

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Київський національний університет будівництва і архітектури
(КНУБА)

Факультет автоматизації і інформаційних технологій
(ФАІТ)

Кафедра основ професійного навчання

03037, м. Київ-37, Повітрофлотський пр., 31, тел. (044) 241-55-28

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Проректор КНУБА

з наукової роботи

докт. техн. наук, професор

В.О. Плоский

« ____ » _____ 2019 р.

З В І Т
ПРО НАУКОВО-ДОСЛІДНУ РОБОТУ

**Наукові основи створення та вдосконалення машин
будівельної індустрії, психолого-педагогічне забезпечення
освітнього процесу в закладах освіти**

(проміжний)

Декан факультету АІТ,
к.т.н., доцент

І.В. Русан

Завідувач кафедри,
к.т.н., доцент

К.І. Почка

2019

Результати роботи розглянуті кафедрою ОПН, протокол № 7 від 16 грудня 2019 р.
та вченою радою ФАІТ, протокол № 4 від 18 грудня 2019 р.

Список виконавців

Кандидат технічних наук, професор	В.М. Гарнець (2)
Кандидат технічних наук, доцент	О.М. Гаркавенко (3)
Кандидат технічних наук, доцент	О.Г. Добровольський (4)
Кандидат психологічних наук, доцент	Р.А. Калениченко (10)
Кандидат технічних наук, доцент	Б.В. Корнійчук (5)
Кандидат педагогічних наук, доцент	Г.Л. Корчова (11)
Кандидат педагогічних наук, доцент	Ю.С. Красильник (12)
Кандидат технічних наук, доцент	Д.А. Паламарчук (6)
Кандидат технічних наук, доцент	К.І. Почка (1)
Кандидат педагогічних наук, доцент	М.В. Руденко (9)
Кандидат технічних наук, доцент	В.О. Шаленко (7)
Старший викладач	Я.Ю. Лобков (8)
Старший викладач	І.М. Мороз (13)

ЗМІСТ

Розділ 1. Обґрунтування крайових умов оптимального режиму реверсування роlikової формувальної установки за прискоренням третього порядку	5
Розділ 2. Розробка активатора для підготовки будівельних сумішей	17
Розділ 3. Підвищення надійності землерийної техніки на основі стендових випробувань	24
3.1. Види та методи випробувань вузлів будівельної техніки	24
3.2. Огляд досліджень у галузі стендових випробувань	25
Розділ 4. Особливості зварювання сталей	34
Розділ 5. Аналіз та оцінка технологічних параметрів робочих процесів віброущільнюючих машин з електромагнітним приводом для формування трубчастих залізобетонних виробів	40
Розділ 6. Розрахунок економічної ефективності від впровадження електронної системи керування механізмом зміни вильоту	51
Розділ 7. Розробка штампувального обладнання для виготовлення деталей	55
Розділ 8. Нові полімерні матеріали, їх обробка і застосування в будівництві	62
8.1. Постановка задачі	62
8.2. Особливості складу, властивостей і процесів виготовлення нових сучасних полімерних матеріалів	63
8.3. Результати дослідження нових сучасних полімерних матеріалів та висновки про їх застосування	66
Розділ 9. Лідерство і його роль у формуванні прихильності до здорового способу життя в умовах освітнього середовища закладу вищої освіти	68

9.1. Сутність понять лідерства і керівництва. Типи лідерства в соціальних групах	71
9.2. Трансформаційне лідерство як позитивний приклад лідерства в системі відносини «науково-педагогічних працівник» – «студент»	76
9.3. Психологічний портрет педагога як трансформаційного лідера у пропаганді ЗСЖ в умовах освітнього закладу	77
Розділ 10. Врахування сучасних тенденцій педагогічної освіти в соціально-психологічному супроводі професійного становлення майбутніх фахівців	80
Розділ 11. Профілактика булінгу в закладах освіти України на сучасному етапі	87
Розділ 12. Психолого-педагогічні засади патріотичного виховання майбутніх інженерів-педагогів комп'ютерного профілю	92
Розділ 13. Методи активізації навчальної діяльності учнів	97
Список літератури	109

1. Обґрунтування крайових умов оптимального режиму реверсування роликової формувальної установки за прискоренням третього порядку

В установках роликового формування залізобетонних виробів під час їхньої роботи виникають значні динамічні навантаження в елементах приводного механізму та в елементах формувальних візків [1.1-1.7]. Не дивлячись на досить широке дослідження технологічного процесу формування залізобетонних виробів безвібраційним роликовим методом [1.1-1.4], до цих пір не було досліджено динаміку руху формувального візка та її вплив на процес формування. Мало приділялось уваги режимам руху формувального візка та зусиллям, що виникають в елементах приводного механізму.

В існуючих теоретичних та експериментальних дослідженнях машин роликового формування залізобетонних виробів обґрунтовано їхні конструктивні параметри та продуктивність [1.1-1.4]. Разом з тим недостатньо уваги приділено дослідженню діючим динамічним навантаженням та режимам руху, що в значній мірі впливає на роботу установки та на якість готової продукції. Під час постійних пускогальмівних режимів руху виникають значні динамічні навантаження в елементах приводного механізму та в елементах формувального візка, що може привести до передчасного виходу установки з ладу [1.1-1.6]. Тому актуальною є задача удосконалення приводного механізму роликової формувальної установки з метою забезпечення такого режиму руху формувального візка, при якому зменшувалися б динамічні навантаження в елементах установки та підвищувалася її довговічність.

Метою даної роботи є удосконалення конструкції приводного механізму роликової формувальної установки для підвищення її надійності та довговічності.

Для роликової формувальної установки при ущільненні бетонної суміші бажано мати постійну швидкість зворотно-поступального руху формувального візка на всій ділянці, що позитивно вплинуло б на якість готового виробу. Однак на практиці такий режим руху здійснити неможливо, оскільки в ньому відсутні ділянки розгону та гальмування, без яких не може бути циклічного руху. Тому пропонується реалізувати такий режим руху формувального візка при його переміщенні, у якому були б ділянки реверсування з мінімальними динамічними навантаженнями та ділянки руху з постійною швидкістю.

Для плавного процесу реверсування формувального візка запропоновано здійснювати його за оптимальним режимом руху за прискоренням третього порядку [1.8]. При цьому швидкість, прискорення та ривок формувального візка змінюються плавно, не створюючи значних динамічних навантажень в установці, що в свою чергу позитивно впливає на її довговічність.

Критеріями режиму руху механізмів і машин можуть бути коефіцієнти нерівномірності руху та динамічності [1.8]. 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 опти-

мального режиму реверсування за прискоренням третього порядку критерій оптимальності руху матимемо у вигляді:

$$I_Z = \int_0^{t_p} Z dt \rightarrow \min, \quad (1.1)$$

де t – час; t_p – тривалість реверсування; Z – енергія прискорень третього порядку:

$$Z = \frac{1}{2} \cdot m \cdot x^{IV}, \quad (1.2)$$

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

Умовою мінімуму критерію (1.1) є рівняння Пуассона:

$$\frac{\partial Z}{\partial x} - \frac{d}{dt} \frac{\partial Z}{\partial \dot{x}} + \frac{d^2}{dt^2} \frac{\partial Z}{\partial \ddot{x}} - \frac{d^3}{dt^3} \frac{\partial Z}{\partial \overset{IV}{x}} + \frac{d^4}{dt^4} \frac{\partial Z}{\partial x^{IV}} = 0, \quad (1.3)$$

де $x, \dot{x}, \ddot{x}, \overset{IV}{x}$ – координата переміщення, швидкість, прискорення та ривок візка.

З виразу (1.3) можна записати:

$$\frac{\partial Z}{\partial x} = \frac{\partial Z}{\partial \dot{x}} = \frac{\partial Z}{\partial \ddot{x}} = \frac{\partial Z}{\partial \overset{IV}{x}} = 0; \quad \frac{\partial Z}{\partial x^{IV}} = m \cdot x; \quad \frac{d^4}{dt^4} \frac{\partial Z}{\partial x^{IV}} = m \cdot x = 0. \quad (1.4)$$

З останнього рівняння (1.4) отримуємо диференціальне рівняння та його розв'язки:

$$\begin{aligned} x^{VIII} &= 0; & x^{VII} &= C_1; & x^{VI} &= C_1 \cdot t + C_2; & x^V &= \frac{1}{2} \cdot C_1 \cdot t^2 + C_2 \cdot t + C_3; \\ x^{IV} &= \frac{1}{6} \cdot C_1 \cdot t^3 + \frac{1}{2} \cdot C_2 \cdot t^2 + C_3 \cdot t + C_4; & \ddot{x} &= \frac{1}{24} \cdot C_1 \cdot t^4 + \frac{1}{6} \cdot C_2 \cdot t^3 + \frac{1}{2} \cdot C_3 \cdot t^2 + C_4 \cdot t + C_5; \\ \ddot{x} &= \frac{1}{120} \cdot C_1 \cdot t^5 + \frac{1}{24} \cdot C_2 \cdot t^4 + \frac{1}{6} \cdot C_3 \cdot t^3 + \frac{1}{2} \cdot C_4 \cdot t^2 + C_5 \cdot t + C_6; \\ \dot{x} &= \frac{1}{720} \cdot C_1 \cdot t^6 + \frac{1}{120} \cdot C_2 \cdot t^5 + \frac{1}{24} \cdot C_3 \cdot t^4 + \frac{1}{6} \cdot C_4 \cdot t^3 + \frac{1}{2} \cdot C_5 \cdot t^2 + C_6 \cdot t + C_7; \\ x &= \frac{1}{5040} \cdot C_1 \cdot t^7 + \frac{1}{720} \cdot C_2 \cdot t^6 + \frac{1}{120} \cdot C_3 \cdot t^5 + \frac{1}{24} \cdot C_4 \cdot t^4 + \frac{1}{6} \cdot C_5 \cdot t^3 + \frac{1}{2} \cdot C_6 \cdot t^2 + C_7 \cdot t + C_8, \end{aligned} \quad (1.5)$$

де $C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, C_6, C_7, C_8$ – постійні інтегрування, які визначаються з граничних умов.

Розділимо процес реверсування на два етапи: гальмування та пуск.

При гальмуванні початковими умовами є: $t=0: x=-x_1; \dot{x}=\dot{x}_y; \ddot{x}=0; \overset{IV}{x}=0$.

Кінцеві умови при гальмуванні: $t=t_2: x=0; \dot{x}=0; \ddot{x}=a; \overset{IV}{x}=b$. Тут x_1 – координата початку процесу гальмування; \dot{x}_y – швидкість руху візка на усталеному режимі до початку гальмування, a та b – прискорення та ривок візка в кінці етапу гальмування.

При пуску початковими умовами є: $t=0: x=0; \dot{x}=0; \ddot{x}=a; \overset{IV}{x}=b$. Кінцеві умови при пуску: $t=t_n: x=-x_1; \dot{x}=-\dot{x}_y; \ddot{x}=0; \overset{IV}{x}=0$.

Розглянемо процес гальмування. Підставивши крайові умови гальмування у рівняння (1.5), отримуємо:

$$t=0: C_8 = -x_1; C_7 = \dot{x}_y; C_6 = 0; C_5 = 0; \quad (1.6)$$

$$t = t_2 : \begin{cases} \frac{1}{5040} \cdot C_1 \cdot t_2^7 + \frac{1}{720} \cdot C_2 \cdot t_2^6 + \frac{1}{120} \cdot C_3 \cdot t_2^5 + \frac{1}{24} \cdot C_4 \cdot t_2^4 + \dot{x}_y \cdot t_2 - x_1 = 0; \\ \frac{1}{720} \cdot C_1 \cdot t_2^6 + \frac{1}{120} \cdot C_2 \cdot t_2^5 + \frac{1}{24} \cdot C_3 \cdot t_2^4 + \frac{1}{6} \cdot C_4 \cdot t_2^3 + \dot{x}_y = 0; \\ \frac{1}{120} \cdot C_1 \cdot t_2^5 + \frac{1}{24} \cdot C_2 \cdot t_2^4 + \frac{1}{6} \cdot C_3 \cdot t_2^3 + \frac{1}{2} \cdot C_4 \cdot t_2^2 = a; \\ \frac{1}{24} \cdot C_1 \cdot t_2^4 + \frac{1}{6} \cdot C_2 \cdot t_2^3 + \frac{1}{2} \cdot C_3 \cdot t_2^2 + C_4 \cdot t_2 = b. \end{cases} \quad (1.7)$$

Розв'язавши систему рівнянь (1.7), отримуємо постійні інтегрування C_1 , C_2 , C_3 та C_4 :

$$\begin{aligned} C_1 &= 840 \cdot \left(\frac{b}{t_2^4} - 12 \cdot \frac{a}{t_2^5} + 60 \cdot \frac{\dot{x}_y}{t_2^6} - 120 \cdot \frac{x_1}{t_2^7} \right); & C_2 &= 360 \cdot \left(-\frac{b}{t_2^3} + 13 \cdot \frac{a}{t_2^4} - 72 \cdot \frac{\dot{x}_y}{t_2^5} + 140 \cdot \frac{x_1}{t_2^6} \right); \\ C_3 &= 60 \cdot \left(\frac{b}{t_2^2} - 14 \cdot \frac{a}{t_2^3} + 90 \cdot \frac{\dot{x}_y}{t_2^4} - 168 \cdot \frac{x_1}{t_2^5} \right); & C_4 &= 4 \cdot \left(-\frac{b}{t_2} + 15 \cdot \frac{a}{t_2^2} - 120 \cdot \frac{\dot{x}_y}{t_2^3} + 210 \cdot \frac{x_1}{t_2^4} \right). \end{aligned} \quad (1.8)$$

Після підстановки визначених постійних інтегрування (1.6) та (1.8) у систему (1.5) отримуємо функцію зміни прискорення третього порядку формувального візка в процесі гальмування від усталеної швидкості \dot{x}_y до повної зупинки:

$$\begin{aligned} x^{IV} &= 140 \cdot \left(b - 12 \cdot \frac{a}{t_2} + 60 \cdot \frac{\dot{x}_y}{t_2^2} - 120 \cdot \frac{x_1}{t_2^3} \right) \cdot \frac{t^3}{t_2^4} + 180 \cdot \left(-b + 13 \cdot \frac{a}{t_2} - 72 \cdot \frac{\dot{x}_y}{t_2^2} + 140 \cdot \frac{x_1}{t_2^3} \right) \cdot \frac{t^2}{t_2^3} + \\ &+ 60 \cdot \left(b - 14 \cdot \frac{a}{t_2} + 90 \cdot \frac{\dot{x}_y}{t_2^2} - 168 \cdot \frac{x_1}{t_2^3} \right) \cdot \frac{t}{t_2^2} + 4 \cdot \left(-b + 15 \cdot \frac{a}{t_2} - 120 \cdot \frac{\dot{x}_y}{t_2^2} + 210 \cdot \frac{x_1}{t_2^3} \right) \cdot \frac{1}{t_2} \end{aligned} \quad (1.9)$$

або

$$x^{IV} = \frac{4}{t_2} \cdot \left[\begin{aligned} &35 \cdot \left(b - 12 \cdot \frac{a}{t_2} + 60 \cdot \frac{\dot{x}_y}{t_2^2} - 120 \cdot \frac{x_1}{t_2^3} \right) \cdot \frac{t^3}{t_2^3} + 45 \cdot \left(-b + 13 \cdot \frac{a}{t_2} - 72 \cdot \frac{\dot{x}_y}{t_2^2} + 140 \cdot \frac{x_1}{t_2^3} \right) \cdot \frac{t^2}{t_2^2} + \\ &+ 15 \cdot \left(b - 14 \cdot \frac{a}{t_2} + 90 \cdot \frac{\dot{x}_y}{t_2^2} - 168 \cdot \frac{x_1}{t_2^3} \right) \cdot \frac{t}{t_2} + \left(-b + 15 \cdot \frac{a}{t_2} - 120 \cdot \frac{\dot{x}_y}{t_2^2} + 210 \cdot \frac{x_1}{t_2^3} \right) \end{aligned} \right]. \quad (1.10)$$

Після цього критерій оптимальності руху в процесі гальмування з урахуванням виразів (1.2) та (1.10) матиме вигляд:

$$\begin{aligned} I_{z_2} &= \frac{m}{2} \int_0^{t_2} x^2 dt = \frac{8 \cdot m}{t_2^2} \int_0^{t_2} \left[\begin{aligned} &35 \left(b - 12 \frac{a}{t_2} + 60 \frac{\dot{x}_y}{t_2^2} - 120 \frac{x_1}{t_2^3} \right) \frac{t^3}{t_2^3} + 45 \left(-b + 13 \frac{a}{t_2} - 72 \frac{\dot{x}_y}{t_2^2} + 140 \frac{x_1}{t_2^3} \right) \frac{t^2}{t_2^2} + \\ &+ 15 \left(b - 14 \frac{a}{t_2} + 90 \frac{\dot{x}_y}{t_2^2} - 168 \frac{x_1}{t_2^3} \right) \frac{t}{t_2} + \left(-b + 15 \frac{a}{t_2} - 120 \frac{\dot{x}_y}{t_2^2} + 210 \frac{x_1}{t_2^3} \right) \end{aligned} \right]^2 dt = \\ &= \frac{8 \cdot m}{t_2} \cdot \left[\begin{aligned} &b^2 - 15 \cdot \frac{a}{t_2} \cdot b + 45 \cdot \frac{\dot{x}_y}{t_2^2} \cdot b - 105 \cdot \frac{x_1}{t_2^3} \cdot b + 75 \cdot \frac{a^2}{t_2^2} - 585 \cdot \frac{\dot{x}_y}{t_2^3} \cdot a + \\ &+ 1260 \cdot \frac{x_1}{t_2^4} \cdot a + 1620 \cdot \frac{\dot{x}_y^2}{t_2^4} - 6300 \cdot \frac{x_1}{t_2^5} \cdot \dot{x}_y + 6300 \cdot \frac{x_1^2}{t_2^6} \end{aligned} \right]. \end{aligned} \quad (1.11)$$

Розглянемо процес пуску. Підставивши крайові умови пуску у рівняння (1.5), отримуємо:

$$t = 0: \quad C_5 = b; \quad C_6 = a; \quad C_7 = 0; \quad C_8 = 0; \quad (1.12)$$

$$t = t_n : \begin{cases} \frac{1}{5040} \cdot C_1 \cdot t_n^7 + \frac{1}{720} \cdot C_2 \cdot t_n^6 + \frac{1}{120} \cdot C_3 \cdot t_n^5 + \frac{1}{24} \cdot C_4 \cdot t_n^4 + \frac{1}{6} \cdot b \cdot t_n^3 + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t_n^2 = -x_1; \\ \frac{1}{720} \cdot C_1 \cdot t_n^6 + \frac{1}{120} \cdot C_2 \cdot t_n^5 + \frac{1}{24} \cdot C_3 \cdot t_n^4 + \frac{1}{6} \cdot C_4 \cdot t_n^3 + \frac{1}{2} \cdot b \cdot t_n^2 + a \cdot t_n = -\dot{x}_y; \\ \frac{1}{120} \cdot C_1 \cdot t_n^5 + \frac{1}{24} \cdot C_2 \cdot t_n^4 + \frac{1}{6} \cdot C_3 \cdot t_n^3 + \frac{1}{2} \cdot C_4 \cdot t_n^2 + b \cdot t_n + a = 0; \\ \frac{1}{24} \cdot C_1 \cdot t_n^4 + \frac{1}{6} \cdot C_2 \cdot t_n^3 + \frac{1}{2} \cdot C_3 \cdot t_n^2 + C_4 \cdot t_n + b = 0. \end{cases} \quad (1.13)$$

Розв'язавши систему рівнянь (1.13), отримуємо постійні інтегрування C_1 , C_2 , C_3 та C_4 :

$$\begin{aligned} C_1 &= 840 \cdot \left(\frac{b}{t_n^4} + 12 \frac{a}{t_n^5} - 60 \frac{\dot{x}_y}{t_n^6} + 120 \frac{x_1}{t_n^7} \right); & C_2 &= 120 \cdot \left(-4 \frac{b}{t_n^3} - 45 \frac{a}{t_n^4} + 204 \frac{\dot{x}_y}{t_n^5} - 420 \frac{x_1}{t_n^6} \right); \\ C_3 &= 120 \cdot \left(\frac{b}{t_n^2} + 10 \frac{a}{t_n^3} - 39 \frac{\dot{x}_y}{t_n^4} + 84 \frac{x_1}{t_n^5} \right); & C_4 &= 8 \cdot \left(-2 \frac{b}{t_n} - 15 \frac{a}{t_n^2} + 45 \frac{\dot{x}_y}{t_n^3} - 105 \frac{x_1}{t_n^4} \right). \end{aligned} \quad (1.14)$$

Після підстановки визначених постійних інтегрування (1.12) та (1.14) у систему (1.5) отримуємо функцію зміни прискорення третього порядку формувального візка в процесі пуску від нерухомого стану до руху з усталеною швидкістю \dot{x}_y :

$$\begin{aligned} x^{IV} &= 140 \cdot \left(b + 12 \cdot \frac{a}{t_n} - 60 \cdot \frac{\dot{x}_y}{t_n^2} + 120 \cdot \frac{x_1}{t_n^3} \right) \cdot \frac{t^3}{t_n^4} + 60 \cdot \left(-4 \cdot b - 45 \cdot \frac{a}{t_n} + 204 \cdot \frac{\dot{x}_y}{t_n^2} - 420 \cdot \frac{x_1}{t_n^3} \right) \cdot \frac{t^2}{t_n^3} + \\ &+ 120 \cdot \left(b + 10 \cdot \frac{a}{t_n} - 39 \cdot \frac{\dot{x}_y}{t_n^2} + 84 \cdot \frac{x_1}{t_n^3} \right) \cdot \frac{t}{t_n^2} + 8 \cdot \left(-2 \cdot b - 15 \cdot \frac{a}{t_n} + 45 \cdot \frac{\dot{x}_y}{t_n^2} - 105 \cdot \frac{x_1}{t_n^3} \right) \cdot \frac{1}{t_n} \end{aligned} \quad (1.15)$$

або

$$x^{IV} = \frac{4}{t_n} \cdot \left[\begin{aligned} &35 \cdot \left(b + 12 \cdot \frac{a}{t_n} - 60 \cdot \frac{\dot{x}_y}{t_n^2} + 120 \cdot \frac{x_1}{t_n^3} \right) \frac{t^3}{t_n^3} + 15 \cdot \left(-4b - 45 \frac{a}{t_n} + 204 \frac{\dot{x}_y}{t_n^2} - 420 \frac{x_1}{t_n^3} \right) \frac{t^2}{t_n^2} + \\ &+ 30 \cdot \left(b + 10 \cdot \frac{a}{t_n} - 39 \cdot \frac{\dot{x}_y}{t_n^2} + 84 \cdot \frac{x_1}{t_n^3} \right) \cdot \frac{t}{t_n} + 2 \cdot \left(-2 \cdot b - 15 \cdot \frac{a}{t_n} + 45 \cdot \frac{\dot{x}_y}{t_n^2} - 105 \cdot \frac{x_1}{t_n^3} \right) \end{aligned} \right]. \quad (1.16)$$

Після цього критерій оптимальності руху в процесі пуску з урахуванням виразів (1.2) та (1.16) матиме вигляд:

$$\begin{aligned} I_{Zn} &= \frac{m}{2} \cdot \int_0^{t_n} x^2 dt = \frac{8 \cdot m}{t_n^2} \cdot \int_0^{t_n} \left[\begin{aligned} &35 \cdot \left(b + 12 \cdot \frac{a}{t_n} - 60 \cdot \frac{\dot{x}_y}{t_n^2} + 120 \cdot \frac{x_1}{t_n^3} \right) \frac{t^3}{t_n^3} + \\ &+ 15 \cdot \left(-4 \cdot b - 45 \cdot \frac{a}{t_n} + 204 \cdot \frac{\dot{x}_y}{t_n^2} - 420 \cdot \frac{x_1}{t_n^3} \right) \frac{t^2}{t_n^2} + \\ &+ 30 \cdot \left(b + 10 \cdot \frac{a}{t_n} - 39 \cdot \frac{\dot{x}_y}{t_n^2} + 84 \cdot \frac{x_1}{t_n^3} \right) \cdot \frac{t}{t_n} + \\ &+ 2 \cdot \left(-2 \cdot b - 15 \cdot \frac{a}{t_n} + 45 \cdot \frac{\dot{x}_y}{t_n^2} - 105 \cdot \frac{x_1}{t_n^3} \right) \end{aligned} \right]^2 dt = \\ &= \frac{8 \cdot m}{t_n} \cdot \left[\begin{aligned} &b^2 + 15 \cdot \frac{a}{t_n} \cdot b - 45 \cdot \frac{\dot{x}_y}{t_n^2} \cdot b + 105 \cdot \frac{x_1}{t_n^3} \cdot b + 75 \cdot \frac{a^2}{t_n^2} - 585 \cdot \frac{\dot{x}_y}{t_n^3} \cdot a + \\ &+ 1260 \cdot \frac{x_1}{t_n^4} \cdot a + 1620 \cdot \frac{\dot{x}_y^2}{t_n^4} - 6300 \cdot \frac{x_1}{t_n^5} \cdot \dot{x}_y + 6300 \cdot \frac{x_1^2}{t_n^6} \end{aligned} \right]. \end{aligned} \quad (1.17)$$

Загальний критерій оптимальності руху в процесі реверсування з урахуванням виразів (1.11) та (1.17) буде визначатися наступним виразом:

$$I_Z = I_{Zz} + I_{Zn} = \frac{8 \cdot m}{t_z} \cdot \left[\begin{array}{l} b^2 - 15 \cdot \frac{a}{t_z} \cdot b + 45 \cdot \frac{\dot{x}_y}{t_z^2} \cdot b - 105 \cdot \frac{x_1}{t_z^3} \cdot b + 75 \cdot \frac{a^2}{t_z^2} - 585 \cdot \frac{\dot{x}_y}{t_z^3} \cdot a + \\ + 1260 \cdot \frac{x_1}{t_z^4} \cdot a + 1620 \cdot \frac{\dot{x}_y^2}{t_z^4} - 6300 \cdot \frac{x_1}{t_z^5} \cdot \dot{x}_y + 6300 \cdot \frac{x_1^2}{t_z^6} \end{array} \right] + \quad (1.18)$$

$$+ \frac{8 \cdot m}{t_n} \cdot \left[\begin{array}{l} b^2 + 15 \cdot \frac{a}{t_n} \cdot b - 45 \cdot \frac{\dot{x}_y}{t_n^2} \cdot b + 105 \cdot \frac{x_1}{t_n^3} \cdot b + 75 \cdot \frac{a^2}{t_n^2} - 585 \cdot \frac{\dot{x}_y}{t_n^3} \cdot a + \\ + 1260 \cdot \frac{x_1}{t_n^4} \cdot a + 1620 \cdot \frac{\dot{x}_y^2}{t_n^4} - 6300 \cdot \frac{x_1}{t_n^5} \cdot \dot{x}_y + 6300 \cdot \frac{x_1^2}{t_n^6} \end{array} \right].$$

Прийнявши рівність часу гальмування візка та його пуску $t_z = t_n = t_1$, вираз (1.18) можна подати у наступному вигляді:

$$I_Z = \frac{16 \cdot m}{t_1} \cdot \left[b^2 + 75 \cdot \frac{a^2}{t_1^2} - 585 \cdot \frac{\dot{x}_y}{t_1^3} \cdot a + 1260 \cdot \frac{x_1}{t_1^4} \cdot a + 1620 \cdot \frac{\dot{x}_y^2}{t_1^4} - 6300 \cdot \frac{x_1}{t_1^5} \cdot \dot{x}_y + 6300 \cdot \frac{x_1^2}{t_1^6} \right]. \quad (1.19)$$

Для забезпечення виконання нерівності (1.1) необхідно виконати умови:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial I_Z}{\partial x_1} = \frac{16 \cdot m}{t_1} \cdot \left[1260 \cdot \frac{a}{t_1^4} - 6300 \cdot \frac{\dot{x}_y}{t_1^5} + 12600 \cdot \frac{x_1}{t_1^6} \right] = \frac{20160 \cdot m}{t_1^5} \cdot \left[a - 5 \cdot \frac{\dot{x}_y}{t_1} + 10 \cdot \frac{x_1}{t_1^2} \right] = 0; \\ \frac{\partial I_Z}{\partial a} = \frac{16 \cdot m}{t_1} \cdot \left[150 \cdot \frac{a}{t_1^2} - 585 \cdot \frac{\dot{x}_y}{t_1^3} + 1260 \cdot \frac{x_1}{t_1^4} \right] = \frac{240 \cdot m}{t_1^3} \cdot \left[10 \cdot a - 39 \cdot \frac{\dot{x}_y}{t_1} + 84 \cdot \frac{x_1}{t_1^2} \right] = 0; \\ \frac{\partial I_Z}{\partial b} = \frac{16 \cdot m}{t_1} \cdot [2 \cdot b] = \frac{32 \cdot m}{t_1} \cdot b = 0. \end{array} \right. \quad (1.20)$$

Із виразу (1.20) можна отримати:

$$\left\{ \begin{array}{l} \left[a - 5 \cdot \frac{\dot{x}_y}{t_1} + 10 \cdot \frac{x_1}{t_1^2} \right] = 0 \\ \left[10 \cdot a - 39 \cdot \frac{\dot{x}_y}{t_1} + 84 \cdot \frac{x_1}{t_1^2} \right] = 0 \\ b = 0 \end{array} \right. \Rightarrow x_1 = \frac{11}{16} \cdot \dot{x}_y \cdot t_1; \quad a = -\frac{15}{8} \cdot \frac{\dot{x}_y}{t_1}. \quad (1.21)$$

Підставивши два останні вирази (1.21) у рівності (1.6) та (1.8) отримано постійні інтегрування в процесі гальмування формувального візка:

$$C_1 = 0; \quad C_2 = -45 \cdot \frac{\dot{x}_y}{t_1^5}; \quad C_3 = 45 \cdot \frac{\dot{x}_y}{t_1^4}; \quad C_4 = -15 \cdot \frac{\dot{x}_y}{t_1^3}; \quad (1.22)$$

$$C_5 = 0; \quad C_6 = 0; \quad C_7 = \dot{x}_y; \quad C_8 = -\frac{11}{16} \cdot \dot{x}_y \cdot t_1.$$

Після цього з урахуванням постійних інтегрування (1.22) отримано функції зміни переміщення, швидкості, прискорення та ривка формувального візка в процесі гальмування:

$$\begin{aligned}
x &= -\frac{1}{8} \cdot \dot{x}_y \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot \frac{t^6}{t_1^5} - 3 \cdot \frac{t^5}{t_1^4} + 5 \cdot \frac{t^4}{t_1^3} - 8 \cdot t + \frac{11}{2} \cdot t_1 \right); & \dot{x} &= -\frac{1}{8} \cdot \dot{x}_y \cdot \left(3 \cdot \frac{t^5}{t_1^5} - 15 \cdot \frac{t^4}{t_1^4} + 20 \cdot \frac{t^3}{t_1^3} - 8 \right); \\
\ddot{x} &= -\frac{15}{8} \cdot \dot{x}_y \cdot \left(\frac{t^4}{t_1^5} - 4 \cdot \frac{t^3}{t_1^4} + 4 \cdot \frac{t^2}{t_1^3} \right); & \ddot{x} &= -\frac{15}{2} \cdot \dot{x}_y \cdot \left(\frac{t^3}{t_1^5} - 3 \cdot \frac{t^2}{t_1^4} + 2 \cdot \frac{t}{t_1^3} \right).
\end{aligned} \tag{1.23}$$

Підставивши два останні вирази (1.21) у рівності (1.12) та (1.14) отримано постійні інтегрування в процесі пуску формувального візка:

$$\begin{aligned}
C_1 &= 0; & C_2 &= -45 \cdot \frac{\dot{x}_y}{t_1^5}; & C_3 &= 0; & C_4 &= \frac{15}{2} \cdot \frac{\dot{x}_y}{t_1^3}; \\
C_5 &= 0; & C_6 &= -\frac{15}{8} \cdot \frac{\dot{x}_y}{t_1}; & C_7 &= 0; & C_8 &= 0.
\end{aligned} \tag{1.24}$$

Після цього з урахуванням постійних інтегрування (1.24) отримано функції зміни переміщення, швидкості, прискорення та ривка формувального візка в процесі пуску:

$$\begin{aligned}
x &= -\frac{1}{16} \cdot \dot{x}_y \cdot \left(\frac{t^6}{t_1^5} - 5 \cdot \frac{t^4}{t_1^3} + 15 \cdot \frac{t^2}{t_1} \right); & \dot{x} &= -\frac{1}{8} \cdot \dot{x}_y \cdot \left(3 \cdot \frac{t^5}{t_1^5} - 10 \cdot \frac{t^3}{t_1^3} + 15 \cdot \frac{t}{t_1} \right); \\
\ddot{x} &= -\frac{15}{8} \cdot \dot{x}_y \cdot \left(\frac{t^4}{t_1^5} - 2 \cdot \frac{t^2}{t_1^3} + \frac{1}{t_1} \right); & \ddot{x} &= -\frac{15}{2} \cdot \dot{x}_y \cdot \left(\frac{t^3}{t_1^5} - \frac{t}{t_1^3} \right).
\end{aligned} \tag{1.25}$$

На усталеному режимі руху формувального візка координата переміщення, швидкості, прискорення та ривка його центра мас описуються рівняннями [1.7]:

$$x = x_{0y} + \frac{(x_{1y} - x_{0y}) \cdot t}{t_y}; \quad \dot{x} = \frac{(x_{1y} - x_{0y})}{t_y} = \text{const}; \quad \ddot{x} = 0; \quad \ddot{x} = 0, \tag{1.26}$$

де x_{0y} та x_{1y} – координати початкового та кінцевого положень центра мас візка при усталеному русі; t_y – тривалість усталеного руху.

У виразах (1.26) координату початкового положення центра мас візка при усталеному русі x_{0y} приймаємо рівною x_1 . Тоді, прийнявши амплітуду переміщення візка від одного крайнього положення в інше Δx , кінцеву координату положення центра мас візка при усталеному русі можна визначити $x_{1y} = \Delta x - x_1$.

Підставивши отримані координати x_{0y} та x_{1y} у другий вираз (1.26) отримано залежність для визначення швидкості руху візка на усталеному режимі \dot{x}_y :

$$\dot{x}_y = \frac{\Delta x - 2 \cdot x_1}{t_y} = \frac{\Delta x - \dot{x}_y \cdot t_1}{t_y} \Rightarrow \dot{x}_y = \frac{\Delta x}{t_y + t_1}. \tag{1.27}$$

Прийнявши загальний час руху формувального візка з одного крайнього положення в інше t_3 , його можна розділити на три частини: час пуску – t_n ; час усталеного руху – t_y ; час гальмування – t_2 . Для забезпечення ущільнення бетонної суміші формувальним візком з постійною швидкістю руху на більшості його робочого ходу прийmemo час усталеного руху, наприклад, $t_y = \frac{2}{3} \cdot t_3$, тоді, задаючись умовою рівності часу розгону та гальмування, їх можна визначити відповідними виразами: $t_n = t_2 = t_1 = \frac{1}{6} \cdot t_3$.

Після цього вирази швидкості руху візка на усталеному режимі та координати x_1 матимуть вигляд:

$$\dot{x}_y = \frac{6 \cdot \Delta x}{5 \cdot t_3}; \quad x_1 = \frac{11}{80} \cdot \Delta x. \quad (1.28)$$

Розглядаючи рух формувального візка від одного крайнього положення в інше та підставивши вирази (1.28) у рівності (1.23), (1.25) та (1.26), отримуємо функції зміни переміщення, швидкості, прискорення та ривка візка

– на ділянці пуску:

$$\begin{aligned} x &= \frac{27 \cdot \Delta x}{20} \cdot \left(432 \cdot \frac{t^6}{t_3^6} - 60 \cdot \frac{t^4}{t_3^4} + 5 \cdot \frac{t^2}{t_3^2} \right); & \dot{x} &= \frac{27 \cdot \Delta x}{10} \cdot \left(1296 \cdot \frac{t^5}{t_3^6} - 120 \cdot \frac{t^3}{t_3^4} + 5 \cdot \frac{t}{t_3^2} \right); \\ \ddot{x} &= \frac{27 \cdot \Delta x}{2} \cdot \left(1296 \cdot \frac{t^4}{t_3^6} - 72 \cdot \frac{t^2}{t_3^4} + \frac{1}{t_3^2} \right); & \ddot{\ddot{x}} &= 1944 \cdot \Delta x \cdot \left(36 \cdot \frac{t^3}{t_3^6} - \frac{t}{t_3^4} \right); \end{aligned} \quad (1.29)$$

– на ділянці усталеного руху:

$$x = \frac{\Delta x}{80} \cdot \left(11 + 87 \cdot \frac{t}{t_3} \right); \quad \dot{x} = \frac{6 \cdot \Delta x}{5 \cdot t_3} = const; \quad \ddot{x} = 0; \quad \ddot{\ddot{x}} = 0; \quad (1.30)$$

– на ділянці гальмування:

$$\begin{aligned} x &= \frac{3 \cdot \Delta x}{20} \cdot \left(\frac{69}{12} - 3888 \cdot \frac{t^6}{t_3^6} + 3888 \cdot \frac{t^5}{t_3^5} - 1080 \cdot \frac{t^4}{t_3^4} + 8 \cdot \frac{t}{t_3} \right); \\ \dot{x} &= -\frac{6 \cdot \Delta x}{5} \cdot \left(2916 \cdot \frac{t^5}{t_3^6} - 2430 \cdot \frac{t^4}{t_3^5} + 540 \cdot \frac{t^3}{t_3^4} - \frac{1}{t_3} \right); \\ \ddot{x} &= -1944 \cdot \Delta x \cdot \left(9 \cdot \frac{t^4}{t_3^6} - 6 \cdot \frac{t^3}{t_3^5} + \frac{t^2}{t_3^4} \right); & \ddot{\ddot{x}} &= -3888 \cdot \Delta x \cdot \left(18 \cdot \frac{t^3}{t_3^6} - 9 \cdot \frac{t^2}{t_3^5} + \frac{t}{t_3^4} \right). \end{aligned} \quad (1.31)$$

Задавшись амплітудою переміщення формувального візка $\Delta x = 0,4 \text{ м}$ та загальним часом його руху від одного крайнього положення в інше $t_3 = 3 \text{ с}$, за виразами (1.29)-(1.31) було розраховано кінематичні характеристики та побудовано графіки зміни переміщення (рис. 1.1, а), швидкості (рис. 1.1, б), прискорення (рис. 1.1, в) та ривка (рис. 1.1, г) при русі формувального візка з одного крайнього положення в інше та у зворотному напрямку з режимом реверсування при оптимальних крайових умовах за прискоренням третього порядку.

Перетворивши перші рівняння виразів (1.29)-(1.31) для випадку, коли початок координат відраховується від середнього положення переміщення формувального візка, отримаємо:

– на ділянці пуску:

$$x = \frac{27 \cdot \Delta x}{20} \cdot \left(432 \cdot \frac{t^6}{t_3^6} - 60 \cdot \frac{t^4}{t_3^4} + 5 \cdot \frac{t^2}{t_3^2} \right) - \frac{\Delta x}{2}; \quad (1.32)$$

– на ділянці усталеного руху:

$$x = \frac{29 \cdot \Delta x}{80} \cdot \left(3 \cdot \frac{t}{t_3} - 1 \right); \quad (1.33)$$

– на ділянці гальмування:

$$x = \frac{3 \cdot \Delta x}{20} \cdot \left(\frac{69}{12} - 3888 \cdot \frac{t^6}{t_3^6} + 3888 \cdot \frac{t^5}{t_3^5} - 1080 \cdot \frac{t^4}{t_3^4} + 8 \cdot \frac{t}{t_3} \right) - \frac{\Delta x}{2}. \quad (1.34)$$

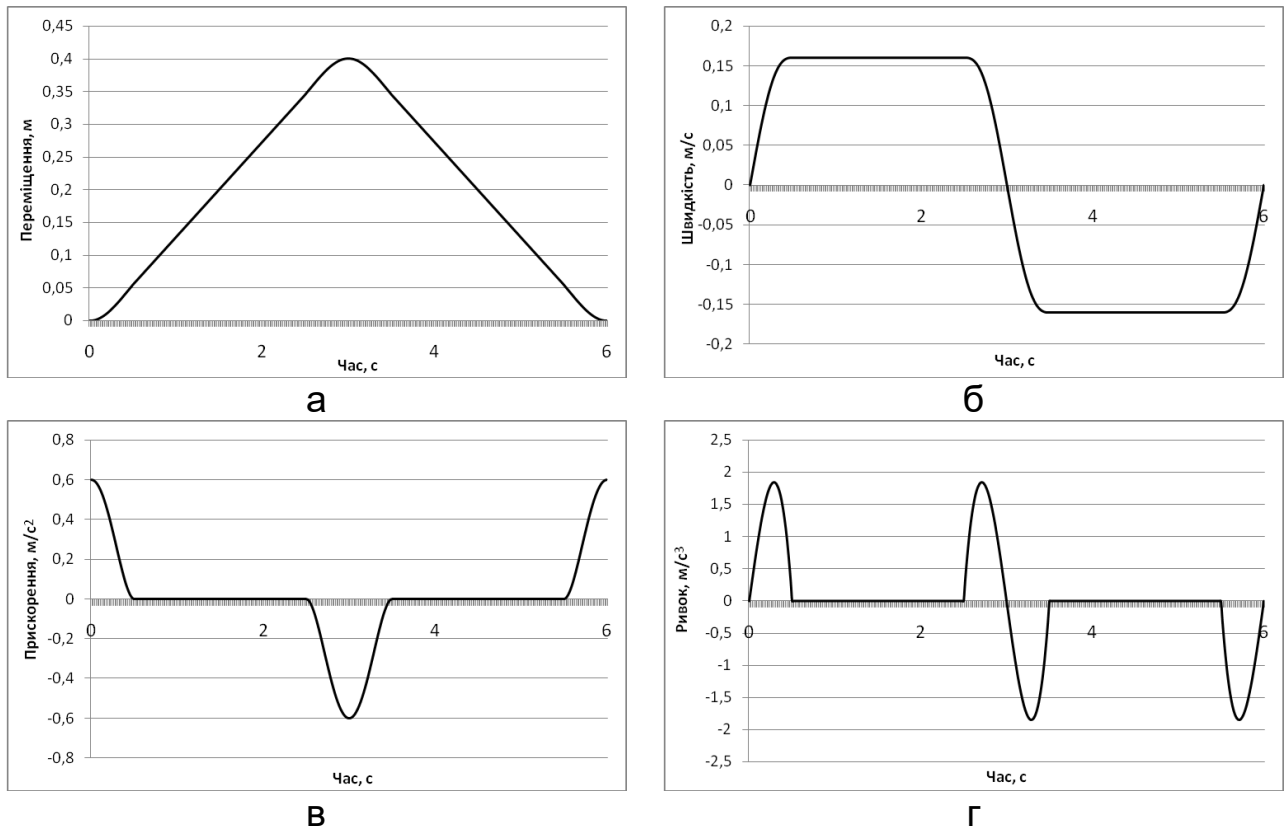


Рис. 1.1. Графіки зміни переміщення – а, швидкості – б, прискорення – в та ривка – г при русі формувального візка з режимом реверсування за прискоренням третього порядку при оптимальних крайових умовах

Закон руху візка, описаний рівняннями (1.32)-(1.34), може бути здійснений приводом з кулачковим механізмом (рис. 1.2) зворотно-поступального руху візка. При цьому рух візка в одному напрямку здійснюється за рахунок повороту кулачка 1 на половину оберту (тобто $\varphi = \pi$) і в зворотному напрямку ще на половину оберту; повний цикл руху візка – за один оберт кулачка.

Для здійснення описаного закону руху візка необхідно, щоб приріст радіуса кулачка відповідав приросту переміщення візка. Згідно з цим перемінний радіус кулачка визначається залежностями:

– на ділянці пуску:

$$\rho = \frac{b}{2} + \frac{27 \cdot \Delta x}{20} \cdot \left(432 \cdot \frac{t^6}{t_3^6} - 60 \cdot \frac{t^4}{t_3^4} + 5 \cdot \frac{t^2}{t_3^2} \right) - \frac{\Delta x}{2}; \quad (1.35)$$

– на ділянці усталеного руху:

$$\rho = \frac{b}{2} + \frac{29 \cdot \Delta x}{80} \cdot \left(3 \cdot \frac{t}{t_3} - 1 \right); \quad (1.36)$$

– на ділянці гальмування:

$$\rho = \frac{b}{2} + \frac{3 \cdot \Delta x}{20} \cdot \left(\frac{69}{12} - 3888 \cdot \frac{t^6}{t_3^6} + 3888 \cdot \frac{t^5}{t_3^5} - 1080 \cdot \frac{t^4}{t_3^4} + 8 \cdot \frac{t}{t_3} \right) - \frac{\Delta x}{2}, \quad (1.37)$$

де b – відстань між штовхачами 2 (рис. 1.2).

Час t можна виключити із залежностей (1.35)-(1.37), оскільки $t = \varphi/\omega$, а $t_3 = \pi/\omega$. Тут φ – кутова координата повороту кулачка, а ω – кутова швидкість обертання кулачка. Оскільки час пуску формувального візка визначається залежністю $t_n = 1/6 \cdot t_3$, то процес пуску буде здійснюватись при повороті кулачка на кут в межах від $\varphi = 0$ до $\varphi = \pi/6$; час усталеного руху – $t_y = 2/3 \cdot t_3$, тоді усталений рух візка буде забезпечуватись поворотом кулачка на кут в межах від $\varphi = \pi/6$ до $\varphi = 5\pi/6$; час гальмування – $t_z = 1/6 \cdot t_3$, тоді процес гальмування буде здійснюватись при повороті кулачка на кут в межах від $\varphi = 5\pi/6$ до $\varphi = \pi$. Після відповідних перетворень радіус кулачка, що описує його профіль, пов'язується з кутовою координатою наступними виразами:

$$\rho = \frac{b}{2} + \frac{27 \cdot \Delta x}{20} \cdot \left(432 \cdot \frac{\varphi^6}{\pi^6} - 60 \cdot \frac{\varphi^4}{\pi^4} + 5 \cdot \frac{\varphi^2}{\pi^2} \right) - \frac{\Delta x}{2}, \quad 0 \leq \varphi \leq \frac{\pi}{6}; \quad (1.38)$$

$$\rho = \frac{b}{2} + \frac{29 \cdot \Delta x}{80} \cdot \left[3 \cdot \left(\varphi - \frac{\pi}{6} \right) \cdot \frac{1}{\pi} - 1 \right], \quad \frac{\pi}{6} < \varphi < \frac{5\pi}{6}; \quad (1.39)$$

$$\rho = \frac{b}{2} + \frac{3 \cdot \Delta x}{20} \cdot \left(\frac{69}{12} - 3888 \cdot \left(\varphi - \frac{5\pi}{6} \right)^6 \cdot \frac{1}{\pi^6} + 3888 \cdot \left(\varphi - \frac{5\pi}{6} \right)^5 \cdot \frac{1}{\pi^5} - \right. \\ \left. - 1080 \cdot \left(\varphi - \frac{5\pi}{6} \right)^4 \cdot \frac{1}{\pi^4} + 8 \cdot \left(\varphi - \frac{5\pi}{6} \right) \cdot \frac{1}{\pi} \right) - \frac{\Delta x}{2}, \quad \frac{5\pi}{6} < \varphi \leq \pi. \quad (1.40)$$

Аналогічно визначається профіль кулачка на ділянці його повороту від π до 2π , який описується радіусом, що змінюється залежностями:

$$\rho = \frac{b}{2} - \frac{27 \cdot \Delta x}{20} \cdot \left[432 \cdot \frac{(\varphi - \pi)^6}{\pi^6} - 60 \cdot \frac{(\varphi - \pi)^4}{\pi^4} + 5 \cdot \frac{(\varphi - \pi)^2}{\pi^2} \right] + \frac{\Delta x}{2}, \quad \pi \leq \varphi \leq \frac{7\pi}{6}; \quad (1.41)$$

$$\rho = \frac{b}{2} - \frac{29 \cdot \Delta x}{80} \cdot \left[3 \cdot \left(\varphi - \frac{7\pi}{6} \right) \cdot \frac{1}{\pi} - 1 \right], \quad \frac{7\pi}{6} < \varphi < \frac{11\pi}{6}; \quad (1.42)$$

$$\rho = \frac{b}{2} - \frac{3 \cdot \Delta x}{20} \cdot \left(\frac{69}{12} - 3888 \cdot \left(\varphi - \frac{11\pi}{6} \right)^6 \cdot \frac{1}{\pi^6} + 3888 \cdot \left(\varphi - \frac{11\pi}{6} \right)^5 \cdot \frac{1}{\pi^5} - \right. \\ \left. - 1080 \cdot \left(\varphi - \frac{11\pi}{6} \right)^4 \cdot \frac{1}{\pi^4} + 8 \cdot \left(\varphi - \frac{11\pi}{6} \right) \cdot \frac{1}{\pi} \right) + \frac{\Delta x}{2}, \quad \frac{11\pi}{6} < \varphi \leq 2\pi. \quad (1.43)$$

Для унеможливлення ударів кулачка об штовхачі при зміні напрямку руху візка описаний рівняннями (1.38)-(1.43) профіль кулачка (рис. 1.3) має такий вид, що в будь-якому положенні його діаметр d – величина постійна і рівна відстані між штовхачами b ($d = b$).

З метою зменшення динамічних навантажень в елементах установки та для підвищення її надійності запропоновано конструкцію установки з приводним механізмом для забезпечення зворотно-поступального руху формувального візка з оптимальним режимом реверсування за прискоренням третього порядку (рис. 1.4). Приводний механізм виконаний у вигляді шарнірно встановлених на порталі кулачкових механізмів, що контактують з штовхачами, жорстко прикріпленими до формувального візка.

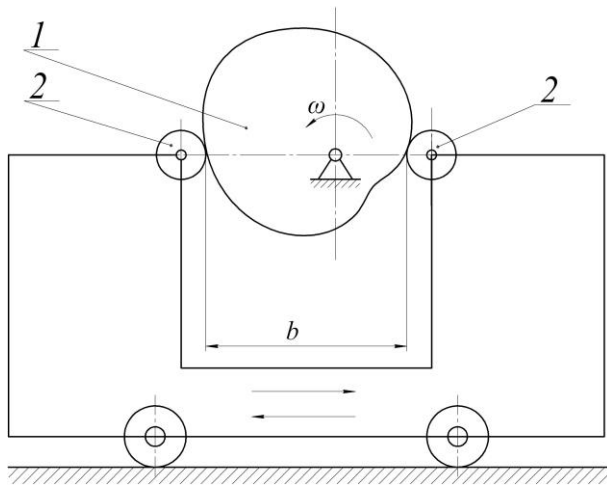


Рис. 1.2. Схема механізму з кулачковим приводом зворотньо-поступального руху візка

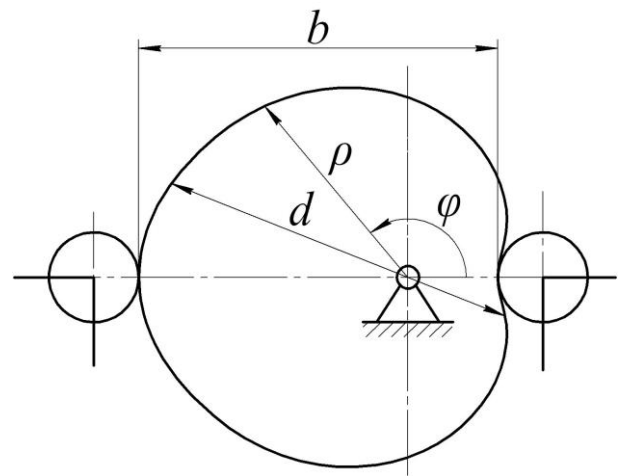


Рис. 1.3. Профіль кулачка, що реалізує комбінований режим руху формувального візка

Установка вміщує змонтований на нерухомому порталі 1 формувальний візок 2, що вміщує подавальний бункер 3 та уочувальні ролики 4 і здійснює зворотньо-поступальний рух в напрямних 5 над порожниною форми 6. Візок приводиться в зворотньо-поступальний рух за допомогою двох приводів 7, прикріплених до порталу 1 у вигляді двох кулачкових механізмів, що обертаються з постійною кутовою швидкістю ($\omega = \text{const}$), але різною за напрямками, і контактують з двома штовхачами 8, жорстко з'єднаними з візком 2. Наявність двох штовхачів 8 з кожного боку формувального візка 2 дозволяє створювати жорсткий силовий ланцюг при його прямому і зворотньому ході.

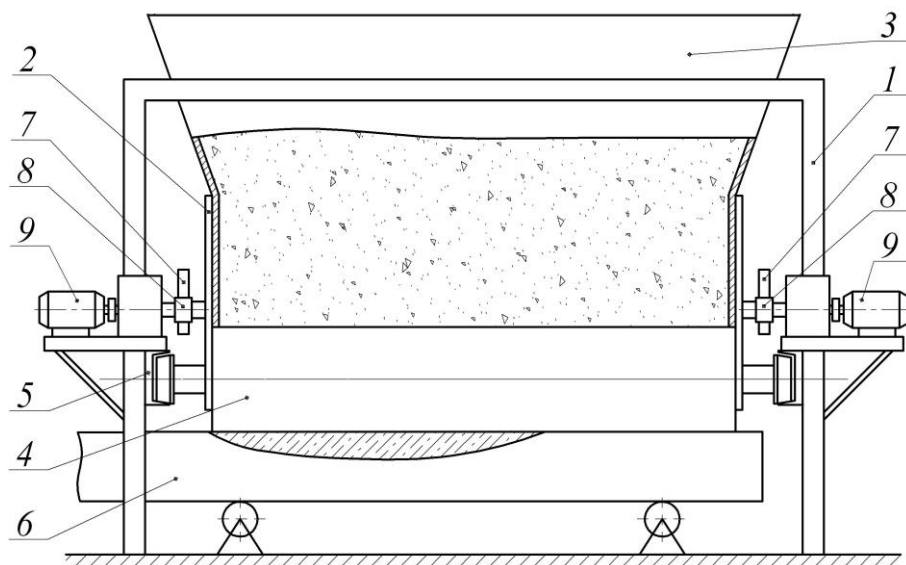


Рис. 1.4. Роликова формувальна установка з кулачковим приводним механізмом

При застосуванні в установці кулачкового приводного механізму з кожного боку формувального візка унеможливується його осьове перекошування, підвищується якість поверхні оброблюваної бетонної суміші, зменшуються динамічні навантаження в елементах приводу, зменшуються зайві руйнівні наван-

таження на рамну конструкцію і, відповідно, підвищується довговічність установки в цілому.

Закон руху візка, описаний наведеними вище рівняннями, також може бути здійснений приводом від високомоментного крокового двигуна, що вмонтований в укочувальні ролики формувального візка установки. При цьому закон зміни кутової швидкості приводного крокового двигуна, виходячи з виразів (1.29)-(1.31), описується рівняннями:

– на ділянці пуску:

$$\dot{\varphi}_n = \frac{27 \cdot \Delta x}{10 \cdot R} \cdot \left(1296 \cdot \frac{t^5}{t_3^6} - 120 \cdot \frac{t^3}{t_3^4} + 5 \cdot \frac{t}{t_3^2} \right); \quad (1.44)$$

– на ділянці усталеного руху:

$$\dot{\varphi}_y = \frac{6 \cdot \Delta x}{5 \cdot t_3 \cdot R}; \quad (1.45)$$

– на ділянці гальмування:

$$\dot{\varphi}_z = -\frac{6 \cdot \Delta x}{5 \cdot R} \cdot \left(2916 \cdot \frac{t^5}{t_3^6} - 2430 \cdot \frac{t^4}{t_3^5} + 540 \cdot \frac{t^3}{t_3^4} - \frac{1}{t_3} \right), \quad (1.46)$$

де R – радіус укочувальних роликів.

Прийнявши час пуску формувального візка $t_n = \frac{1}{6} \cdot t_3$, час усталеного руху – $t_y = \frac{2}{3} \cdot t_3$, та час гальмування – $t_z = \frac{1}{6} \cdot t_3$, отримуємо закон зміни кутової швидкості приводного крокового двигуна при русі формувального візка від одного крайнього положення до іншого:

$$\dot{\varphi} = \frac{27 \cdot \Delta x}{10 \cdot R} \cdot \left(1296 \cdot \frac{t^5}{t_3^6} - 120 \cdot \frac{t^3}{t_3^4} + 5 \cdot \frac{t}{t_3^2} \right), \quad 0 \leq t \leq \frac{t_3}{6}; \quad (1.47)$$

$$\dot{\varphi} = \frac{6 \cdot \Delta x}{5 \cdot t_3 \cdot R}, \quad \frac{t_3}{6} < t < \frac{5 \cdot t_3}{6}; \quad (1.48)$$

$$\dot{\varphi} = -\frac{6 \cdot \Delta x}{5 \cdot R} \cdot \left[\begin{array}{l} 2916 \cdot \left(t - \frac{5 \cdot t_3}{6} \right)^5 \cdot \frac{1}{t_3^6} - 2430 \cdot \left(t - \frac{5 \cdot t_3}{6} \right)^4 \cdot \frac{1}{t_3^5} + \\ + 540 \cdot \left(t - \frac{5 \cdot t_3}{6} \right)^3 \cdot \frac{1}{t_3^4} - \frac{1}{t_3} \end{array} \right], \quad \frac{5 \cdot t_3}{6} < t \leq t_3. \quad (1.49)$$

Аналогічно визначається закон зміни кутової швидкості приводного крокового двигуна при русі формувального візка у зворотному напрямку:

$$\dot{\varphi} = -\frac{27 \cdot \Delta x}{10 \cdot R} \cdot \left[1296 \cdot \frac{(t-t_3)^5}{t_3^6} - 120 \cdot \frac{(t-t_3)^3}{t_3^4} + 5 \cdot \frac{(t-t_3)}{t_3^2} \right], \quad t_3 \leq t \leq \frac{7 \cdot t_3}{6}; \quad (1.50)$$

$$\dot{\varphi} = -\frac{6 \cdot \Delta x}{5 \cdot t_3 \cdot R}, \quad \frac{7 \cdot t_3}{6} < t < \frac{11 \cdot t_3}{6}; \quad (1.51)$$

$$\dot{\varphi} = \frac{6 \cdot \Delta x}{5 \cdot R} \cdot \left[\begin{array}{l} 2916 \cdot \left(t - \frac{11 \cdot t_3}{6} \right)^5 \cdot \frac{1}{t_3^6} - 2430 \cdot \left(t - \frac{11 \cdot t_3}{6} \right)^4 \cdot \frac{1}{t_3^5} + \\ + 540 \cdot \left(t - \frac{11 \cdot t_3}{6} \right)^3 \cdot \frac{1}{t_3^4} - \frac{1}{t_3} \end{array} \right], \quad \frac{11 \cdot t_3}{6} < t \leq 2 \cdot t_3. \quad (1.52)$$

Також запропоновано конструкцію роликів формувальної установки з приводом від висомоментного крокового двигуна для забезпечення зворотно-поступального руху формувального візка з режимом реверсування при оптимальних крайових умовах за прискоренням третього порядку (рис. 1.4). Установка складається з формувального візка 1, що змонтований на порталі 2, і здійснює зворотно-поступальний рух у напрямках 3 над порожниною форми 4. Формувальний візок вміщує подавальний бункер 5 та укочувальні ролики 6 на осі 7.

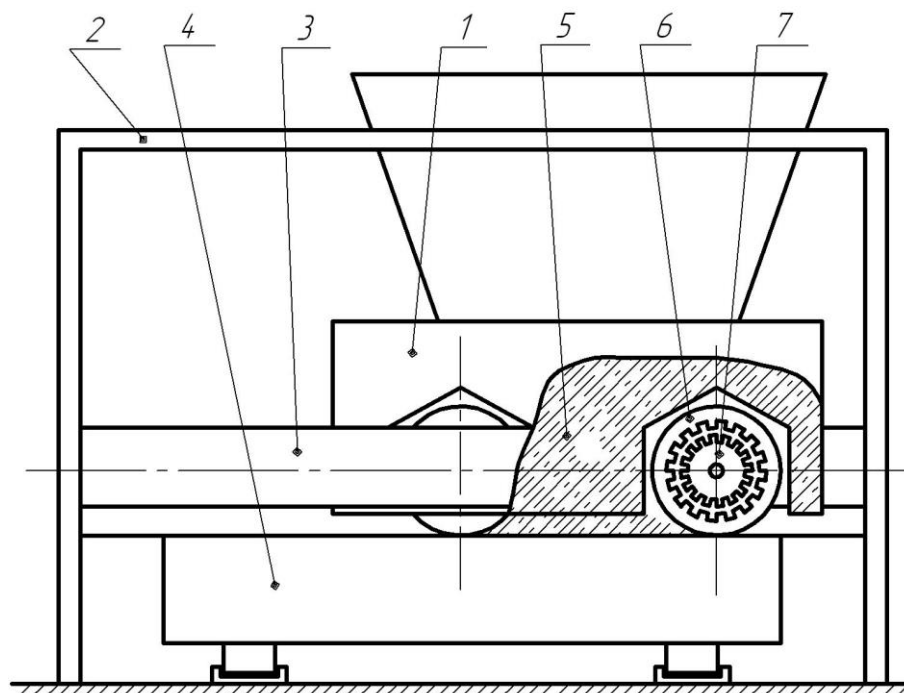


Рис. 1.5. Роликів формувальна установка з приводом від крокового двигуна

Візок приводиться в зворотно-поступальний рух за допомогою високомоментного крокового двигуна, який вмонтовано в ролики, причому вісь ролика виконує роль статора, а сам ролик – ротора [1.9].

При застосуванні в установці приводу від високомоментного крокового двигуна, що вмонтований в укочувальні ролики, закон зміни кутової швидкості якого описаний наведеними вище рівняннями, підвищується якість поверхні оброблюваної бетонної суміші, зменшуються динамічні навантаження в елементах приводного механізму, зникають зайві руйнівні навантаження на рамну конструкцію і, відповідно, підвищується надійність та довговічність установки в цілому.

Результати роботи можуть в подальшому бути корисними для уточнення та удосконалення існуючих інженерних методів розрахунку приводних механізмів машин роликів формування як на стадіях проектування/конструювання, так і в режимах реальної експлуатації.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

РОЗДІЛ 1

1.1. Гарнець В.М. Бетоноформувальні агрегати. Конструктивно-функціональні схеми, принцип дії, основи теорії. / В.М. Гарнець, С.В. Зайченко, Ю.В. Човнюк, В.О. Шаленко, Я.С. Приходько – Київ: Інтерсервіс, 2015. – 238 с.

1.2. Harnets V.M. Teoriia i praktyka stvorennia betonoformovalnykh ahrehativ (BFA) / V.M. Harnets, Yu.V. Chovniuk, S.V. Zaichenko, V.O. Shalenko, Ya.S. Prykhodko // Hirnychi, budivelni, dorozhni ta melioratyvni mashyny. – 2014. – Issue 83. – P. 49-54.

1.3. Гарнець В.М., Зайченко С.В., Приходько Я.С., Шаленко В.О. Розробка науково-практичних рекомендацій по створенню бетоноформуєчих агрегатів (БФА). // Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини. – Київ: КНУБА, 2012. – Вип. 79. – С. 46-52.

1.4. Почка К.І. Розробка та аналіз роликової формуальної установки з рекупераційним приводом: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.05.02 «Машини для виробництва будівельних матеріалів і конструкцій». – Київ, 2008. – 24 с.

1.5. Ловейкін В.С. Динамічний аналіз роликової формувальної установки з рекупераційним приводом. / В.С. Ловейкін, К.І. Почка // Динаміка, міцність і надійність сільськогосподарських машин: Пр. І-ї Міжнародної науково-технічної конференції (DSR AM-I). – Тернопіль, 2004. – С. 507-514.

1.6. Ловейкін В.С. Результати експериментальних досліджень режимів руху роликової формуальної установки з рекупераційним приводом. / В.С. Ловейкін, К.І. Почка // Вісник Харківського національного університету сільськогосподарства ім. П.Василенка. – Харків, 2007. – № 59, Том 1. – С. 465-474.

1.7. Ловейкін В.С. Визначення оптимального значення кута зміщення кривошипів роликової формуальної установки з рекупераційним приводом. / В.С. Ловейкін, К.І. Почка // Автоматизація виробничих процесів у машинобудуванні та приладобудуванні. – НУ «Львівська політехніка», 2007. – № 41. – С. 127-134.

1.8. Ловейкін В.С. Динамічна оптимізація кулачкового приводу машин роликового формування. Монографія / В. С. Ловейкін, К. І. Почка. – Київ: ЦП «Компринт», 2016. – 177 с. – ISBN 978-966-929-197-4.

1.9. Патент України на винахід № 105744 кл. B28B13/00: Установка для формування виробів з бетонних сумішей. / Ловейкін В.С., Почка К.І., Човнюк Ю.В., Діктерук М.Г. – Бюл. № 11 від 10.06.2014 р.

1.10. Ловейкін В.С., Почка К.І. Силовий аналіз роликової формувальної установки з рекупераційним приводом. // Техніка будівництва, 2003. – № 14. – С. 27-37.

1.11. Ловейкін В.С. Динаміка роликової формуальної установки. Монографія. / В.С. Ловейкін, К.І. Почка – Київ-Ромни: КНУБА, «ІСА-Інтерпапір», 2009. – 228 с.

1.12. Ловейкін В.С. Дослідження динамічних навантажень в елементах роликів формувальних установок. / В.С. Ловейкін, К.І. Почка // *Materialy VIII mezinarodni vedecko-prakticka conference "Vznik moderni vedecke – 2012"*. – Dil. 18. *Technicke vedy. Moderni informacni technologie: Praha. Publishing House "Education and Science" s.r.o.* – P. 20-25.

1.13. Ловейкін В.С. Дослідження навантажень в елементах роликової формувальної установки з врівноваженим приводом. / В.С. Ловейкін, К.І. Почка // *Автоматизація виробничих процесів у машинобудуванні та приладобудуванні*. – НУ «Львівська політехніка», 2015. – Вип. 49. – С. 73-79.

1.14. Loveykin V.S. Analysis of dynamic equilibration by the drive of cars of roller formation. / V.S. Loveykin, K.I. Pochka // *MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture*. – Lublin-Rzeszow, 2016. – Vol. 18, No 3. – P. 41-52.

1.15. Loveikin V.S. The dynamic analysis of roller forming installation with energetically balanced drive / V.S. Loveikin, V.P. Kovbasa, K.I. Pochka // *Scientific Herald of NULES of Ukraine. Series: Technique and energy of APK*, 2010. – Issue 144, part 5. – P. 338-344.

1.16. Ловейкін В.С. Аналіз нерівномірності руху приводних механізмів машин роликового формування. / В.С. Ловейкін, К.І. Почка // *Техніка будівництва*. – № 30, 2013. – С. 23-32.

1.17. Ловейкін В.С. Оптимізація режимів руху кулачкових механізмів. / В.С. Ловейкін, К.І. Почка // *Збірник тез доповідей XIX Міжнародної конференції науково-педагогічних працівників, наукових співробітників та аспірантів «Проблеми та перспективи розвитку технічних та біоенергетичних систем природокористування: конструювання та дизайн» (20-22 березня 2019 року)*. – К.: НУБіП України, 2019. – С. 107-111.

1.18. Loveykin V.S. Synthesis of camshaft driving mechanism in roller molding installation with combined motion mode according to acceleration of third order. / V.S. Loveykin, K.I. Pochka – *Science & Technique*, 2017. – No. 16 (3), 206-214. – DOI: 10.21122/2227-1031-2017-16-3-206-214.

1.19. Loveikin V.S. Dynamic analysis of roller forming unit with crank drive mechanism. / V.S. Loveikin, K.I. Pochka, Yu.O. Romasevych, O.B. Pochka // *Strength of Materials and Theory of Structure*. – Issue 102. – 2019. – P. 91–108. – DOI: 10.32347/2410-2547.2019.102.91-108.

1.20. Loveikin V.S. Drive mechanism dynamic balancing of roller forming unit with energy-balanced drive. / V.S. Loveikin, K.I. Pochka, M.O. Prystailo, O.B. Pochka // *Strength of Materials and Theory of Structure*. – Issue 103. – 2019. – P. 112–130. – DOI: 10.32347/2410-2547.2019.103.112-130.

РОЗДІЛ 2

2.1. Буцький В.О. Активатор барабанно-валкового типу безперервної дії для комплексів по виробництву дрібно штучних виробів. Рукопис. – Харків: НТУ ХДТУБА, 2010.