати експериментальних досліджень режимів руху роликової формувальної установки з рекуперативним приводом. / В.С. Ловейкін, К.І. Почка // Вісник Харківського національного університету сільського господарства ім. П. Василенка. – 2007. – Т 1, № 59. – С. 465-474.
4. Ловейкін В.С. Расчёты оптимальных режимов движения механизмов строительных машин. Учебное пособие / В.С. Ловейкин. – Киев: УМК ВО, 1990. – 168 с.