

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЗНАЧЕНЬ ПАРАМЕТРІВ НАПРЯМНОГО МЕХАНІЗМУ ГОЛКИ НА ЙОГО ТЕХНОЛОГІЧНІСТЬ

В роботі проведений аналіз впливу зміни параметрів семиланкового плоского механізму голки краєобметувальної швейної машини на форму траєкторії веденої ланки, на основі якого визначені технологічні вимоги до окремих ланок.

Ключові слова: механізми голки, краєобметувальні машини, функціональні показники механізмів голки, параметри ланок механізмів голки, точність виготовлення ланок механізмів.

V. GOROBETS, A. MANOILENKO, V. DVORGHAK

Kyiv National University of Technologies and Design

### RESEARCH OF INFLUENCE OF PARAMETERS' VALUES OF GUIDE NEEDLE MECHANISM ON ITS MANUFACTURABILITY

*Abstract – Determination of influencing of parameters seven-link of mechanism of needle on his trajectory of motion.*

*In work the conducted analysis of influencing of change of parameters seven-link of flat mechanism of needle overlocker sewing machine on the form of trajectory of the conducted link on the basis of which certain technological requirements to the separate links.*

*It was set as a result of research, that due to the managed parameter  $\beta$  it is possible substantially to multiply admittances of practically all links of mechanism and thus promote technological of his making. Implementation of this adjusting on concrete unit of equipment depending on the sizes of links is executed without application of any by measuring instruments or templates, by hand on «Lightness of motion» of mechanism. At the same time substantial influence of parameter  $CD$  was set extraordinarily on the form of trajectory of needle, which possible exactness made for  $\pm 0,01$  mm.*

*1. The conducted researches showed that exactness of links of mechanism, that was explored it is possible substantially to lower by the change of position of sending needle-bar and due to the managed parameter ( $\beta$ ).*

*2. For finding of reason of the considerable influencing of one parameter of mechanism out on the form of trajectory of the conducted link and for determination of the total influencing of change of parameters within the limits of the fields of admittances it is necessary additional research.*

*Keywords: mechanisms of needle, overlocker sewing machines, functional indexes of mechanisms of needle, parameters of links of mechanisms of needle, exactness of making of links mechanism.*

#### Об'єкти та методи дослідження

Напрямний семиланковий плоский механізм голки, що застосовується в деяких краєобметувальних швейних машинах, зокрема Ростовського заводу «Легмаш» Росія (конструктивний ряд 208 кл.) та фірми «Рімольд» Італія (конструктивні ряди 27, 227, 327 кл.) з точки зору теорії механізмів має нульовий ступінь вільності [1] та працює тільки за рахунок зазору між веденою ланкою та стійкою. Поряд з очевидною перевагою вищезгаданого механізму порівняно з механізмами, що мають голковод у вигляді повзуна, а саме, малу невірноважену масу рухомих ланок, що зменшує динамічні навантаження, даний механізм має суттєвий недолік – високі вимоги до точності параметрів, що зменшує технологічність виготовлення його ланок.

В роботі [2] визначений комплексний вплив даних параметрів механізму на точність приближення траєкторії голки до прямої лінії, а також визначені оптимальні за цим критерієм їх значення. Однак не було проведено дослідження впливу кожного з цих параметрів на значення цього механізму. Тому при виготовленні ланок даного механізму підвищені вимоги до точності відносяться до всіх без виключення його параметрів, що суттєво здорожує як механізм, так і машину в цілому.

#### Постановка завдання

Виходячи з вищесказаного, задачею дослідження є аналітичне дослідження впливу кожного з параметрів механізму голки на форму траєкторії робочого органу (голки) і величину відхилення її від прямої лінії, на основі чого будуть надані рекомендації відносно вимог до точності кінематичних ланок механізму голки.

#### Об'єкти та методи дослідження

Об'єктам дослідження служить величина відхилення форми траєкторії від прямої лінії механізму голки залежності від значення кожного його параметра механізму. Дослідження виконувалися з використанням програми, створеної в середовищі математичного процесора *MathCAD* [3], методом векторного перетворення координат.

#### Результати та їх обговорення

Механізм (рис. 1 а) має наступні значення параметрів «мм» [2]:  $AB=10$ ,  $BC=20$ ,  $CD=30$ ,  $FL=6,75$ ,  $LM=58$ ,  $AM=17$ ,  $BE=40$ ,  $l_1=29,4$ ,  $l_2=30$ ,  $l_3=14,85$ ,  $l_4=58$ ,  $\alpha=20^\circ$ ; більшість цих параметрів (за даними того ж джерела), за винятком координат стійок та довжини шатуна  $LM$ , мають точність  $\pm 0,05$  мм.

Суть методу аналізу полягає в послідовній зміні точності кожного з параметрів при збереженні значень решти і розгляд впливу цього на форму траєкторії голки і величину її відхилення від прямої похилої

<sup>1</sup> \*При виконанні розрахунків активну участь брав студент гр. М-08 Радченко Є.С.

лінії. Мірою припинення зміни значення точності параметру є відхилення траєкторії точки від прямолінійності більш ніж на  $\pm 0,05$  мм.

Створення математичної моделі механізму голки виконувалось методом векторного перетворення координат з початком у точці  $P_1$  (рис. 1 б). Вісь абсцис  $X$  спрямована перпендикулярно до осі головного вала праворуч, вісь ординат  $Y$  – перпендикулярно до осі головного вала вгору.

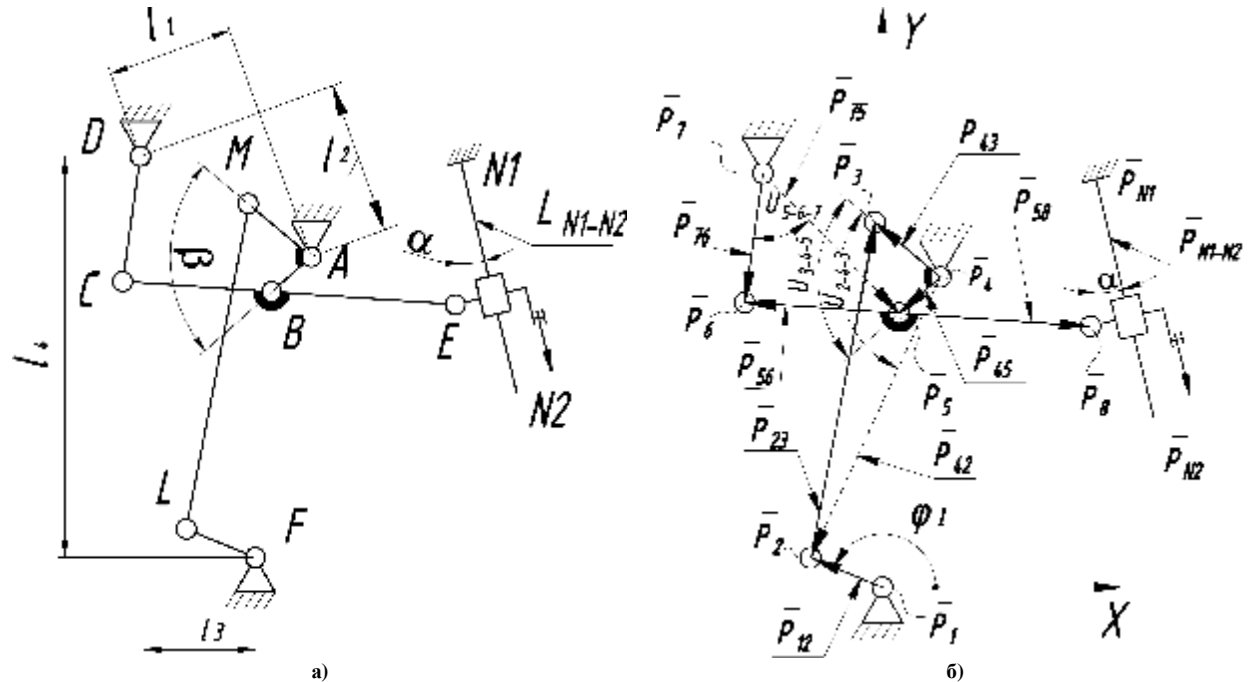


Рис. 1. Розрахункова схеми механізму голки красобметувальної швейної машини: а) кінематична, б) векторна

Функція вектора-ланки кривошипа  $\vec{P}_{1-2}(\varphi_1, \kappa)$ :

$$\vec{P}_{1-2}(\varphi_1, \kappa) = \begin{pmatrix} L_{1-2} \cdot \cos(\varphi_1) \\ L_{1-2} \cdot \sin(\varphi_1) \\ 0 \end{pmatrix}, \quad (1)$$

$$\kappa = \kappa_i, \kappa_{i+1} \dots \kappa_n, \quad (2)$$

де  $L_{1-2}$  – довжина кривошипа FL, мм;

$\varphi_1$  – поточний кут повороту кривошипа, градус;

$\kappa$  – аргумент функції вектора, змінного кута поточних значень параметрів ланок з урахування величини допуску;

$\kappa_i$  –  $i$ -й параметр ланки з величиною допуску;

$$\kappa = \kappa_i, \kappa_{i+1} \dots \kappa_n,$$

З урахуванням параметрів, які досліджуються виріз (2) приймає вид:

$$\kappa = L_{1-2}, L_{2-3}, L_{3-4}, L_{4-5}, L_{5-6}, L_{5-8}, L_{6-7}, U_{3-4-5},$$

де  $L_{2-3}$  – довжина шатуна LM, мм;

$L_{3-4}$  – довжина першого плеча AM двоплечого коромисла, мм;

$L_{4-5}$  – довжина другого плеча AB двоплечого коромисла, мм;

$L_{5-6}, L_{5-8}$  – відповідно довжини частин шатуна BC та BE, мм;

$L_{6-7}$  – довжина коромисла CD, мм;

$U_{3-4-5}$  – величина кута  $\beta$  між плечима коромисел AM та AB, градус.

Функція вектора-точки кінематичної пари  $\vec{P}_2(\varphi_1, \kappa)$ :

$$\vec{P}_2(\varphi_1, \kappa) = \vec{P}_1 + \vec{P}_{1-2}(\varphi_1, \kappa), \quad (3)$$

де  $P_1$  – вектор-стовпчик координат стояка 1 (рис. 1);

Функції вектора-ланки змінного модуля  $\vec{P}_{4-2}(\varphi_1, \kappa)$ :

$$\dot{P}_{4\_2}(\varphi_1, \kappa) = \dot{P}_2(\varphi_1, \kappa) - \dot{P}_4, \quad (4)$$

де  $P_4$  – вектор-стовпчик координат стояка 4;  
Функція змінного кута  $U_{2\_4\_3}(\varphi_1, \kappa)$  між векторами  $P_{4\_2}$  та  $P_{4\_3}$ :

$$U_{2\_4\_3}(\varphi_1, \kappa) = \arccos \left( \frac{\left| \dot{P}_{4\_2}(\varphi_1, \kappa) \right|^2 + L_{3\_4}^2 - L_{2\_3}^2}{2 \cdot \left| \dot{P}_{4\_2}(\varphi_1, \kappa) \right| \cdot L_{3\_4}} \right),$$

де  $\dot{P}_{4\_2}(\varphi_1, \kappa)$  – вектор-стовпчик координат стояка 4.

Функція вектора-ланки коромисла  $\dot{P}_{4\_3}(\varphi_1, \kappa)$ :

$$\dot{P}_{4\_3}(\varphi_1, \kappa) = \begin{pmatrix} \cos(U_{2\_4\_3}(\varphi_1, \kappa)) & \sin(-U_{2\_4\_3}(\varphi_1, \kappa)) & 0 \\ -\sin(U_{2\_4\_3}(\varphi_1, \kappa)) & \cos(U_{2\_4\_3}(\varphi_1, \kappa)) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \dot{P}_{4\_2}(\varphi_1, \kappa) \cdot \frac{L_{3\_4}}{\left| \dot{P}_{4\_2}(\varphi_1, \kappa) \right|}$$

Функція вектора-точки кінематичної пари  $\dot{P}_3(\varphi_1, \kappa)$ :

$$\dot{P}_3(\varphi_1, \kappa) = \dot{P}_4 + \dot{P}_{4\_3}(\varphi_1, \kappa), \quad (5)$$

Функція вектора-ланки другого плеча коромисла  $\dot{P}_{4\_5}(\varphi_1, \kappa)$ :

$$\dot{P}_{4\_5}(\varphi_1, \kappa) = \begin{pmatrix} \cos(U_{3\_4\_5}(\varphi_1, \kappa)) & -\sin(U_{3\_4\_5}(\varphi_1, \kappa)) & 0 \\ \sin(U_{3\_4\_5}(\varphi_1, \kappa)) & \cos(U_{3\_4\_5}(\varphi_1, \kappa)) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \dot{P}_{4\_3}(\varphi_1, \kappa) \cdot \frac{L_{4\_5}}{\left| \dot{P}_{4\_3}(\varphi_1, \kappa) \right|},$$

Функція вектора-точки кінематичної пари  $\dot{P}_5(\varphi_1, \kappa)$ :

$$\dot{P}_5(\varphi_1, \kappa) = \dot{P}_4 + \dot{P}_{4\_5}(\varphi_1, \kappa), \quad (6)$$

Функції вектора-ланки змінного модуля  $\dot{P}_{7\_5}(\varphi_1, \kappa)$ :

$$\dot{P}_{7\_5}(\varphi_1, \kappa) = \dot{P}_5(\varphi_1, \kappa) - \dot{P}_7, \quad (7)$$

функції змінного кута  $U_{5\_7\_6}(\varphi_1, \kappa)$  між векторами  $\dot{P}_{7\_5}$  та  $\dot{P}_{6\_7}$ :

$$U_{5\_7\_6}(\varphi_1, \kappa) = \arccos \left( \frac{\left| \dot{P}_{7\_5}(\varphi_1, \kappa) \right|^2 + L_{6\_7}^2 - L_{5\_6}^2}{2 \cdot \left| \dot{P}_{7\_5}(\varphi_1, \kappa) \right| \cdot L_{5\_6}} \right), \quad (8)$$

вектор функції-ланки коромисла  $\dot{P}_{7\_6}(\varphi_1, \kappa)$ :

$$\dot{P}_{7\_6}(\varphi_1, \kappa) = \begin{pmatrix} \cos(U_{5\_7\_6}(\varphi_1, \kappa)) & \sin(U_{5\_7\_6}(\varphi_1, \kappa)) & 0 \\ -\sin(U_{5\_7\_6}(\varphi_1, \kappa)) & \cos(U_{5\_7\_6}(\varphi_1, \kappa)) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \dot{P}_{7\_5}(\varphi_1, \kappa) \cdot \frac{L_{6\_7}}{\left| \dot{P}_{7\_5}(\varphi_1, \kappa) \right|}$$

функція вектора-точки кінематичної пари  $\dot{P}_6(\varphi_1, \kappa)$ :

$$\dot{P}_6(\varphi_1, \kappa) = \dot{P}_7 + \dot{P}_{7\_6}(\varphi_1, \kappa), \quad (9)$$

функція вектора-ланки шатуна  $\dot{P}_{5\_6}(\varphi_1, \kappa)$ :

$$\dot{P}_{5\_6}(\varphi_1, \kappa) = \dot{P}_6(\varphi_1, \kappa) - \dot{P}_5(\varphi_1, \kappa), \quad (10)$$

функція вектора-ланки відростка шатуна  $\dot{P}_{5\_8}(\varphi_1, \kappa)$ :

$$\dot{P}_{5\_8}(\varphi_1, \kappa) = \begin{pmatrix} \cos(U_{6\_5\_8}) & -\sin(U_{6\_5\_8}) & 0 \\ \sin(U_{6\_5\_8}) & \cos(U_{6\_5\_8}) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \dot{P}_{5\_6}(\varphi_1, \kappa) \cdot \frac{L_{5\_8}}{\left| \dot{P}_{5\_6}(\varphi_1, \kappa) \right|}$$

функція вектора-точки  $\dot{P}_8(\varphi_1, \kappa)$ :

$$\dot{P}_8(\varphi_1, \kappa) = \dot{P}_5(\varphi_1, U_{3\_4\_5}) + \dot{P}_{5\_8}(\varphi_1, U_{3\_4\_5}); \quad (11)$$

Вектор напрямної для повзуна

$$\dot{P}_{N1\_N2} = \begin{pmatrix} L_{N1\_N2} \cdot \cos(\alpha) \\ L_{N1\_N2} \cdot \sin(\alpha) \\ 0 \end{pmatrix}, \quad (12)$$

де  $L_{N1\_N2}$  – напрямна лінія повзуна,

$\alpha$  – кут нахилу напрямної, град;

Вектор-стовпчик координати другої точки  $\mathbf{P}_{N2}$  напрямної:

$$\mathbf{P}_{N2} = \mathbf{P}_{N1} + \mathbf{P}_{N1\_N2}, \quad (13)$$

Функція вектора змінної довжини від першої точки напрямної  $\mathbf{P}_{N1}$  до точки  $\mathbf{P}_{8\_N1}(\varphi_1, \kappa)$ :

$$\mathbf{P}_{8\_N1}(\varphi_1, \kappa) = \mathbf{P}_{N1} - \mathbf{P}_8(\varphi_1, \kappa). \quad (14)$$

Тоді відхилення точки  $P_8$  відростка шатуна від прямої лінії з урахуванням (12, 14) визначається так:

$$\Delta(\varphi_1, \kappa) = \left( \mathbf{r}_{P_{8\_N1}(\varphi_1, \kappa)} \times \frac{\mathbf{r}_{P_{N1\_N2}}}{|\mathbf{r}_{P_{N1\_N2}}|} \right)_Z.$$

При цьому при визначенні впливу одного з параметрів  $\kappa_i$  на величину відхилення  $\Delta(\varphi_1, \kappa)$  траєкторії від прямої, решті параметрів  $\kappa_i$  задавались розрахункові (номінальні) значення отримані в [2].

Оскільки величина кута  $\beta$  між плечима АМ та АВ двоплечого коромисла, а також положення напрямної  $L_{N1\_N2}$  в літературних джерелах відсутні, то для виконань досліджень впливу кожного з параметрів механізму було визначено координату точки  $N1$  через яку проходить пряма  $L_{N1\_N2}$ , та величина кута її нахилу  $\beta$ , при яких сумарне максимальне відхилення ( $\Delta_\Sigma = |\Delta_1| + |\Delta_2|$ ) траєкторії голки по різні сторони від цієї прямої при номінальних розмірах ланок механізму є мінімальними ( $\beta=22,7^\circ$ ,  $X_{N1} = 38,5$  мм ,  $Y_{N1} = 79,729$  мм ).

Оскільки параметр  $\beta$  є регульований, то перед проведенням основних досліджень був визначений діапазоном його регулювання, при якому  $\Delta_\Sigma \leq 10$  мкм (рис. 2). Виявлено, що цей діапазон складає  $19 \div 25^\circ$ .

Результати основних досліджень показані на рис. 3 та наведені в табл. 1.

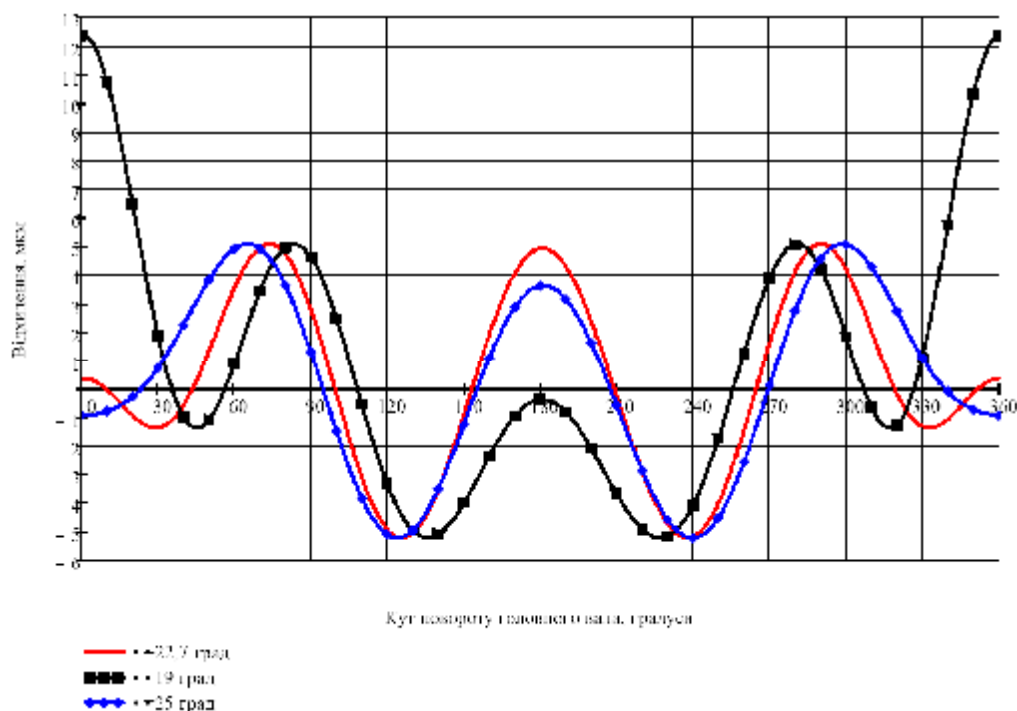


Рис. 2. Діаграма величини впливу параметра  $\beta$  – кута положення між плечима АМ та АВ двоплечого коромисла

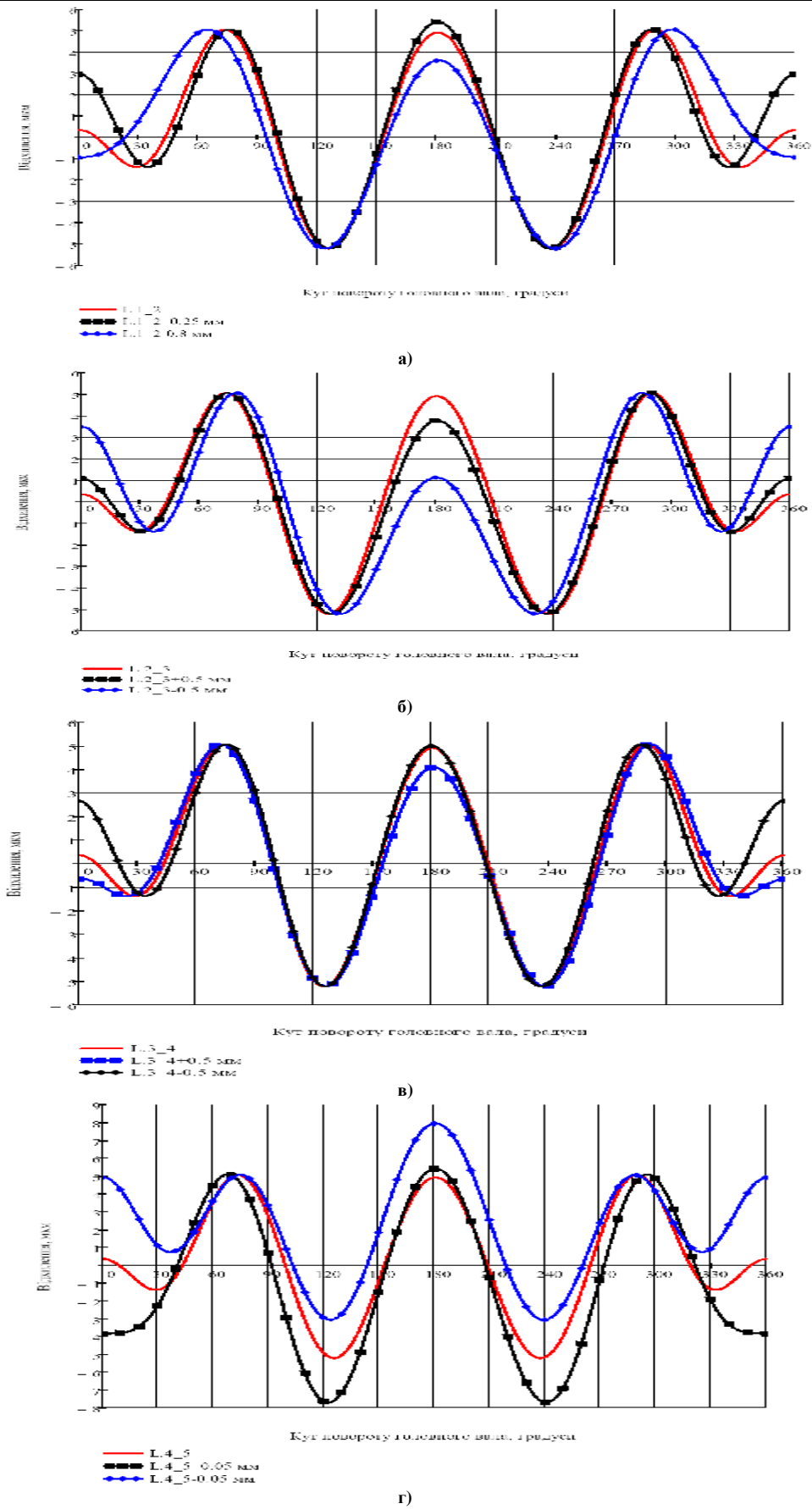
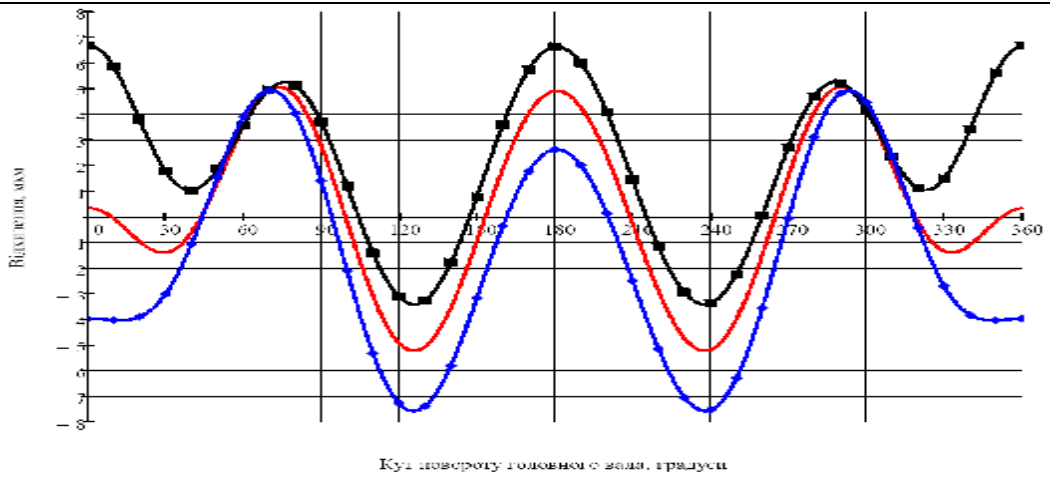
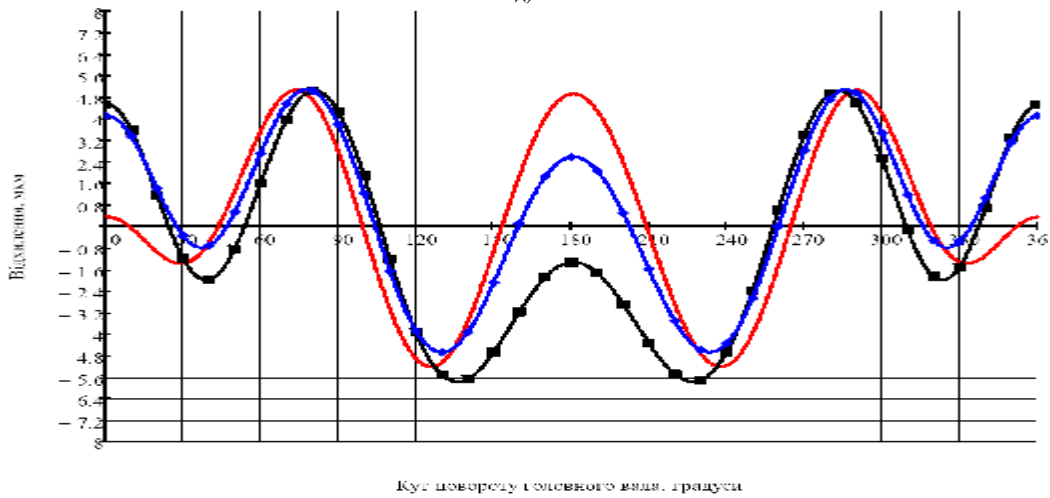


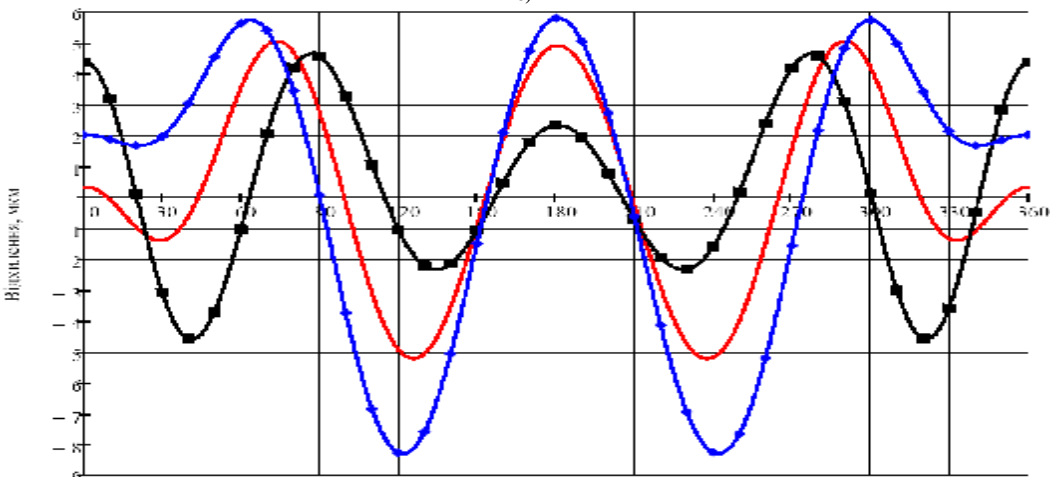
Рис. 3. Діаграми значень відхилення траєкторії  $\Delta$  номінального значення параметра та з урахуванням верхнього (ВВ) та нижнього (НВ) відхилень допуску: а) – параметр FL, б) – параметр LM, в) – параметр AM, г) – параметр AB



д)



е)



ж)

Рис. 3. (продовження) Діаграми значень відхилення траєкторій  $\Delta$  номінального значення параметра та з урахуванням верхнього (ВВ) та нижнього (НВ) відхилень допуску: д) параметр ВС, е) параметр BE, ж) параметр CD

## Величини та допуск параметрів механізму голки

Тип параметру	LF	LM	AM	AB	BC	BE	CD	
Значення параметрів базової конструкції механізму								
Номінальна величина, мм	6,75	58	17	10	20	40	30	
Величина допуску, мм	$\pm 0,05$	$\pm 0,5$	$\pm 0,1$	$\pm 0,05$	$\pm 0,05$	$\pm 0,05$	---	
Значення параметрів механізму отриманих в результаті досліджень								
Рекомендована величина допуску, мм	+0,25 -0,8	$\pm 0,5$	$\pm 0,5$	$\pm 0,05$	$\pm 0,05$	$\pm 0,05$	$\pm 0,01$	
Величина кута $\beta$ , яка забезпечує оптимальне відхилення $2\Delta$ , град	ВВ	22	24	23	25	21,1	20	
	НВ	25	19	22	22	24,5	21	
Максимальна величина відхилення $\Delta$ , мкм	ВВ	+5,4 -5,2	+5,1 -5,2	+5,0 -5,2	+5,4* -7,7*	+6,7 -3,4	+5,1** -5,8**	+4,7 -4,6
	НВ	+5,1 -5,2	+5,1 -5,2	+5,1 -5,2	+7,9* -3,1*	+4,9 -7,6	+5,0** -4,7**	+5,7 -8,3
$2\Delta_{\max}$ , мкм	10,6	10,3	10,3	12,8*	12,5	10,9**	14,0	
$2\Delta_{\min}$ , мкм	10,3		10,2	11,0*	10,1	9,7**	9,3	

\* величини допуску відповідають додатковому зміщенню напрямної відповідно на величину  $\pm 50$  мкм;

\*\* величини допуску відповідають додатковому зміщенню напрямної відповідно на величину  $\pm 50$  мкм.

В результаті дослідження було встановлено, що за рахунок регульованого параметра  $\beta$  можна суттєво збільшити допуски практично всіх ланок механізму і таким чином підвищити технологічність його виготовлення. Виконання цього регулювання на конкретній одиниці обладнання залежно від розмірів ланок виконується без застосування будь-яких мірильних інструментів чи шаблонів, а органолептично (так зване регулювання на «легкість ходу» механізму).

В той же час було встановлено надзвичайно суттєвий вплив параметра CD на форму траєкторії голки, для якого допустима точність склала  $\pm 0,01$  мм (в роботі [2] допуск цієї ланки взагалі не вказаний). Тому, як варіант, можливо зробити цей параметр також регульованим, у вигляді головки-повзуна. Оскільки величина цього регулювання буде складати десяті долі міліметра, то суттєво на положення голки по висоті воно не вплине.

## Висновки

1. Проведені дослідження показали, що точність ланок механізму, який досліджувався, можна суттєво знизити зміною положення напрямної голководу та за рахунок регульованого параметра ( $\beta$ ).
2. Для з'ясування причини значного впливу одного параметра механізму на форму траєкторії веденої ланки та для визначення взаємовпливу зміни параметрів в межах полів допусків необхідне додаткове дослідження.

## Література

1. Горобець В.А. Розробка та дослідження механізмів голки краєобметувальних швейних машин. Повідомлення 1 / В.А. Горобець, О.П. Манойленко // Вісник КНУТД. – К. : КНУТД, 2012. – №3. – С. 81–85.
2. Полухин В.П. Проектирование механизмов швейно-обметочных машин / Полухин В.П. – М. : Машиностроение, 1972. – 280 с.
3. Макаров Е.Г. Инженерные расчеты в MathCAD : [учебный курс] / Макаров Е.Г. – СПб : Питер, 2005. – 448 с.

## References

1. V.A. Gorobets, O.P. Manoilenko. Rozrobka ta doslidzhennia mekhanizmiv holki kraeobmetovalnikh shveinikh mashin. Povidomlennia 1, Visnik KNUTD – Kyiv, 2012, №3, pp. 81-85.
2. V.P Polokhin. Proektirovanie mekhanizmov shveino-obmetochnik machin. Moskva, Mashinostroenie, 1972. - 280 p.
3. E. G. Makarov. Inzhenernie rascheti v MathCAD. Uchebnyy kurs. Sankt-Peterburh, Piter, 2005, 448 p, ISBN 5-94723-530-7.

Рецензія/Peer review : 8.3.2013 р. Надрукована/Printed :21.4.2013 р.

Рецензент: