

Назва конференції – «Trends in science and practice of today»

Назва секції – Технічні науки

ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ РОЛИКОВОЇ ФОРМУВАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ З РЕКУПЕРАЦІЙНИМ ПРИВОДОМ

Ловейкін Вячеслав Сергійович,

Доктор технічних наук, професор
Національний університет біоресурсів і природокористування України,

Почка Костянтин Іванович

Доктор технічних наук, професор
Київський національний університет будівництва і архітектури,

Почка Ольга Богданівна

Київський національний університет будівництва і архітектури,

В існуючих теоретичних та експериментальних дослідженнях машин роликового формування виробів з будівельних сумішей 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 даної роботи є дослідження динамічних властивостей роликової формувальної установки з рекупераційним приводом.

З метою зменшення витрат енергії в машинах роликового формування запропоновано конструкцію роликової формувальної установки [4, 5] для забезпечення ущільнення виробів з будівельних сумішей на одній технологічній лінії, яка складається з двох формувальних візків, розташованих паралельно між собою з однієї сторони привідного валу, що приводяться в зворотно-поступальний рух від одного приводу, до складу якого входять два кривошипно-повзунні механізми, кривошипи яких жорстко закріплені на одному привідному валу та зміщені між собою на кут $\pi/2$ (рис. 1, а). Кожний з формувальних візків 1 та 2 змонтовані на порталі 8 і здійснюють зворотно-поступальний рух в напрямних 9 над порожниною форми 10. Формувальний візок 1 складається з подавального бункера 11 та з співвісних секцій укочувальних роликів 12. Таку ж конструкцію має й інший візок. Візки 1 і 2 з розподільними бункерами приводяться в зворотно-поступальний рух за допомогою приводу, виконаного у вигляді двох кривошипно-повзунних механізмів, кривошипи 5 та 6 яких жорстко закріплені на одному приводному

валу 7 і зміщені між собою на кут $\Delta\varphi = \pi/2$. Шатуни 3 та 4 шарнірно з'єднані з формувальними візками 1 та 2, а іншими кінцями з'єднуються з кривошипними 5 та 6. Така конструкція формувальної установки дозволяє здійснювати передачу енергії від одного візка, який здійснює процес гальмування, до другого, який в цей момент здійснює процес розгону. На рис. 1,б зображено кінематичну схему роликової формувальної установки з рекуперативним приводом для формування виробів з будівельних сумішей на одній технологічній лінії. На даній кінематичній схемі r – радіус кривошипів 5 та 6; l – довжина шатунів 3 та 4; φ – кутова координата положення кривошипа першого візка; $\Delta\varphi$ – кут зміщення одного кривошипа відносно другого; x_{B_1} та x_{B_2} – координати центрів мас візків 1 та 2 відповідно; β_1 та β_2 – кутові координати, що визначають положення шатунів першого та другого візків відносно горизонталі.

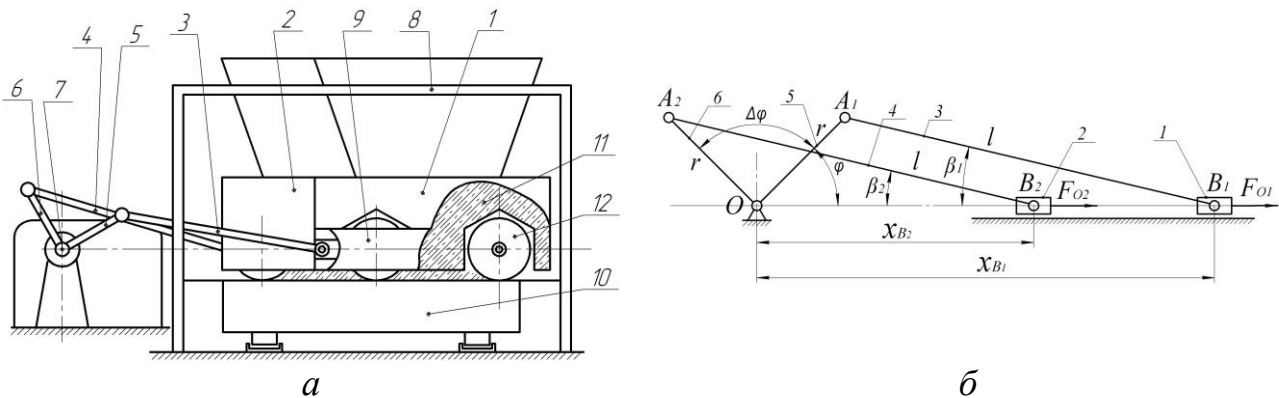


Рисунок 1. Роликова формувальна установка з рекуперативним приводом (а) та її кінематична схема (б).

Для дослідження динаміки запропонованої установки визначено функції зміни координат першого та другого формувальних візків:

$$x_{B_1} = r \cdot \cos \varphi + l \cdot \cos \beta_1; \quad (1)$$

$$x_{B_2} = r \cdot \cos(\varphi + \Delta\varphi) + l \cdot \cos \beta_2. \quad (2)$$

Величина кутів β_1 та β_2 може бути визначена зі співвідношень:

$$r \cdot \sin \varphi = l \cdot \sin \beta_1; \quad (3)$$

$$r \cdot \sin(\varphi + \Delta\varphi) = l \cdot \sin \beta_2. \quad (4)$$

Звідки:

$$\sin \beta_1 = \frac{r}{l} \cdot \sin \varphi \rightarrow \cos \beta_1 = \left[1 - \left(\frac{r}{l} \cdot \sin \varphi \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}; \quad (5)$$

$$\sin \beta_2 = \frac{r}{l} \cdot \sin(\varphi + \Delta\varphi) \rightarrow \cos \beta_2 = \left[1 - \left(\frac{r}{l} \cdot \sin(\varphi + \Delta\varphi) \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}. \quad (6)$$

Вирази $\cos \beta_1$ та $\cos \beta_2$ можна розкласти в ряд за формулою бінома Ньютона:

$$\left[1 - \left(\frac{r}{l} \cdot \sin \varphi\right)^2\right]^{\frac{1}{2}} = 1 - \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{r}{l} \cdot \sin \varphi\right)^2 - \frac{1}{8} \cdot \left(\frac{r}{l} \cdot \sin \varphi\right)^4 - \dots; \quad (7)$$

$$\left[1 - \left(\frac{r}{l} \cdot \sin(\varphi + \Delta\varphi)\right)^2\right]^{\frac{1}{2}} = 1 - \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{r}{l} \cdot \sin(\varphi + \Delta\varphi)\right)^2 - \frac{1}{8} \cdot \left(\frac{r}{l} \cdot \sin(\varphi + \Delta\varphi)\right)^4 - \dots \quad (8)$$

Відношення r/l для роликових формувальних установок з кривошипно-шатунними приводними механізмами не перевищують $1/3$ і ряди (7) та (8) досить швидко сходяться, тому з достатньою для практики точністю можна відкинути третій та подальші члени рядів (7) та (8). Тоді залежності (1) та (2) будуть мати вигляд:

$$x_{B_1} = r \cdot \cos \varphi + l \cdot \left[1 - \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{r}{l} \cdot \sin \varphi\right)^2\right]; \quad (9)$$

$$x_{B_2} = r \cdot \cos(\varphi + \Delta\varphi) + l \cdot \left[1 - \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{r}{l} \cdot \sin(\varphi + \Delta\varphi)\right)^2\right]. \quad (10)$$

Функції зміни швидкостей центрів мас першого та другого формувальних візків матимуть вигляд:

$$\dot{x}_{B_1} = \dot{\varphi} \cdot \frac{\partial x_{B_1}}{\partial \varphi}; \quad (11)$$

$$\dot{x}_{B_2} = \dot{\varphi} \cdot \frac{\partial x_{B_2}}{\partial \varphi}, \quad (12)$$

де $\frac{\partial x_{B_1}}{\partial \varphi}$ та $\frac{\partial x_{B_2}}{\partial \varphi}$ – перші передаточні функції обох формувальних візків, що мають значення:

$$\frac{\partial x_{B_1}}{\partial \varphi} = -r \cdot \left(\sin \varphi + \frac{r}{2 \cdot l} \cdot \sin 2\varphi\right); \quad (13)$$

$$\frac{\partial x_{B_2}}{\partial \varphi} = -r \cdot \left[\sin(\varphi + \Delta\varphi) + \frac{r}{2 \cdot l} \cdot \sin 2(\varphi + \Delta\varphi)\right]. \quad (14)$$

Для оцінки руху визначено функції зміни кінетичної енергії першого та другого візків установки в процесі формування:

$$T_1 = \frac{1}{2} \cdot m_1 \cdot \dot{x}_{B_1}^2 = \frac{1}{2} \cdot m_1 \cdot \dot{\varphi}^2 \cdot r^2 \cdot \left(\sin \varphi + \frac{r}{2 \cdot l} \cdot \sin 2\varphi\right)^2; \quad (15)$$

$$T_2 = \frac{1}{2} \cdot m_2 \cdot \dot{x}_{B_2}^2 = \frac{1}{2} \cdot m_2 \cdot \dot{\varphi}^2 \cdot r^2 \cdot \left[\sin(\varphi + \Delta\varphi) + \frac{r}{2 \cdot l} \cdot \sin 2(\varphi + \Delta\varphi)\right]^2, \quad (16)$$

де m_1 та m_2 – маси формувальних візків 1 та 2 відповідно.

За умови рівності мас формувальних візків ($m_1 = m_2 = m$) кінетична енергія всієї установки в процесі формування з урахуванням виразів (15) і (16) визначається залежністю:

$$T = T_1 + T_2 = \frac{1}{2} \cdot m_1 \cdot \dot{\varphi}^2 \cdot r^2 \cdot \left\{ \left(\sin \varphi + \frac{r}{2 \cdot l} \cdot \sin 2\varphi \right)^2 + \left[\sin(\varphi + \Delta\varphi) + \frac{r}{2 \cdot l} \cdot \sin 2(\varphi + \Delta\varphi) \right]^2 \right\}. \quad (17)$$

При цьому середнє значення кінетичної енергії всієї установки за один оберт кривошипу має вигляд:

$$T_{cp} = \frac{1}{t_1} \cdot \int_0^{t_1} T \cdot dt, \quad (18)$$

де t_1 – тривалість руху установки за один оберт кривошипу ($t_1 = 2\pi/\dot{\varphi}$).

Тоді відхилення екстремального значення T_{ext} кінетичної енергії від її середнього T_{cp} значення визначається залежністю:

$$\Delta T_{max} = |T_{ext} - T_{cp}|, \quad (19)$$

а відхилення між її максимальним T_{max} та мінімальним T_{min} значеннями можна визначити за допомогою виразу:

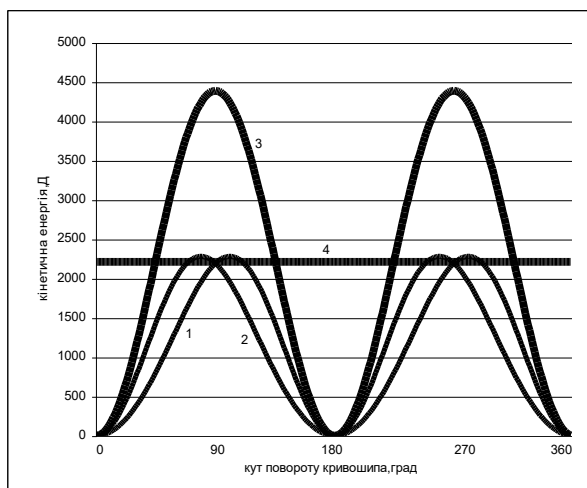
$$\Delta T = T_{max} - T_{min}. \quad (20)$$

Визначені також відносні значення відхилень кінетичної енергії:

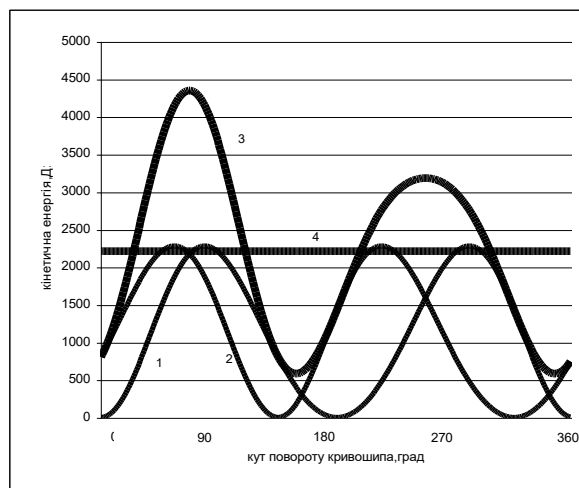
$$\varepsilon_1 = \Delta T / T_{cp}; \quad \varepsilon_2 = \Delta T_{max} / T_{cp}. \quad (21)$$

Вихідними параметрами для визначення кінетичної енергії роlikової формувальної установки з рекупераційним приводом були параметри: кутова швидкість обертання кривошипів $\dot{\varphi} = 10,47 \text{ рад/с}$ (при частоті обертання привідного вала $n = 100 \text{ об/хв}$); радіус кривошипів $r = 0,2 \text{ м}$; довжина шатунів $l = 1,0 \text{ м}$ (обидва шатуни однакової довжини); маса формувальних візків $m = 1000 \text{ кг}$. Для даної установки з наведеними параметрами побудовані графіки зміни кінетичної енергії першого – 1, другого – 2 візків, їхнього сумарного – 3 та середнього – 4 значень при різних значеннях кута $\Delta\varphi$ (рис. 2).

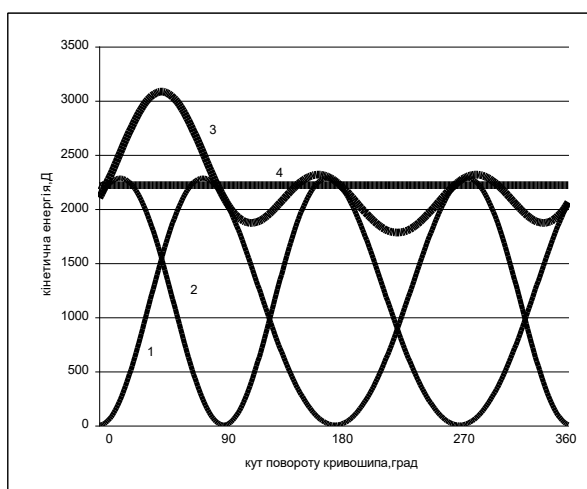
Аналіз цих графіків показує, що найменше відхилення максимального значення кінетичної енергії від її середнього значення спостерігається при куті зміщення кривошипів $\Delta\varphi = 90^\circ$. Для цього значення кута $\Delta\varphi$ середнє значення кінетичної енергії становить $T_{cp} = 2215 \text{ Дж}$, мінімальне значення $T_{min} = 1612 \text{ Дж}$, а її максимальне значення $T_{max} = 2864 \text{ Дж}$. При цьому відхилення $\Delta T_{max} = 649 \text{ Дж}$, а $\Delta T = 1252 \text{ Дж}$. Ці параметри визначені також для інших значень кута зміщення кривошипів в межах від $\Delta\varphi = 0^\circ$ до $\Delta\varphi = 180^\circ$ з кроком 30° і зведені в табл. 1.



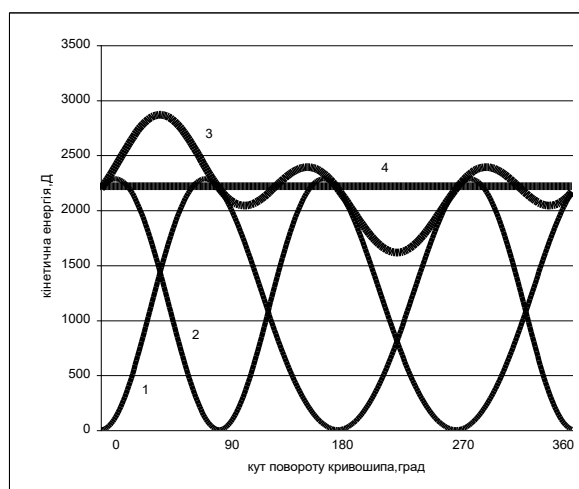
а



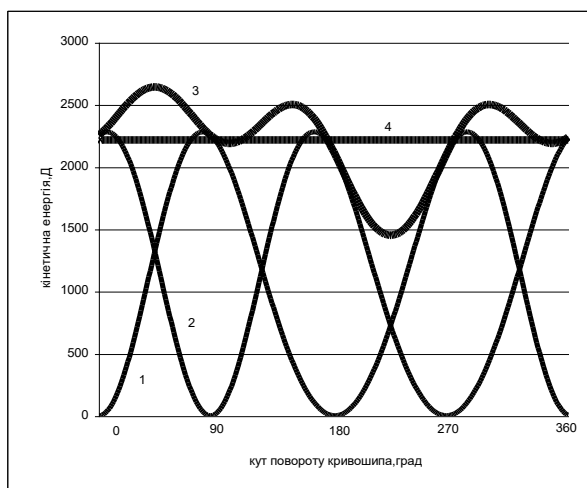
б



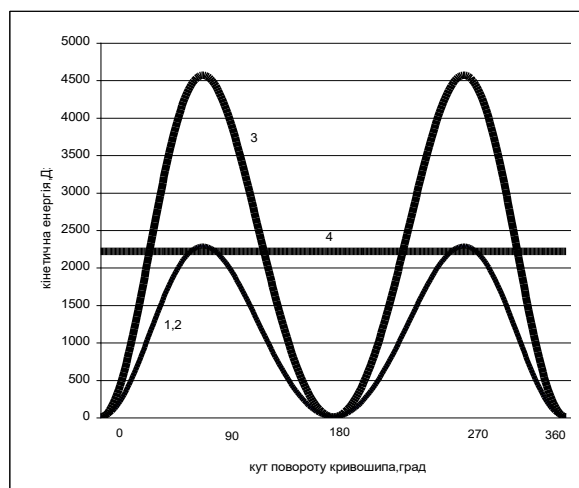
в



г



д



е

Рисунок 2. Графіки зміни кінетичної енергії установки при різних значеннях кута зміщення кривошипів: а – $\Delta\varphi = 0^\circ$; б – $\Delta\varphi = 45^\circ$; в – $\Delta\varphi = 85^\circ$; г – $\Delta\varphi = 90^\circ$; д – $\Delta\varphi = 95^\circ$; е – $\Delta\varphi = 180^\circ$; 1, 2 – кінетична енергія першого та другого візків відповідно; 3 – сумарна кінетична енергія; 4 – середнє значення сумарної кінетичної енергії

Результати розрахунків кінетичної енергії

$\Delta\varphi, ^\circ$	$T_{\max}, Дж$	$T_{\min}, Дж$	$\Delta T, Дж$	$\Delta T_{\max}, Дж$	ε_1	ε_2
0	4385	0	4385	2215	1,9797	1
30	4536	265	4271	2321	1,9282	1,048
60	3992	1006	2986	1777	1,3481	0,8022
90	2864	1612	1252	649	0,5652	0,293
120	3339	749	2590	1466	1,1693	0,66185
150	4224	192	4032	2023	1,8203	0,9133
180	4562	0	4562	2347	2,0596	1,06

На основі даних табл. 1 побудовано графіки зміни максимального значення сумарної кінетичної енергії $T_{\max}$, мінімального значення сумарної кінетичної енергії $T_{\min}$, відхилень ΔT та $\Delta T_{\max}$ (рис. 3), а також графіки зміни відносних коефіцієнтів ε_1 та ε_2 (рис. 4) в залежності від кута зміщення кривошипів.

Аналіз графіків на рис. 3 та 4 показує, що мінімальне значення сумарної кінетичної енергії установки $T_{\min}$ досягає екстремуму типу максимум при зміщенні кривошипів на кут $\Delta\varphi = 90^\circ$, а максимальне значення сумарної кінетичної енергії $T_{\max}$, відхилення ΔT та $\Delta T_{\max}$ і відносні коефіцієнти ε_1 та ε_2 набувають екстремуму типу мінімум також при зміщенні кривошипів на кут $\Delta\varphi = 90^\circ$. При цьому середнє значення сумарної кінетичної енергії залишається незмінним і становить $T_{cp} = 2215 Дж$.

Для більш розширеного аналізу впливу кута зміщення кривошипів на зміну кінетичної енергії установки ці ж параметри визначені для значень кута зміщення в межах від $\Delta\varphi = 81^\circ$ до $\Delta\varphi = 100^\circ$ з кроком 1° і зведені в табл. 2.

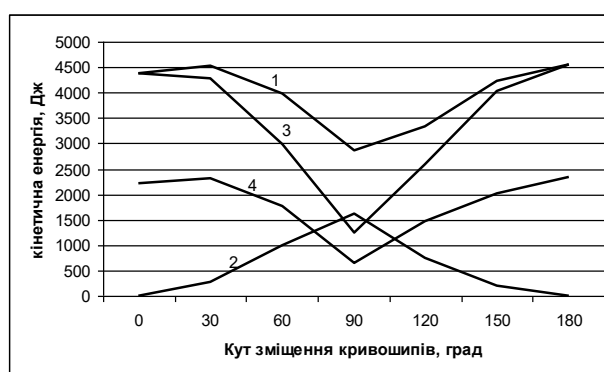


Рисунок 3. Графіки зміни максимального значення сумарної кінетичної енергії $T_{\max}$ – 1, мінімального значення сумарної кінетичної енергії $T_{\min}$ – 2, відхилень ΔT – 3 та $\Delta T_{\max}$ – 4 в залежності від кута зміщення кривошипів



Рисунок 4. Графіки зміни відносних коефіцієнтів ε_1 та ε_2 в залежності від кута зміщення кривошипів

Результати розрахунків кінетичної енергії

$\Delta\varphi, ^\circ$	$T_{\max}, Дж$	$T_{\min}, Дж$	$\Delta T, Дж$	$\Delta T_{\max}, Дж$	ε_1	ε_2
81	3246	1725	1521	1031	0,6867	0,4655
82	3205	1760	1445	990	0,6524	0,447
83	3164	1797	1367	949	0,6172	0,4285
84	3122	1812	1310	907	0,5914	0,4095
85	3080	1777	1303	865	0,5883	0,3905
86	3037	1744	1293	822	0,58375	0,371
87	2995	1711	1284	780	0,5797	0,352
88	2952	1677	1275	737	0,5756	0,3327
89	2908	1645	1263	693	0,5702	0,313
90	2864	1612	1252	649	0,5652	0,293
91	2820	1579	1241	636	0,5603	0,287
92	2776	1546	1230	669	0,5553	0,302
93	2732	1514	1218	701	0,5499	0,3165
94	2687	1483	1204	732	0,5436	0,3305
95	2643	1451	1192	764	0,53815	0,345
96	2597	1419	1178	796	0,5318	0,3594
97	2555	1388	1167	827	0,5269	0,3734
98	2584	1357	1227	858	0,55395	0,3873
99	2614	1327	1287	888	0,58104	0,4009
100	2643	1296	1347	919	0,60813	0,4149

На основі даних табл. 2 побудовано графіки зміни максимального значення сумарної кінетичної енергії $T_{\max}$, мінімального значення сумарної кінетичної енергії $T_{\min}$, відхилень ΔT та $\Delta T_{\max}$ (рис. 5), а також графіки зміни відносних коефіцієнтів ε_1 та ε_2 (рис. 6) в залежності від кута зміщення кривошипів в межах від $\Delta\varphi = 81^\circ$ до $\Delta\varphi = 100^\circ$ з кроком 1° .

Проаналізувавши графіки на рис. 5 та 6, можна зробити висновки: мінімальне значення сумарної кінетичної енергії установки досягає екстремуму $T_{\min} = 1812 Дж$ типу максимум при зміщенні кривошипів на

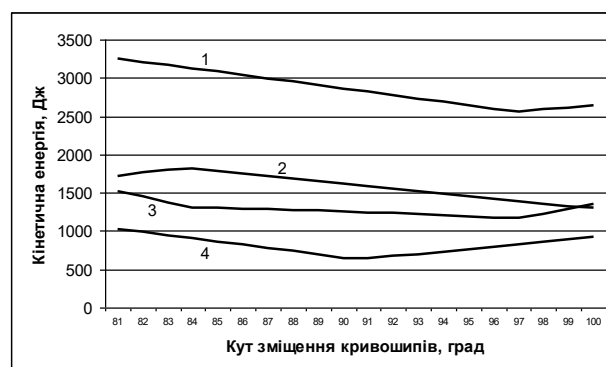


Рисунок 5. Графіки зміни максимального значення сумарної кінетичної енергії $T_{\max}$ – 1, мінімального значення сумарної кінетичної енергії $T_{\min}$ – 2, відхилень ΔT – 3 та $\Delta T_{\max}$ – 4 в залежності від кута зміщення кривошипів в межах від $\Delta\varphi = 81^\circ$ до $\Delta\varphi = 100^\circ$

кут $\Delta\varphi = 84^\circ$; максимальне значення сумарної кінетичної енергії досягає екстремуму типу мінімуму $T_{\max} = 2555 \text{ Дж}$ при зміщенні кривошипів на кут $\Delta\varphi = 97^\circ$; відхилення між мінімальним та максимальним значеннями сумарної кінетичної енергії досягає екстремуму типу мінімуму $\Delta T = 1167 \text{ Дж}$ при зміщенні кривошипів на кут $\Delta\varphi = 97^\circ$, що в 3,9 рази менше ніж при $\Delta\varphi = 180^\circ$; відхилення між екстремальним та середнім значеннями сумарної кінетичної енергії досягає мінімуму $\Delta T_{\max} = 636 \text{ Дж}$ при зміщенні кривошипів на кут $\Delta\varphi = 91^\circ$, що в 3,7 рази менше ніж при $\Delta\varphi = 180^\circ$; відносні коефіцієнти набувають мінімуму $\varepsilon_1 = 0,5269$ та $\varepsilon_2 = 0,287$ при зміщенні кривошипів на кут $\Delta\varphi = 97^\circ$ та $\Delta\varphi = 91^\circ$ відповідно, що в 3,9 та 3,7 рази відповідно менше ніж при $\Delta\varphi = 180^\circ$.

В результаті проведених досліджень проведено динамічний аналіз роlikової формувальної установки з рекупераційним приводом – визначено функції зміни кінетичної енергії та проаналізовано вплив кута зміщення кривошипів установки на характер їх зміни.



Рисунок 6. Графіки зміни відносних коефіцієнтів ε_1 та ε_2 в залежності від кута зміщення кривошипів в межах від $\Delta\varphi = 81^\circ$ до $\Delta\varphi = 100^\circ$

Список літератури:

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. Аналіз дослідження навантажень в елементах роlikових формувальних установок з різними приводними механізмами / В.С. Ловейкін, К.І. Почка // Вісник національного університету «Львівська політехніка». Серія «Динаміка, міцність та проектування машин і приладів». – Львів, 2015. – № 820. – С. 76-84.
3. Ловейкін В.С. Аналіз нерівномірності руху приводних механізмів машин роlikового формування / В.С. Ловейкін, К.І. Почка // Техніка будівництва. – 2013. – № 30. – С. 23-32.
4. Патент України на винахід № 67091 А. Установка для формування виробів з бетонних сумішей / Ловейкін В.С., Гарнець В.М., Почка К.І. – № u2003076371 заявл. 08.07.2003; опубл. 15.06.2004, Бюл. № 6.
5. Патент України на винахід № 70523 А. Установка для формування виробів з бетонних сумішей / Ловейкін В.С., Гарнець В.М., Почка К.І. – № u20031110814 заявл. 28.11.2003; опубл. 15.10.2004, Бюл. № 10.
6. Ловейкін В.С., Почка К.І., Ромасевич Ю.О., Почка О.Б. Динамічний аналіз роlikової формувальної установки з кривошипно-шатунним привідним механізмом // Опір матеріалів і теорія споруд. – 2019. – № 102. – С. 91-108. – DOI: 10.32347/2410-2547.2019.102.91-108.
7. Почка К.І. Розробка та аналіз роlikової формувальної установки з рекупераційним приводом: Автореф. дис. канд. наук. / К.І. Почка. – К.: КНУБА. – 2008. – 24 с.

8. Ловеїкін В. С., Почка К. І. Динамічний аналіз роликової формувальної установки з рекупераційним приводом. Динаміка, міцність і надійність с.-г машин: Пр. І міжнар. наук.-техн.конф. (DSR AM-I). (Тернопіль, 4-7 жовт. 2004). Тернопіль, 2004. С. 507–514.
9. Ловеїкін В. С., Почка К. І. Результати експериментальних досліджень режимів руху роликової формувальної установки з рекупераційним приводом. Вісн. Харк. нац. ун-ту сільськ. госп-ва ім. П. Василенка. 2007. Т 1. № 59. С. 465-474.
10. Loveikin, V. S., Pochka, K. I. Synthesis of camshaft driving mechanism in roller molding installation with combined motion mode according to acceleration of third order. Science & Technique. 2017. No. 16 (3). 206-214. DOI: 10.21122/2227-1031-2017-16-3-206-214.
11. Loveykin V., Pochka K. Realization of optimum mode of movement of roller forming installation on acceleration of fourth order. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 2018. Vol. 9, No. 2. P. 19-26. doi.org/10.31548/me2018.02.019.
12. Ловеїкін В. С., Почка К. І. Визначення оптимального значення кута зміщення кривошипів роликової формувальної установки з рекупераційним приводом. Автоматизація вироб. процесів у машинобуд. та приладобуд. НУ «Львівська політехніка». 2007. № 41. С. 127-134.
13. Ловеїкін В. С., Почка К. І., Шевченко Т. В. Аналіз динамічного режиму руху роликової формувальної установки з керованим гідроприводом. Вісник Донбаської державної машинобудівної академії. Краматорськ: ДДМА, 2005. № 1. С. 149-154.
14. Ловеїкін В. С., Почка К.І. Визначення навантажень в елементах роликової формувальної установки. Теорія і практика будівництва. 2007. № 3. С. 19-23.
15. Ловеїкін В. С., Почка К. І. Дослідження динамічних навантажень в елементах роликів формувальних установок. Vznik moderni vedecke – 2012. Materialy VIII mezinarodni vedecko-prakticka conference– Dil. 18. Technicke vedy. Moderni informacni technologie: Praha. Publishing House “Education and Science” s.r.o. P. 20-25.
16. Ловеїкін В. С., Почка К. І. Дослідження навантажень в елементах роликової формувальної установки з врівноваженим приводом. Автоматизація виробн. процесів у машинобуд. та приладобуд. НУ «Львівська політехніка», 2015. Вип. 49. С. 73-79.
17. Loveikin V., Pochka K., Prystailo M., Balaka M., Pochka O. Dynamic balancing of roller forming unit drive. Strength of Materials and Theory of Structures. 2021. 107. P. 140-158. DOI: 10.32347/2410-2547.2021.107.140-158.
18. Ловеїкін В.С., Почка К.І., Пристайло М.О., Почка О.Б. Динамічне зрівноваження привідного механізму роликової формувальної установки з енергетично врівноваженим приводом. Опір матеріалів і теорія споруд. – 2019. – Вип. 103. – С. 112-130. doi: 10.32347/2410-2547.2019.103.112-130.
19. Ловеїкін В. С., Почка К. І. Обґрунтування параметрів енергетично врівноваженого приводу роликової формувальної установки. Техніка будівництва. 2014. № 32. С. 25-32.
20. Ловеїкін В. С., Почка К. І. Аналіз нерівномірності руху роликової формувальної установки з енергетично врівноваженим приводом. Вібрації в техніці та технологіях. 2010. № 4 (60). С. 20-29.
21. Ловеїкін В. С., Ковбаса В. П., Почка К. І. Динамічний аналіз роликової формувальної установки з енергетично врівноваженим приводом. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. 2010. Вип. 144, ч. 5. С. 338-344.
22. Ловеїкін В.С., Почка К.І. Динамічна оптимізація машин роликового формування. Монографія. Київ: ЦП «Компринт», 2016. 240 с. ISBN 978-966-929-251-3.
23. Ловеїкін В.С., Почка К.І. Силовий аналіз роликової формувальної установки з рекупераційним приводом. Техніка будівництва. 2003. № 14. С. 27-37.
24. Loveikin V., Pochka K., Prystailo M., Balaka M., Pochka O. Impact of cranks displacement angle on the motion non-uniformity of roller forming unit with energy-balanced drive. Strength of Materials and Theory of Structures. 2021. 106. P. 141-155. DOI: 10.32347/2410-2547.2021.106.141-155.

25. Loveikin V.S., Romasevich Yu.O., Spodoba O.O., Loveykin A.V., Pochka K.I. Mathematical model of the dynamics change departure of the jib system manipulator with the simultaneous movement of its links. *Strength of Materials and Theory of Structures*. 2020. 104. 175-190. DOI: 10.32347/2410-2547.2020.104.175-190.
26. Loveikin V. S., Pochka K. I., Romasevych Yu. O. Modeling Roller Forming Unit Dynamic Analysis with Energy Balanced Drive Dissipative Properties Taken into Account. *Проблеми машинобудування*. 2018. Т. 21, № 2. С. 32-44.
27. Ловейкін В. С., Почка К. І., Ромасевич Ю. О., Ловейкін Ю. В. Динамічний аналіз роlikової формувальної установки з урахуванням дисипативних властивостей врівноваженого приводного механізму. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv. Ukraine. 2018. Vol. 9, No. 3. P. 45-58. doi.org/10.31548/me2018.03.045.
28. Ловейкін В.С., Почка К.І. Динамічна оптимізація кулачкового приводу машин роlikового формування. Монографія. Київ: ЦП «Компринт», 2016. 177 с. ISBN 978-966-929-197-4.
29. Ловейкін В.С., Почка К.І. Дослідження навантажень в елементах роlikової формувальної установки з врівноваженим приводом. Автоматизація виробничих процесів у машинобудуванні та приладобудуванні. 2015. Вип. 49. С. 73-79.
30. Ловейкін В.С., Почка К.І. Аналіз руху роlikової формовочної установки з врівноваженим приводом. Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету. № 27. 2004. С. 95-101.
31. Ловейкін В.С., Почка К.І. Порівняльний аналіз нерівномірності руху роlikової формовочної установки з механічним та рекупераційним приводом. Збірник наукових праць (Галузеве машинобудування) Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка. 2005. № 16. С. 126-130.
32. Ловейкін В.С., Почка К.І. Вплив кута зміщення кривошипів на нерівномірність руху роlikової формовочної установки з рекупераційним приводом. Техніка будівництва. 2006. № 18. С. 12-22.