

## РОЗРАХУНОК ДІАГРАМИ ГОЛКОВОЇ НИТКИ КРИВОШИПНО-КОРОМИСЛОВОГО МЕХАНІЗМУ НИТКОПРИТЯГУВАЧА З ВИКОРИСТАННЯМ ПРОГРАМНОГО СЕРЕДОВИЩА

Проведені дослідження в напрямку розробки системи проектування та розрахунку кривошипно-коромислового механізму ниткопритягувача. Аналітичним шляхом отримана діаграма голкової нитки, яка подається в зону шиття. Встановлені основні залежності та співвідношення головних параметрів конструкції механізму.

Ключові слова: ниткопритягувач, діаграма нитки.

P.H. KAPUSTENSKIY, E.A. MANZIUK  
Khmelnytskyi National University, Khmelnytskyi, Ukraine

### CALCULATION OF THREAD NEEDLE DIAGRAM OF CRANK-AND-ROCKER MECHANISM OF THREAD TAKE-UP USING SOFTWARE

*Abstract – The research towards the development of the system design and calculation of the crank-rocker mechanism of tension device. Analytically obtained the diagram needle thread which moves in the area of sewing Identified basic functions and ratios of the main design parameters of the mechanism.*

*The developed system calculation chart needle thread, which is served in sewing zone, is an important step in designing sewing machine. The basic relationships between the geometrical characteristics of crank-and-rocker mechanism thread take-up using and their impact on the chart submission thread. The suggested analytical approach calculation chart based on it developed a software environment for computer-aided design of mechanisms for this class.*

Keywords: thread take-up, chart needle thread

#### Постановка проблеми

В швейному машинобудуванні найбільш широко знайшов застосування кривошипно-коромисловий механізм ниткопритягувача. Розглянемо систему проектування механізму з використанням програмних систем, що дозволить автоматизувати процес розробки та конструювання швейного обладнання із заданими технічними характеристиками. Під час проектування механізмів ниткопритягувача необхідно забезпечувати відповідність діаграм нитки, яка подається і використовується, що зазвичай отримується аналітичним або експериментальним шляхом.

#### Аналіз останніх досліджень і публікацій

Для отримання діаграми нитки, яка подається аналітичним методом необхідно знайти зв'язок між кількістю поданої нитки, параметрами механізму ниткопритягувача, координатами напрямними нитки та кутом повороту головного вала швейної машини [1–4]. Дослідження взаємодії робочих органів швейних машин є важливим етапом розробки та проектування нових механічних систем та їх виробництва. Розробка автоматизованих систем проектування механічних систем машини на базі аналітичних досліджень є актуальним завданням розвитку процесу проектування та розробки швейного обладнання. Діаграма поданої нитки є важливим етапом проектування та необхідна для реалізації циклограми роботи швейної машини, тому доцільним є розробка аналітичних методів проектування із розробкою програмного середовища, яке дозволяє автоматизувати цей процес для широкого класу швейних машин.

#### Формулювання цілі статті

Розробка автоматизованої системи проектування кривошипно-коромислового механізму ниткопритягувача швейної машини. Встановлення основних залежностей та співвідношень аналітичного визначення діаграми голкової нитки, яка подається в зону шиття з практичною розробкою програмного середовища проектування.

#### Виклад основного матеріалу

Для визначення діаграми голкової нитки, яка подається в зону шиття, необхідно знайти аналітичні співвідношення залежності руху вічка ниткопритягувача від кута повороту головного вала швейної машини. Це дасть можливість визначити кількість нитки яка подається в зону шиття. Базуючись на роботі [5] розробимо автоматизовану систему проектування кривошипно-коромислових механізмів ниткопритягувача.

На рис. 1 зображена просторова схема розташування ниткопритягувача та нитконапрямляча  $N_1$  та  $N_2$ . Довжина нитки, що подається робочим органам швейної машини, визначається як різниця

$$l = (N_1 C_b + C_b N_2) - (N_1 C + C N_2) = L_{\max} - L, \quad (1)$$

де  $C_b$ ,  $C$  – відповідно верхнє та проточне положення вічка ниткопритягувача;

$L_{\max}$ ,  $L$  – максимальна та поточна кількість нитки, яка знаходиться між нитконапрямлячами та вічком ниткопритягувача.

Таким чином, для визначення довжини нитки, що подається ниткопритягувачем  $l$  при певному

значені кута повороту головного валу необхідно знати координати точок  $C(x, y, z)$  та  $C_b(x_b, y_b, z_b)$ . Так як механізм ниткопритягувача розташований в площині  $xOz$ , то  $y - y_b = 0$ . Поточні координати вічка ниткопритягувача визначаються таким чином

$$\begin{cases} x = l_6 + l_1 \cos j_1 + l_2 \cos j_2; \\ z = l_7 + l_1 \sin j_1 + l_2 \sin j_2. \end{cases} \quad (2)$$

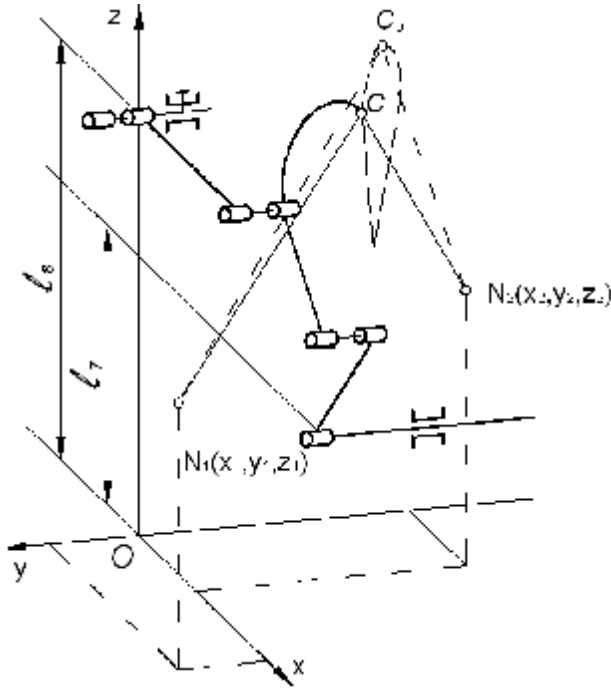


Рис. 1. Просторова схема механізму ниткопритягувача

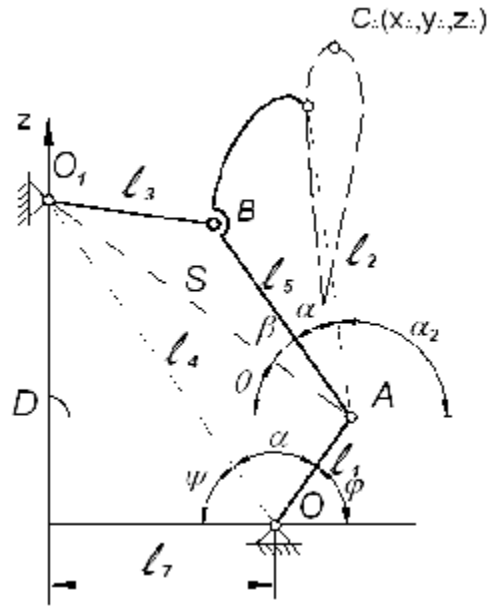


Рис. 2. Плоска схема механізму ниткопритягувача

В рівняння (2) входить невідомий кут  $j_2$ , для визначення якого необхідно попередньо знайти  $b$  та  $q$ , які, в свою чергу, можуть бути визначені при відомих значеннях кутів  $y$  і  $a$ , а також відстані  $S$ .

$$y = \arctg \frac{l_8 - l_7}{l_6}; \quad (3)$$

$$a = p - (j_1 + y).$$

З  $\triangle OAO_1$ , використовуючи теорему косинусів, знайдемо

$$S = \sqrt{l_1^2 + l_4^2 - 2l_1l_4 \cos a} = \sqrt{l_1^2 + l_4^2 + 2l_1l_4 \cos(j_1 + y)}. \quad (4)$$

В  $\triangle DAO_1$  та  $\triangle AO_1B$  всі сторони відомі, тому кути  $b$  і  $q$  визначаємо таким чином

$$q = \arccos \frac{l_6 + l_1 \cos j_1}{S}, \quad (5)$$

$$b = \arccos \frac{S^2 + l_5^2 - l_3^2}{2l_5S}. \quad (6)$$

При відомих кутах  $b$  та  $q$  кут  $j_2$  визначимо за виразом

$$j_2 = p - l - b - q, \quad (7)$$

що слідує з геометричних побудов на рис. 1.

Значення координат верхньої точки траєкторії вічка ниткопритягувача  $C_b$  також можна знайти з виразу (2), але для цього необхідно знати значення кута повороту головного валу  $j_{1b}$ , при якому вічко ниткопритягувача займає верхнє положення. Очевидно, що вічко ниткопритягувача буде розташовано в крайньому верхньому або нижньому положенні, за умови рівності нулю аналога вертикальної швидкості його переміщення, тобто  $\dot{z} = dz/dj_1 = 0$ .

З другого рівняння системи (2) маємо

$$\dot{z} = l_1 \cos j_1 + l_2 \dot{j}_2 \cos j_2, \quad (8)$$

$$j_2 = \frac{dj_2}{dj_1} = -\beta - \varphi \quad (9)$$

Похідні  $\beta$  та  $\varphi$  визначимо диференціюючи (5) та (6)

$$\varphi = \frac{dq}{dj_1} = \frac{l_1 S \sin j_1 + (l_6 + l_1 \cos j_1) \mathcal{S}}{S^2 \sqrt{1-A^2}}, \quad (10)$$

$$\beta = \frac{S^2 - l_5^2 + l_3^2}{2l_5 S^2 \sqrt{1-B^2}} \mathcal{S}, \quad (11)$$

де  $A = \frac{l_6 + l_1 \cos j_1}{S}$ ,  $B = \frac{S + l_5^2 - l_3^2}{2l_5 S}$ .

Значення  $\mathcal{S}$  знайдемо диференціюючи (4)

$$\mathcal{S} = \frac{dS}{dj_1} = -l_1 l_4 \frac{\sin(j_1 + \gamma)}{S}, \quad (12)$$

З умови рівності нулю аналога вертикальної складової швидкості переміщення вічка ниткопритягувача аналітично визначимо кут повороту головного валу, при якому вічко знаходиться в точці  $C_b$ , ітераційним методом. Розглянемо процедуру визначення кута  $j_{1b}$  методом половинного ділення. Для використання цього методу необхідно знати інтервал зміни кута  $j_1$  в якому знаходиться значення  $j_{1b}$ . Нехай функція  $\mathcal{S} = f(j_1)$  має корінь в інтервалі  $a < j_1 < b$ . Розділимо інтервал пополам, отримана абсциса буде першим наближенням значення кореня. Визначимо  $\mathcal{S}(j_1)$  в цій точці і порівняємо  $\mathcal{S}(j_1)$  та  $\mathcal{S}(b)$ . Якщо їх знаки однакові, тоді перенесемо праву межу в точку, яка відповідає абсцисі  $j_1$ . Величина  $b$  тепер буде мати нове значення, а інтервал  $[a, b]$  зменшиться вдвоє, однак всередині нього буде знаходитись корінь рівняння  $\mathcal{S}(j_1) = 0$ . Новий інтервал  $[a, b]$  знову поділимо пополам і в отриманій точці розрахуємо значення функції  $\mathcal{S}(j_1)$ . Якщо знак її в цій точці інший ніж на правій межі інтервалу, але такий же як на лівій, змістимо ліву межу інтервалу. Тепер величина  $a$  набуде нового значення, а інтервал, який містить корінь зменшиться наполовину. Такий процес розрахунку повинен повторюватися до тих пір, поки довжина інтервалу не буде менше заданої величини  $\epsilon$ , яка визначає точність розрахунку кореня. Можна зазначити що програма розрахунку суттєво спрощується, якщо відомий знак заданої функції на одній з меж інтервалу  $[a, b]$ .

Після визначення кута  $j_{1b}$  за залежностями (2) можуть бути визначені координати верхньої точки вічка ниткопритягувача  $x_b$  і  $z_b$ , а потім максимальна та поточне значення кількості нитки, яка знаходиться між нитконапрявлячами та вічком ниткопритягувача

$$L_{\max} = \sqrt{(x_b - x_1)^2 + (y_b - y_1)^2 + (z_b - z_1)^2} + \sqrt{(x_b - x_2)^2 + (y_b - y_2)^2 + (z_b - z_2)^2}, \quad (13)$$

$$L = \sqrt{(x - x_1)^2 + (y - y_1)^2 + (z - z_1)^2} + \sqrt{(x - x_2)^2 + (y - y_2)^2 + (z - z_2)^2}. \quad (14)$$

Визначивши величини  $L_{\max}$  і  $L$  та підставивши їх значення в вираз (1) отримаємо величину нитки, яка подається  $l$ , що відповідає відповідному куту повороту головного валу.

Програма розрахунку діаграми нитка, яка подається в зону зшивання.

```

l1=15.8; l2=50; l3=29; l4=31; l5=25.2;
l6=19; l7=160; l8=185; l9=36; l10=49;
l11=66; l12=87; l13=0.6398;
a=0; b=pi; L=atan(l8-l7)/l6; dl=1; i=0;
while dl-.00001>0
y=(a+b)/2;
% вставка функції bloc
[S,p,m,e,g,M,m1,t,u1] = bloc(l1,l3,l4,l5,l6,l13,y,L);
u=-M-g; c=l1*cos(y)+l2*u*cos(u1);
if c>0
a=y;
else
b=y;
end;

```

```

dl=b-a;
end;
[x,z] = ext(l1,l2,l6,l7,y,u1);
y=0; M1=x; g1=z; rr=[]; ry=[];
while y-6.3<0
[S,p,m,e,g,M,m1,t,u1] = bloc(l1,l3,l4,l5,l6,l13,y,L);
[x,z] = ext(l1,l2,l6,l7,y,u1);
r0=sqrt((M1-l9)^2+(g1-l10)^2)+sqrt((M1-l11)^2+(g1-l12)^2);
r1=sqrt((x-l9)^2+(z-l10)^2)+sqrt((x-l11)^2+(z-l12)^2);
i=i+1;
ry(i)=y; rr(i)=r0-r1;
y=y+pi/40;
end;
pr=plot(ry,rr);figure(gcf);
set(gca,'FontSize',11,'FontName','Arial','FontWeight','bold');
set(pr,'Color','black','LineWidth',2.5);
xlabel(''); ylabel('');
grid on;
function [S,p,m,e,g,M,m1,t,u1] = bloc(l1,l3,l4,l5,l6,l13,y,L)
S=sqrt(l1^2+l4^2+2*l1*l4*cos(L+y));
p=(l6+l1*cos(y))/S;
m=(S^2+l5^2-l3^2)/(2*l5*S);
e=-l1*l4*(sin(L+y))/S;
g=(S^2-l5^2+l3^2)*e/(2*l5*S^2*sqrt(1-m^2));
M=(l1*S*sin(y)+e*(l6+l1*cos(y))/(S^2)*sqrt(1-p^2));
m1=acos(m);t=acos(p);u1=pi-l13-m1-t;
end
function [x,z] = ext(l1,l2,l6,l7,y,u1)
x=l6+l1*cos(y)+l2*cos(u1);
z=l7+l1*sin(y)+l2*sin(u1);
end

```

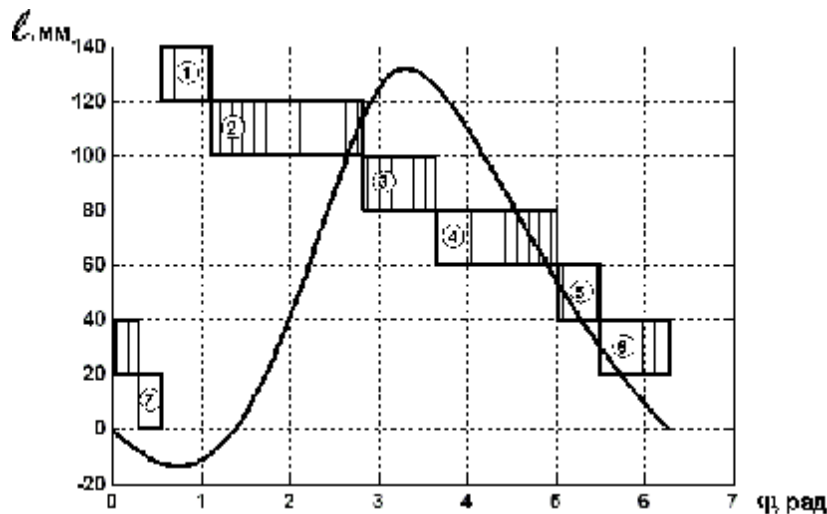


Рис. 3. Діаграма голкової нитки, яка подається в зону шиття:

- 1 – змотування нитки з котушки; 2 – подача нитки на розширення петлі голкою; 3 – утворення петлі напуску; 4 – подача нитки з розширенням петлі човника; 5 – зменшення надлишку в подачі нитки; 6 – вихід петлі з човника; 7 – затування нитки в стібку

Ниткопритягувач повинен забезпечувати необхідну величину подачі нитки на різних етапах утворення стібка. Тому для проектування механізму ниткопритягувача необхідно знати хід вічка та характер його руху. Хід вічка визначається довжиною нитки яка подається в зону шиття та відображається діаграмою нитки. Під час проектування намагаються забезпечити належну подачу нитки, особливо в найбільш відповідальні моменти петлеутворення. Відповідно відображенням закону руху вічка ниткопритягувача є діаграма нитки, яка подається, що ілюструє залежність довжини нитки необхідної для роботи від кута повороту головного валу. Діаграма повинна бути побудована з врахуванням величин стібка товщини матеріалів, технологічних властивостей нитки. З циклограми роботи швейної машини визначається момент входу голки в матеріал, коли ниткопритягувач повинен подати нитку для утворення петлі напуску (рис. 3). Вид цієї діаграми визначається конструктивними параметрами механізму ниткопритягувача. На діаграмі

зображені зони, які характеризують технологічні етапи із діаграмою подачі голкової нитки. Інтенсивність подачі збільшується в момент обводу петлі човником. Довжина нитки, яка подається повинна бути завжди більшою необхідної величини. Це дозволяє гарантувати належність виконання технологічного процесу стібкоутворення та забезпечити резерв подачі. Резерв подачі визначається виходячи в діапазоні зміни довжини стібків та товщини матеріалів. Якщо подається менша довжина нитки чим необхідна, човник створить такий натяг нитки, який може призвести до її обриву. Надто велика довжина нитки може призвести до повторного захвата човником нитки та її заплутування. Для усунення надлишку нитки використовуються компенсатори. Ниткопритягувач забезпечує переміщення нитки з великою нерівномірністю та виконує вибирання нитки з зони шиття та затягування стібка. Так як досить часто змінюється довжина стібка, товщина матеріалів в конструкції швейної машини передбачені регулятори, які дозволяють налаштувати величину подачі нитки.

#### Висновки

Таким чином, розробка системи розрахунку діаграми голкової нитки, яка подається в зону шиття, є важливим етапом проектування швейної машини. Встановлені основні залежності між геометричними характеристиками кривошипно-коромислового механізму ниткопритягувача та їх вплив на діаграму подачі нитки. Запропоновано аналітичний підхід розрахунку діаграми та на його основі розроблено програмне середовище для автоматизованого проектування механізмів даного класу.

#### Література

1. Технология швейных изделий : [учеб. для вузов] / А.В. Савостицкий, Е.Х. Меликов, И.А. Куликова ; под ред. А.В. Савоститского. – М. : Лег. индустрия, 1971. – 600 с.
2. Проектирования и расчёт обувных и швейных производств / [Комисаров А.И., Жуков В.В., Никифоров В.М., Сторожев В.В.] ; под ред. А.И. Комисарова. – М. : Машиностроение, 1976. – 431 с.
3. Сторожев В.В. Машини и аппараты лёгкой промышленности : [учебник для студ. высш. учеб. заведений]. – М. : Издательский центр «Академия», 2010. – 400 с.
4. Определение подачи нити швейных машин с рычажным нитепритягивателем / И.В. Лопандин, С.Ю. Кисилев // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. – 1985. – № 6. – С. 101–104.
5. Кононюк В.А. Методические указания к НИРС, курсовому и дипломному проектированию / Кононюк В.А. – Хмельницкий : ХТИБО, 1984. – 52 с.

#### References

1. Tekhnologiya shveynykh izdeliy: ucheb. dlya vuzov A.V. Savostitskiy, Ye.KH. Melikov, I.A. Kulikova; pod red. A.V. Savostitskogo. – M. : Leg. industriya, 1971. – 600 s.
2. Komisarov A.I., Zhukov V.V., Nikiforov V.M., Storozhev V.V. Proyektirovaniya i raschet obuvnykh i shveynykh proizvodstv. Pod redaktsiyey A.I. Komisarova. – M.: Mashinostroyeniye. – 1976 – 431s.
3. Storozhev V.V. Mashiny i apparaty legkoy promyshlennosti: uchebnyk dlya stud. vyssh. ucheb. zavede-niy – M.: Izdatelskiy tsentr «Akademiya». – 2010. – 400s.
4. Lopandin I.V., Kisilev S.YU. Opredeleniye podachi niti shveynykh mashin s rychazhnym niteprityagi-vatelem // Izv. vuzov. Tekhnologiya legkoy promyshlennosti. – 1985. – № 6. – S. 101 – 104.
5. Kononyuk V.A. Metodicheskiye ukazaniya k NIRS, kursovomu i diplomnomu proyektirovaniyu. – Khmel'nitskiy KHTIBO – 1984. – 52s.

Рецензія/Peer review : 8.3.2013 р. Надрукована/Printed :20.4.2013 р.  
Рецензент: д. т. н., проф. Сорокати́й Р.В.