

УДК 681.835

Л. Д. Мисник, к.т.н., доцент,
Т. І. Веретільник, к.т.н., професор,
e-mail: vertim@mail.ua

Ю. П. Мамонов, к.т.н., доцент,
Р. Б. Капіган,
О. В. Манзюра

Черкаський державний технологічний університет
бульвар Шевченка, 460, Черкаси, 18006, Україна

КІНЕМАТИЧНИЙ АНАЛІЗ ШВЕЙНОГО АПАРАТУ КУЛАЧКОВО-КУЛІСНОГО ТИПУ ДРОТОШВЕЙНОЇ МАШИНИ

Стаття присвячена кінематичному дослідженню швейного апарату кулачково-кулісного типу дротошвейної машини. Розроблено графоаналітичний метод кінематичного аналізу з використанням функції Хевісайда, що дозволяє використовувати його при динамічних дослідженнях. Представлено графіки кінематичних залежностей виконавчих механізмів швейного апарату кулачково-кулісного типу, які дають можливість візуальної оцінки та аналізу роботи машини.

Ключові слова: кінематичне дослідження, кулачково-кулісний механізм, інваріанти кінематичних параметрів, аналог швидкості, швейний апарат (ША).

Постановка проблеми

Вузким місцем в сучасній поліграфічній галузі досі залишається брошурувальнопалітурна ділянка. Сучасне палітурно-брошурувальне обладнання повинно відповідати сучасним вимогам ринку: бути високошвидкісним, точним, економічним (мати меншу металомісткість, використовувати менше електроенергії, тощо). Підвищення швидкості та зменшення маси обладнання вимагають врахування динамічних явищ, що виникають при його роботі. Проблема заключається в тому, що необхідної спеціальної літератури по динамічним розрахункам та проектуванню поліграфічних машин досить мало, а та що є, не повністю відповідає сучасним вимогам до проектування поліграфічного обладнання. Невід'ємною частиною динамічних розрахунків механізмів поліграфічних машин є їх кінематичний аналіз.

Серед механізмів швейних апаратів, що застосовуються для скобоформування та скобопроточування, особливе місце займають механізми кулачково-кулісного типу, які забезпечують періодичний поворот вихідної ланки з умовою вистою вихідної ланки без розриву кінематичного ланцюга.

Отже, кінематичний та динамічний розрахунок механізму швейного апарату дротошвейної машини є задачею актуальною.

Аналіз останніх досліджень

Питанням кінематичного та динамічного дослідження поліграфічних машин присвя-

чено ряд робіт [1-6]. В них висвітлено питання синтезу та результати аналітичних і експериментальних досліджень циклових механізмів друкарських та палітурно-брошурувальних машин. В роботах [3-4] розглянуто кінематичне та динамічне дослідження швейного апарату важільного типу. Представлено залежності для визначення швидкостей виконавчих органів вказаного швейного апарату, розроблено математичну модель для динамічного дослідження.

Разом з тим, майже не приділяється увага кулачково-кулісним механізмам, які, як показала практика використання дротошвейних машин, є більш простими та надійними.

За результатами проведеного аналізу було поставлено задачі, що потребують вирішення:

- вивчення кінематичної схеми швейного апарату ДШМ;
- визначення основних параметрів кулачково-кулісного механізму ША ДШМ;
- кінематичний аналіз ША кулачково-кулісного типу ДШМ.

Метою даної роботи є розвиток графоаналітичних методів кінематичного аналізу, а також визначення залежностей між кінематичними параметрами кулачково-кулісного механізму.

Виклад основного матеріалу

На сьогоднішній день існують дротошвейні машини з швейними апаратами декіль-

кох типів: важільного, кулачково-кулісного, зубчастого.

Швейні апарати кулачково-кулісного типу широко розповсюджені і використовуються на різних дротошвейних машинах як вітчизняного так і закордонного виробництва. Зокрема, така конструкція ША використовується на дротошвейній машині 4БПШ-30, що випускається Київським заводом поліграфічних машин.

Привод найбільш відповідальних елементів швейного апарату машини 4БПШ-30 – скобоформувача та скобопроштовхувача здійснюється кулачково-кулісним механізмом. Кінематична схема даного ША представлена на рис. 1 [7–8]. Скобоформувач 1 (рис. 1) рухається поступально від кулачка 2 за допомогою двох роликів 3 та 4, що закріплені зверху і знизу: ролик 3 опускає планку, ролик 4 – піднімає її. Скобопроштовхувач 5 приводиться в дію кривошипом 6 на головному валу, ролик якого входить у фігурний шліц 7. Для зменшення швидкості руху скобопроштовхувача в кінці проштовхування скоби, частина шліца 7 виконана криволінійною.

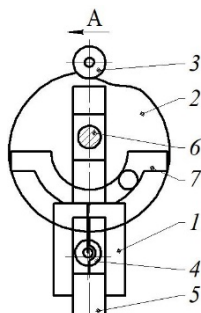


Рис. 1. Схема приводу скобопроштовхувача

Виходячи з циклограми роботи механізму можна виділити наступні фази роботи приводу скобоформувача:

1) опускання скобоформувача від свого верхнього положення. В цей момент проходить формування скоби і переміщення скоби до стопи ($\varphi_{\text{в}}$);

2) вистій скобоформувача у своєму нижньому положенні при проштовхуванні скоби в стопу ($\varphi_{\text{дв}}$);

3) повернення скобоформувача у вихідне положення ($\varphi_{\text{п}}$);

4) вистій скобоформувача у верхньому положенні для подачі дроту в швейний апарат ($\varphi_{\text{бв}}$).

Фазові кути вибираються в залежності від циклограми роботи машини і узгоджують-

ся з рухами інших механізмів машини (подавач дроту, скобопроштовхувач, згиначів ніжок, тощо).

Прискорення, швидкість і переміщення скобоформувача на ділянках $\varphi_{\text{дв}}$ та $\varphi_{\text{бв}}$ дорівнює нулю, що відповідає циклограмі роботи.

На ділянках $\varphi_{\text{в}}$ та $\varphi_{\text{п}}$, як правило, задають необхідний закон руху, тобто обирають закон зміни прискорення веденої ланки (скобоформувача) на даних фазах. Такими законами можуть бути: синусоїдальний; косинусоїдальний; поліноміальний; полідинамічний; лінійно-спадаючий, тощо.

Для дослідження та якісної оцінки законів періодичного руху використовуємо позиційні інваріанти [6]: позиційна інваріанта переміщення вхідної ланки S ; позиційна інваріанта швидкості v ; позиційна інваріанта прискорення w .

$S = a_k \cdot [S]$; $v = b_k \cdot (S/T)$; $w = c_k \cdot (S/T^2)$, де S – максимальне переміщення скобоформувача; T – період опускання або піднімання скобоформувача; a_k, b_k, c_k – відповідні інваріанти.

Розглянемо кінематичні залежності руху скобоформувача для різних законів періодичного руху:

синусоїдальний

$$a_k = k - \frac{1}{2\pi} \sin(2 \cdot \pi \cdot k);$$

$$b_k = 1 - \cos(2 \cdot \pi \cdot k);$$

$$c_k = 2 \cdot \pi \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot k).$$

косинусоїдальний

$$a_k = 0,5 \cdot (1 - \cos(\pi \cdot k));$$

$$b_k = 0,5 - \pi \cdot \sin(\pi \cdot k);$$

$$c_k = 0,5 \cdot \pi^2 \cdot \cos(\pi \cdot k).$$

Дані залежності дозволяють досліджувати кінематичні залежності приводу скобоформувача. Наприклад, для синусоїдального закону руху, графіки a_k, b_k, c_k представлено на рис. 2.

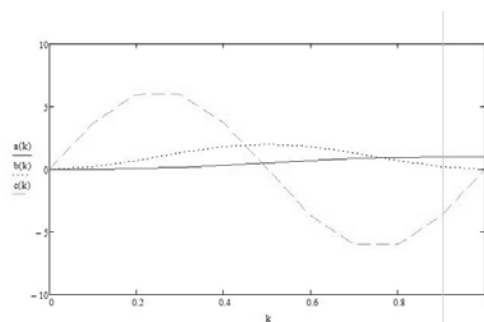
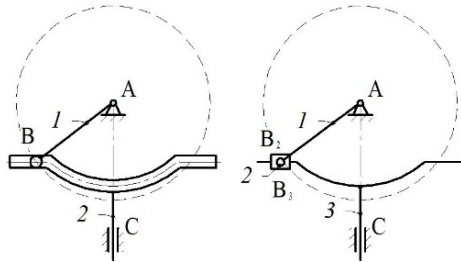


Рис. 2. Графіки інваріантів a_k, b_k, c_k для синусоїдального закону руху

Розглянемо *привод прошивувача*, що складається з кулісного механізму представленого на рис. 3.

Для дослідження даного механізму будемо замінюючи схему (рис. 3), де виконуємо заміну вищих кінематичних пар на нижчі та отримуємо замінюючий механізм другого класу з криволінійною направляючою для повзуна 2. При цьому ступінь вільності обох механізмів дорівнює 1.



$$W = 3 \cdot 2 - 2 \cdot 2 - 1 = 1 \quad W = 3 \cdot 3 - 2 \cdot 4 = 1$$

Рис. 3. а) кінематична схема приводу скобопрошивувача; б) розрахункова схема приводу скобопрошивувача

Вихідними даними для дослідження механізму є довжина кривошипу l , кут «розмаху» криволінійної частини направляючої повзуна α , а також маси та моменти інерції ланок.

Даний механізм являє собою частинний випадок синусного механізму із криволінійною ділянкою траєкторії руху каменю 2. Тому доцільно розглянути його поділивши траєкторію руху на окремі ділянки.

Для визначення швидкостей на даних ділянках побудуємо плани аналогів швидкостей та визначимо дійсні швидкості необхідних точок і ланок.

Для побудови плану швидкостей використовуємо схему представлену на рис. 4 та записуємо систему рівнянь для визначення швидкостей у векторній формі:

$$\begin{cases} \vec{v}_{B_3} = \vec{v}_{B_2A} + \vec{v}_{B_3B_2} \\ \vec{v}_{B_3} = \vec{v}_C \end{cases}$$

де \vec{v}_{B_2A} – швидкість точки B_2 відносно точки A ; $\vec{v}_{B_3B_2}$ – швидкість точки B_3 відносно точки B_2 ; \vec{v}_C – швидкість точки C .

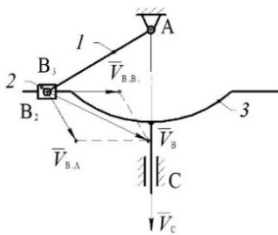


Рис. 4. Схема визначення швидкостей

Досліджуємо рух на кожній ділянці.

Ділянка 1. Перша ділянка (рис. 5) характеризується рухом кривошипа від початкового (верхнього) свого положення на кут від 0 до $\frac{\alpha}{2}$. При цьому ланка 1 здійснює обертальний рух, ланка 2 рухається вздовж криволінійної траєкторії, що описується дугою радіуса l , а ланка 3 рухається поступально по осі ординат (рис. 5).

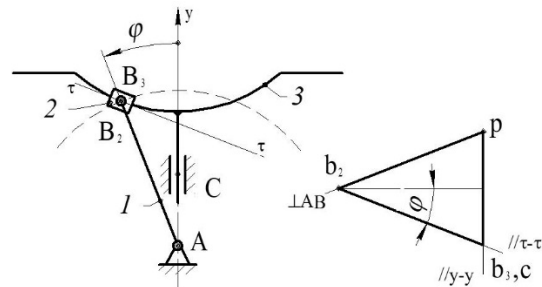


Рис. 5. Розрахункова схема та план аналогів швидкостей для розрахункової ділянки 1

Від полюса p відкладаємо промінь перпендикулярно до положення кривошипу, довжиною l , що відповідає \vec{v}_{B_2A} . Отримуємо точку b_2 . З точки b_2 проводимо промінь що є дотичним до криволінійної поверхні направляючої, що відповідає $\vec{v}_{B_3B_2}$. З полюса p відкладаємо вертикальний промінь, що відповідає \vec{v}_C . Перетин двох останніх променів дає точку c та b_3 .

З отриманого трикутника знайдемо аналогі швидкостей:

$b_3b_2 = l$ – аналог відносної швидкості точки B_3 відносно точки B_2 ;

$pb_3 = pc = 2 \cdot l \cdot \sin\varphi$ – аналог лінійної швидкості точок B_3 та C .

Дійсні швидкості відповідних точок та ланок визначаємо помноживши отримані аналогі швидкостей на кутову швидкість ланки 1:

$$\begin{aligned} v_2 &= b_3b_2 \cdot \dot{\varphi} = l \cdot \dot{\varphi}; \\ v_3 &= pb_3 \cdot \dot{\varphi} = pc \cdot \dot{\varphi} = 2 \cdot l \cdot \sin\varphi \cdot \dot{\varphi}; \\ w_2 &= \frac{b_3b_2}{l} \cdot \dot{\varphi} = \dot{\varphi}. \end{aligned}$$

де $\dot{\varphi}$ – кутова швидкість кривошипа 1.

Аналогічно визначаємо швидкості і на інших ділянках.

Ділянка 2. Друга ділянка (рис. 6) характеризується рухом кривошипа від кута $\frac{\alpha}{2}$ до 90° . На даній ділянці механізм працює як звичайний синусний механізм. Побудувавши аналогічно першій ділянці план аналогів швидкостей, визначаємо:

$b_3b_2 = l \cdot \cos\varphi$ – аналог відносної швидкості точки B_3 відносно точки B_2 ;
 $pb_3 = pc = l \cdot \sin\varphi$ – аналог лінійної швидкості точок B_3 та C .

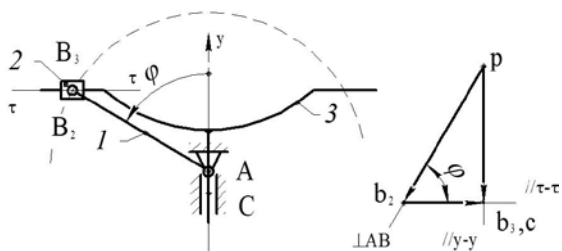


Рис. 6. Розрахункова схема та план аналогів швидкостей для розрахункової ділянки 2

Дійсні швидкості відповідних точок та ланок визначаємо помноживши отримані аналоги швидкостей на кутову швидкість ланки 1:

$$v_2 = b_3b_2 \cdot \dot{\varphi} = l \cdot \cos\varphi \cdot \dot{\varphi};$$

$$v_3 = pb_3 \cdot \dot{\varphi} = pc \cdot \dot{\varphi} = l \cdot \sin\varphi \cdot \dot{\varphi};$$

$$w_2 = \frac{b_3b_2}{l} \cdot \dot{\varphi} = \cos\varphi \cdot \dot{\varphi}.$$

Ділянка 3. Дана ділянка (рис. 7) характеризується рухом кривошипа від кута 90° до кута $180^\circ - \frac{\alpha}{2}$. На даній ділянці механізм також працює як звичайний синусний механізм, тому побудувавши план аналогів швидкостей визначаємо:

$b_3b_2 = l \cdot \sin(\varphi - 90^\circ) = -l \cdot \cos\varphi$ – аналог відносної швидкості точки B_3 відносно точки B_2 ;
 $pb_3 = pc = l \cdot \cos(\varphi - 90^\circ) = l \cdot \sin\varphi$ – аналог лінійної швидкості точок B_3 та C .

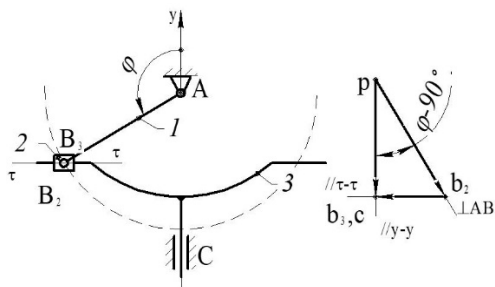


Рис. 7. Розрахункова схема та план аналогів швидкостей для розрахункової ділянки 3

Дійсні швидкості відповідних точок та ланок визначаємо помноживши отримані аналоги швидкостей на кутову швидкість ланки 1:

$$v_2 = b_3b_2 \cdot \dot{\varphi} = -l \cdot \cos\varphi \cdot \dot{\varphi};$$

$$v_3 = pb_3 \cdot \dot{\varphi} = pc \cdot \dot{\varphi} = l \cdot \sin\varphi \cdot \dot{\varphi};$$

$$w_2 = \frac{b_3b_2}{l} \cdot \dot{\varphi} = -\cos\varphi \cdot \dot{\varphi}.$$

Ділянка 4. На даній ділянці (рис. 8) кривошип рухається від кута $180^\circ - \frac{\alpha}{2}$ до кута

$180^\circ + \frac{\alpha}{2}$. При цьому повзун 2 рухається по дузі радіуса l , спостерігається заданий вистій ланки 3.

Побудувавши план аналогів швидкостей визначаємо:

$b_3b_2 = l$ – аналог відносної швидкості точки B_3 відносно точки B_2 ;
 $pb_3 = pc = 0$ – аналог лінійної швидкості точок B_3 та C .

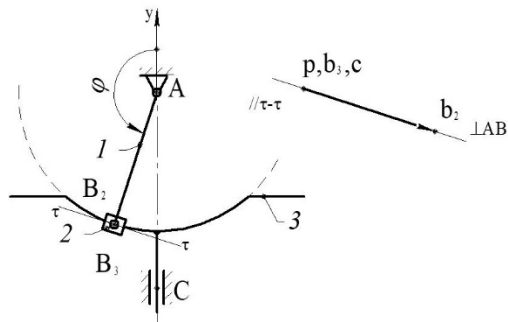


Рис. 8. Розрахункова схема та план аналогів швидкостей для розрахункової ділянки 4

Дійсні швидкості відповідних точок та ланок визначаємо помноживши отримані аналоги швидкостей на кутову швидкість ланки 1:

$$v_2 = b_3b_2 \cdot \dot{\varphi} = l \cdot \dot{\varphi};$$

$$v_3 = pb_3 \cdot \dot{\varphi} = pc \cdot \dot{\varphi} = 0;$$

$$w_2 = \frac{b_3b_2}{l} \cdot \dot{\varphi} = \dot{\varphi}.$$

Ділянка 5. Дана ділянка (рис. 9) відповідає зворотному руху ланки 3, коли кривошип 1 рухається від кута $180^\circ + \frac{\alpha}{2}$ до кута 270° . На даній ділянці механізм працює як звичайний синусний механізм, тому побудувавши план аналогів швидкостей визначаємо:

$b_3b_2 = l \cdot \cos(\varphi - 180^\circ) = -l \cdot \cos\varphi$ – аналог відносної швидкості точки B_3 відносно точки B_2 ;
 $pb_3 = pc = l \cdot \sin(\varphi - 180^\circ) = -l \cdot \sin\varphi$ – аналог лінійної швидкості точок B_3 та C .

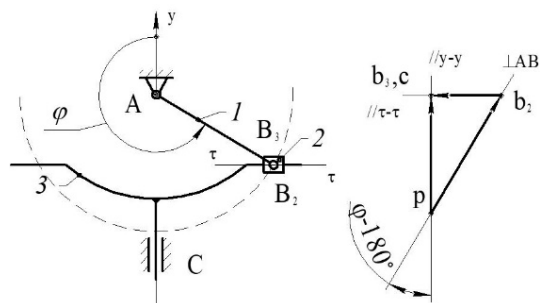


Рис. 9. Розрахункова схема та план аналогів швидкостей для розрахункової ділянки 5

Дійсні швидкості відповідних точок та ланок визначаємо помноживши отримані аналоги швидкостей на кутову швидкість ланки 1:

$$\begin{aligned}v_2 &= b_3 b_2 \cdot \dot{\varphi} = -l \cdot \cos \varphi \cdot \dot{\varphi}; \\v_3 &= p b_3 \cdot \dot{\varphi} = p c \cdot \dot{\varphi} = -l \cdot \sin \varphi \cdot \dot{\varphi}; \\w_2 &= \frac{b_3 b_2}{l} \cdot \dot{\varphi} = \cos \varphi \cdot \dot{\varphi}.\end{aligned}$$

Ділянка 6. Дана ділянка (рис. 10) відповідає зворотному руху ланки 3, коли кривошип 1 рухається від кута 270° до кута $360^\circ - \frac{\alpha}{2}$. На даній ділянці механізм працює як звичайний синусний механізм, тому побудувавши план аналогів швидкостей визначаємо:

$b_3 b_2 = l \cdot \sin(\varphi - 270^\circ) = l \cdot \cos \varphi$ – аналог відносної швидкості точки B_3 відносно точки B_2 ;

$p b_3 = p c = l \cdot \cos(\varphi - 270^\circ) = -l \cdot \sin \varphi$ – аналог лінійної швидкості точок B_3 та C .

Дійсні швидкості відповідних точок та ланок визначаємо помноживши отримані аналоги швидкостей на кутову швидкість ланки 1:

$$\begin{aligned}v_2 &= b_3 b_2 \cdot \dot{\varphi} = l \cdot \cos \varphi \cdot \dot{\varphi}; \\v_3 &= p b_3 \cdot \dot{\varphi} = p c \cdot \dot{\varphi} = -l \cdot \sin \varphi \cdot \dot{\varphi}; \\w_2 &= \frac{b_3 b_2}{l} \cdot \dot{\varphi} = \cos \varphi \cdot \dot{\varphi}.\end{aligned}$$

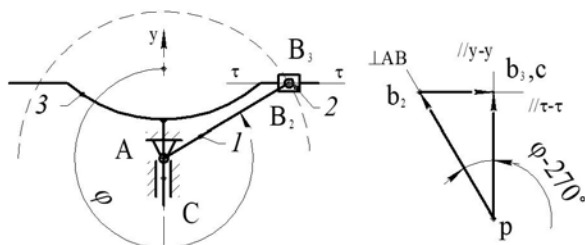


Рис. 10. Розрахункова схема та план швидкостей для розрахункової ділянки 6

Ділянка 7. Дана ділянка (рис. 11) характеризується поверненням кривошипа у вихідне положення, коли він рухається від кута $360^\circ - \frac{\alpha}{2}$ до кута 360° . На даній ділянці аналоги швидкостей визначаються за формулами:

$b_3 b_2 = l$ – аналог відносної швидкості точки B_3 відносно точки B_2 ;

$p b_3 = p c = 2 \cdot l \cdot \sin(360^\circ - \varphi) = -2 \cdot l \cdot \sin \varphi$ – аналог лінійної швидкості точок B_3 та C .

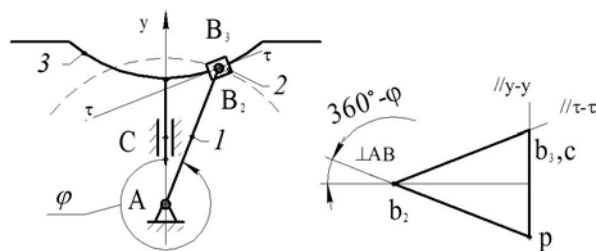


Рис. 11. Розрахункова схема та план аналогів швидкостей для розрахункової ділянки 7

Дійсні швидкості відповідних точок та ланок визначаємо помноживши отримані аналоги швидкостей на кутову швидкість ланки 1:

$$\begin{aligned}v_2 &= b_3 b_2 \cdot \dot{\varphi} = l \cdot \dot{\varphi}; \\v_3 &= p b_3 \cdot \dot{\varphi} = p c \cdot \dot{\varphi} = -2 \cdot l \cdot \sin \varphi \cdot \dot{\varphi}; \\w_2 &= \frac{b_3 b_2}{l} \cdot \dot{\varphi} = \dot{\varphi}.\end{aligned}$$

Для визначення швидкостей v_2 , v_3 на повному циклі роботи скобопроштовхувача запишемо рівняння, використовуючи функцію Хевісайда:

$$\begin{aligned}v_2 &= l \cdot \dot{\varphi} \cdot H(\varphi - 0) - l \cdot \dot{\varphi} \cdot H\left(\varphi - \frac{\alpha}{2}\right) + l \cdot \cos \varphi \cdot \dot{\varphi} \cdot H\left(\varphi - \frac{\alpha}{2}\right) - l \cdot \cos \varphi \cdot \dot{\varphi} \cdot H\left(\varphi - \frac{\pi}{2}\right) + l \cdot \cos \varphi \cdot \dot{\varphi} \cdot H\left(\varphi - \left(\pi - \frac{\alpha}{2}\right)\right) + l \cdot \dot{\varphi} \cdot H\left(\varphi - \left(\pi - \frac{\alpha}{2}\right)\right) - l \cdot \dot{\varphi} \cdot H\left(\varphi - \left(\pi + \frac{\alpha}{2}\right)\right) - l \cdot \cos \varphi \cdot \dot{\varphi} \cdot H\left(\varphi - \left(\pi + \frac{\alpha}{2}\right)\right) + l \cdot \cos \varphi \cdot \dot{\varphi} \cdot H\left(\varphi - \frac{4\pi}{3}\right) + l \cdot \cos \varphi \cdot \dot{\varphi} \cdot H\left(\varphi - \frac{4\pi}{3}\right) - l \cdot \cos \varphi \cdot \dot{\varphi} \cdot H\left(\varphi - \left(2\pi - \frac{\alpha}{2}\right)\right) + l \cdot \dot{\varphi} \cdot H\left(\varphi - \left(2\pi - \frac{\alpha}{2}\right)\right) - l \cdot \dot{\varphi} \cdot H(\varphi - 2\pi); \\v_3 &= 2 \cdot l \cdot \dot{\varphi} \cdot \sin \varphi \cdot H(\varphi - 0) - 2 \cdot l \cdot \dot{\varphi} \cdot \sin \varphi \cdot H\left(\varphi - \frac{\alpha}{2}\right) + l \cdot \dot{\varphi} \cdot \sin \varphi \cdot H\left(\varphi - \frac{\alpha}{2}\right) - l \cdot \dot{\varphi} \cdot \sin \varphi \cdot H\left(\varphi - \left(\pi - \frac{\alpha}{2}\right)\right) - l \cdot \dot{\varphi} \cdot \sin \varphi \cdot H\left(\varphi - \left(\pi + \frac{\alpha}{2}\right)\right) + l \cdot \dot{\varphi} \cdot \sin \varphi \cdot H\left(\varphi - \left(2\pi - \frac{\alpha}{2}\right)\right) - 2 \cdot l \cdot \dot{\varphi} \cdot \sin \varphi \cdot H\left(\varphi - \left(2\pi - \frac{\alpha}{2}\right)\right) + 2 \cdot l \cdot \dot{\varphi} \cdot \sin \varphi \cdot H(\varphi - 2\pi).\end{aligned}$$

При заданих початкових параметрах, використовуючи програму Mathcad, будемо

графік швидкості скобопроштовхувача v_3 (рис. 12).

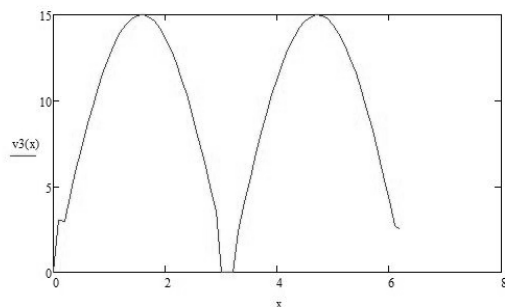


Рис. 12. Графік швидкості скобопроштовхувача v_3

Висновок

Розроблено графоаналітичний метод кінематичного дослідження кулачково-кулісних механізмів з використанням функції Хевісайда. Проведено кінематичне дослідження швейного апарату кулачково-кулісного типу та визначено швидкості основних його елементів. Отримано графіки кінематичних залежностей, які показують стрибкоподібну зміну швидкостей виконавчих механізмів швейного апарату. Наведені результати можуть бути використані при динамічних дослідженнях швейних апаратів кулачково-кулісного типу.

Список літератури

1. Петров В. А., Юрухин Б. Н. Исследование нелинейной динамики кулачково-рычажных механизмов полиграфических машин. *Известия вузов. Проблемы полиграфии и издательского дела*. 2000. № 3-4. С. 68–79.
2. Юрухин Б. Н., Перов В. А., Булатников Б. В. Методика динамического расчёта кулачково-рычажных механизмов операционных полиграфических машин с учётом упругих свойств звеньев и привода *Известия вузов. Проблемы полиграфии и издательского дела*. 2005. № 1. С. 40–47.
3. Мамонов Ю. П. Результаты дослідження динаміки дрогошвейного апарату із електро-механічним приводом: препр. / НАН України. Ін-т електродинаміки. Київ, 2002.
4. Мамонов Ю. П. Математична модель дрогошвейного апарату з електромехані-

чним приводом: препр. / НАН України. Ін-т електродинаміки. Київ, 2002.

5. Хведчин Ю. Й., Книш О. Б., Коломієць А. Б. Брошурувально-палітурне устаткування. Розрахунки виконавчих механізмів: навч. посіб. Львів, УАД, 2010. 125 с.
6. Тир К. В. Механика полиграфических машин автоматом. М.: Книга. 1965. 495 с.
7. Пергамент Д. А. Брошнуровочно-переплетное оборудование: учебник. М.: МПИ, 1990.
8. Хведчин Ю. Й. Брошурувально-палітурне устаткування. Ч.І. Брошурувальне устаткування: підручник. Львів: ТеРус, 1999. 336 с.
9. Полюдов А. Н. Механика полиграфических автоматом: учеб. пособ. К.: УМК ВО, 1991.
10. Хведчин Ю. Й. Розрахунок механізмів брошурувально-палітурного устаткування: навч. посіб. Львів: УАД, 1999.

References

1. Petrov, V. A., Yurukhin, B. N. (2000) Issledovaniye nelineynoy dinamiki kulachkovyrychazhnykh mekhanizmov poligraficheskikh mashin. *Izvestiya vuzov. Problemy poligrafii i izdatelskogo dela*. № 3-4. s. 68–79.
2. Yurukhin, B. N., Perov, V. A., Bulatnikov, B. V. (2005) Metodika dinamicheskogo rascheta kulachkovyrychazhnykh mekhanizmov operatsionnykh poligraficheskikh mashin s uchetom uprugikh svoystv zvenyev i privoda *Izvestiya vuzov. Problemy poligrafii i izdatelskogo dela*. № 1. s. 40–47.
3. Mamonov Yu. P. (2002) Rezultaty doslidzhennia dynamiky drotoshveinoho aparatu iz elektro-mekhanichnym pryvodom. Prepr. / NAN Ukrainy. In-t elektrodynamiky. Kyiv.
4. Mamonov Yu. P. (2002) Matematychna model drotoshveinoho aparatu z elektromekhanichnym pryvodom. Prepr. / NAN Ukrainy. In-t elektrodynamiky. Kyiv.
5. Khvedchyn, Yu. I., Khvedchyn, Yu. I., Knysh, O. B., Kolomiets, A. B. (2010) Broshurivalno-paliturne ustatkuvannia. Rozrakhunky vykonavchykh mekhanizmv: navchalnyi posibnyk. L.: UAD. 125 s.
6. Tir, K. V. (1965) Mekhanika poligraficheskikh mashin avtomatov. M.: Kniga. 495 s.

7. Pergament, D. A. (1990) Broshyurovochno-perepletnoye oborudovaniye: Uchebnyk. M.: MPI.
8. Khvedchyn, Yu. I. (1999) Broshuruvalno-paliturne ustatkuvannia. Ch.I. Broshuruvalne ustatkuvannia. Pidruchnyk. Lviv: TeRus. 336 s.
9. Polyudov, A. N. (1991) Mekhanika poligraficheskikh avtomatov: Uchebnoye posobiye. K.: UMK VO.
10. Khvedchyn, Yu. Y. (1999) Rozrakhunok mekhanizmiv broshuruvalno-paliturnoho ustatkuvannia: Uchebnoe posobyе. Lvov: UAD.

L. D. Mysnyk, *Ph.D., associate professor*,
T. I. Veretil'nyk, *Ph.D., associate professor*,
e-mail: vertim@mail.ua,
Y. P. Mamonov, *Ph.D., associate professor*,
R. B. Kapitan,
O. V. Manziura
Cherkasy State Technological University
Shevchenko blvd, 460, Cherkasy, 18006, Ukraine

KINEMATIC ANALYSIS OF THE CAM-TYPE SEWING MECHANISM OF WIRE CUTTING MACHINE

The article is devoted to the kinematic study sewing of a cam type mechanism of a wire-cutting machine. The graph-analytical method of kinematic analysis of this mechanism using the Hevizide function is developed, which allows it to be used in a dynamic study. The graphs of the kinematic dependencies of the working mechanisms of the sewing machine of the cam type are obtained, which provide an opportunity for visual assessment and analysis of these dependencies.

Keywords: kinematic research, cam-type mechanism, invariants of kinematic parameters, speed analogue, sewing mechanism (SM).

Стаття надійшла 17.05.2018.

*Рецензенти: І. В. Шостак, д.т.н., професор,
В. А. Ващенко, д.т.н., професор.*