

УДК 677.055

**ВИЗНАЧЕННЯ АНАЛІТИЧНОЇ ФУНКЦІЇ ГЛИБИНИ КУЛІРУВАННЯ ПРЯЖІ  
В'ЯЗАЛЬНИХ МАШИН**

В.М. ДВОРЖАК, Б.В. ОРЛОВСЬКИЙ

Київський національний університет технологій та дизайну

*Розглянуто застосування програми, створеної в середовищі математичного процесора MathCAD, для аналітичного визначення глибини кулірування пряжі за заданою довжиною петлі на в'язальних машинах*

**Об'єкти та методи дослідження**

Предметом дослідження є залежність глибини кулірування пряжі від заданої довжини петлі та параметрів, що на неї впливають. При дослідженні аналітичної функції глибини кулірування пряжі був використаний аналітичний метод [1, 2], який реалізований у програмі, створеної в середовищі математичного процесора MathCAD [3, 4].

**Постановка завдання**

Багатоетапна механічна технологія петлетворення на в'язальних машинах передбачає обов'язкове виконання етапу кулірування (нім.: *kuliren* – згинати) [1, 2]. Етап кулірування характеризується глибиною кулірування, яка вважається найважливішим параметром будь-якого процесу петлетворення та впливає на інші його параметри, зокрема на довжину петлі. При проектуванні процесу петлетворення необхідно розрахувати глибину кулірування за заданими довжиною петлі та розмірами петлетвірних органів у припущенні, що стара петля не перешкоджає куліруванню, при цьому прийняти такі обмеження: пряжа є ідеальною гнучкою ниткою, нерозтяжна та не сплющується [1, 2, 5]. У фаховій літературі [1, 2] для визначення функції  $h_k = f(\varphi)$  глибини кулірування у залежності від довжини петлі  $l$  описується метод Мільченка І. С., згідно з яким спочатку визначається функція кута охоплення пряжею робочих органів, а потім обчислюється значення функції глибини кулірування. При цьому алгоритм визначення кута охоплення передбачає розкладання тригонометричних функцій в ряд та розв'язок отриманого наближеного виразу з використанням логарифмічної лінійки, що ускладнює процес розрахунку та призводить до втрати точності результатів. Разом з тим, у роботі [1] зазначається, що задача про точне визначення глибини кулірування за заданою довжиною петлі може бути розв'язана з використанням прикладних комп'ютерних програм. Тому завданням дослідження є розробка математичної моделі для аналітичного визначення глибини кулірування  $h_k$  за заданою довжиною петлі у прикладній комп'ютерній програмі MathCAD для автоматизації розрахунків з метою вдосконалення проектування в'язальних машин.

**Результати та їх обговорення**

В якості об'єкту дослідження вибраний механізм в'язання однофонтурної круглов'язальної машини з язичковими голками та платинами, для якого потрібно визначити глибину кулірування  $h_k$ . Для визначення глибини кулірування  $h_k$  згідно з [1, 2] розглянемо напівпетлю  $l/2$  (рис. 1), яка складається з таких ділянок, що визначаються довжинами  $l_{i-(i+1)} \forall i = \overline{1...5}$  по середній лінії петлі: прямолінійної  $l_{1-2}$ , яка розташовується на відбійній площині платини; дугоподібної  $l_{2-3}$ , яка розташовується на закругленні

платини; прямолінійної  $l_{3-4}$ , яка розташовується між платиною та голкою; і дугоподібної  $l_{4-5}$ , яка розташовується на закругленні гачка голки:

$$\frac{l}{2} = l_{1-2} + l_{2-3} + l_{3-4} + l_{4-5}. \quad (1)$$

Визначимо довжини ділянок:

$$l_{1-2} = \frac{p}{2} - r_p; \quad (2)$$

$$l_{2-3} = \left( r_p + \frac{d_H}{2} \right) \cdot \alpha_1; \quad (3)$$

$$l_{4-5} = \left( \frac{d}{2} + \frac{d_H}{2} \right) \cdot \alpha_1; \quad (4)$$

$$l_{3-4} = \frac{l}{2} - l_{1-2} - l_{2-3} - l_{4-5} = \frac{l}{2} - \left( \left( \frac{p}{2} - r_p \right) + \left( r_p + \frac{d_H}{2} \right) \cdot \alpha_1 + \left( \frac{d}{2} + \frac{d_H}{2} \right) \cdot \alpha_1 \right). \quad (5)$$

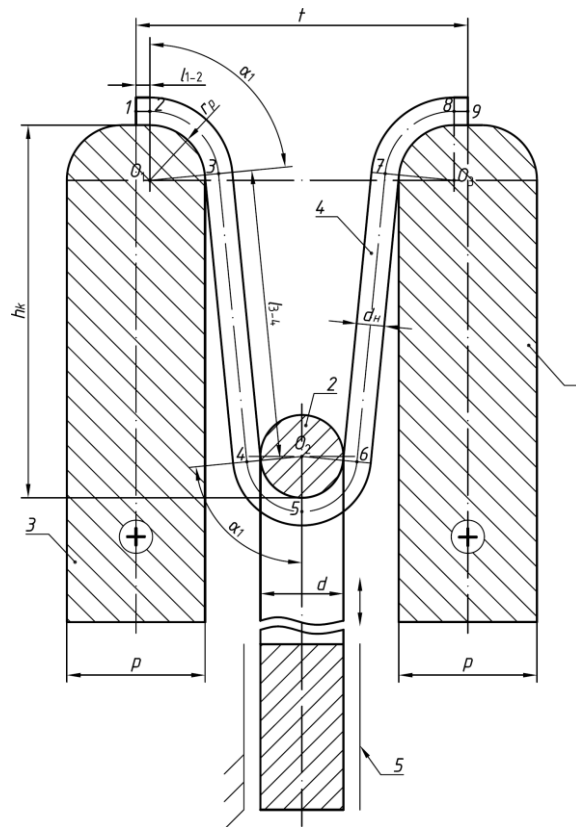


Рис. 1. Розрахункова схема для визначення глибини кулірування за довжиною петлі:

1, 3 – платини; 2 – гачок голки; 4 – петля; 5 – голковий циліндр

Для визначення глибини кулірування  $h_k$  спроектуємо напівпетлю  $l/2$  на вертикальну площину:

$$h_k = \left[ \left( r_p + \frac{d_H}{2} \right) - \left( r_p + \frac{d_H}{2} \right) \cdot \cos \alpha_1 \right] + l_{3-4} \cdot \sin \alpha_1 + \left[ \left( \frac{d}{2} + \frac{d_H}{2} \right) - \left( \frac{d}{2} + \frac{d_H}{2} \right) \cdot \cos \alpha_1 \right] - d_H. \quad (6)$$

Після спрощення дістанемо вираз:

$$h_k = r_p - r_p \cdot \cos \alpha_1 - d_n \cdot \cos \alpha_1 + l_{3-4} \cdot \sin \alpha_1 + \frac{d}{2} - \frac{d}{2} \cdot \cos \alpha_1. \quad (7)$$

У виразі (7) кут  $\alpha_1$  визначимо, спроектувавши напівпетлю на горизонтальну площину:

$$\frac{t}{2} = l_{1-2} + \left( r_p + \frac{d_n}{2} \right) \cdot \sin \alpha_1 + l_{3-4} \cdot \cos \alpha_1 + \left( \frac{d}{2} + \frac{d_n}{2} \right) \cdot \sin \alpha_1, \quad (8)$$

звідки

$$l_{3-4} = \frac{- \left( l_{1-2} + 2 \cdot r_p \cdot \sin \alpha_1 + 2 \cdot d_n \cdot \sin \alpha_1 + d \cdot \sin \alpha_1 - t \right)}{2 \cdot \cos \alpha_1}. \quad (9)$$

Підставимо отримане значення  $l_{3-4}$  до рівняння (5):

$$\begin{aligned} & \frac{- \left( l_{1-2} + 2 \cdot r_p \cdot \sin \alpha_1 + 2 \cdot d_n \cdot \sin \alpha_1 + d \cdot \sin \alpha_1 - t \right)}{2 \cdot \cos \alpha_1} = \\ & = \frac{l}{2} - \left( \left( \frac{p}{2} - r_p \right) + \left( r_p + \frac{d_n}{2} \right) \cdot \alpha_1 + \left( \frac{d}{2} + \frac{d_n}{2} \right) \cdot \alpha_1 \right). \end{aligned} \quad (10)$$

Після спрощення дістанемо трансцендентне рівняння:

$$\left[ -p + 2 \cdot r_p \right] \cdot \alpha_1 + \left[ r_p + 2 \cdot d_n + d \right] \cdot \cos \alpha_1 + \left[ r_p + 2 \cdot d_n + d \right] \cdot \sin \alpha_1 + 2 \cdot l_{1-2} - t = 0, \quad (11)$$

де  $l = 2 \cdot \left( l_{1-2} + l_{2-3} + l_{3-4} + l_{4-5} \right)$  – довжина петлі;  $p$  – товщина платини;  $r_p$  – радіус закруглення платини;  $d_n$  – діаметр пряжі;  $d$  – діаметр гачка голки;  $t$  – голковий крок.

Для розв’язку рівняння (11) скористаємося програмою MathCAD, яка має вбудовану функцію *root* [3, 4] для розв’язку рівнянь з одним невідомим та реалізує метод січних.

Згідно з цим методом потрібно спочатку заздалегідь присвоїти куту  $\alpha_1$  початкове значення  $\alpha_0$ , в околиці якого відбуватиметься пошук кореня рівняння (11), а потім змінювати цей кут від  $0^\circ$  до  $90^\circ$  з кроком  $\Delta \alpha$ . Для визначення початкового значення кута  $\alpha_0$  рекомендується [3, 4] побудувати графік функції  $y = f(\alpha_1)$  (рис. 2):

$$f(\alpha_1) = \left[ -p + 2 \cdot r_p \right] \cdot \alpha_1 + \left[ r_p + 2 \cdot d_n + d \right] \cdot \cos \alpha_1 + \left[ r_p + 2 \cdot d_n + d \right] \cdot \sin \alpha_1 + 2 \cdot l_{1-2} - t. \quad (12)$$

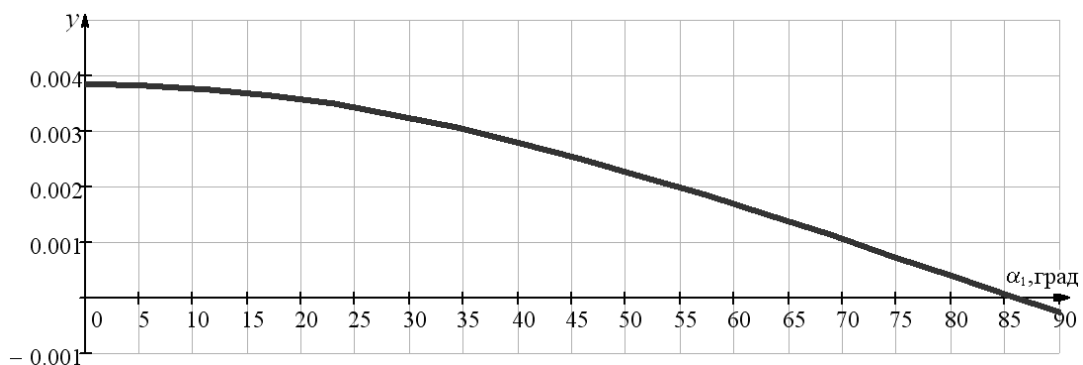


Рис. 2. Графік функції  $f(\alpha_1)$  для визначення початкового значення кута  $\alpha_0$ , в околиці якого здійснюється пошук кореня рівняння (11)

Точка перетину графіка функції  $y = f(\alpha_1)$  з віссю абсцис визначає початкове значення кута  $\alpha_0$ , в околиці якого здійснюватиметься пошук кореня рівняння (11).

Тепер, застосувавши функцію *root*, та використовуючи семантику MathCAD [3, 4], дістаємо

розрахункове значення кута  $\alpha_1$ :

$$\alpha_1 := \text{root}(\text{f}(\alpha_0), \alpha_0, a, b) \quad (13)$$

де  $a$  та  $b$  – початкове та кінцеве значення границь інтервалу  $[a, b]$ , в якому здійснюється пошук значення кута  $\alpha_1$ .

Підставивши отримане значення кута  $\alpha_1$  до рівнянь (5) та (7), дістанемо значення глибини кулірування  $h_k$ , яке й потрібно було визначити.

В якості прикладу, визначимо глибину кулірування пряжі для однофонтурної круглов'язальної машини 22 класу, яка має такі параметри:  $l = 5,0$  мм;  $d = 0,40$  мм;  $p = 0,25$  мм;  $r_p = 0,10$  мм;  $t = 1,155$  мм і  $d_n = 0,18$  мм. Використовуючи вираз (12), будемо в MathCAD графік ( $X-Y Plot$ ) функції  $f(\alpha_1)$  (див. рис. 2). На перетині кривої з віссю абсцис визначимо початкове значення кута  $\alpha_0 \approx 85^\circ$ . Потім, використовуючи в MathCAD функцію  $\text{root}(f(\text{var1}, \text{var2}, \dots), \text{var1}, [a, b])$ , на інтервалі  $[a=80^\circ, b=90^\circ]$  згідно з рис. 2 дістаємо:

$$\alpha_1 := \text{root}(\text{f}(\alpha_0), \alpha_0, 80^\circ, 90^\circ) = 85,86^\circ = 85^\circ 52'$$

Підставляючи отримане значення  $\alpha_1 = 85^\circ 52'$  до виразів (5) та (7), дістаємо значення  $h_k$ :

$$l_{3-4} = \frac{5}{2} - \left( \left( \frac{0,4}{2} - 0,1 \right) + \left( 0,1 + \frac{0,18}{2} \right) \cdot 1,4985 + \left( \frac{0,4}{2} + \frac{0,18}{2} \right) \cdot 1,4985 \right) = 1,85 \text{ мм};$$

$$h_k = 0,1 - 0,1 \cdot \cos(5^\circ 52') - 0,18 \cdot \cos(5^\circ 52') + 1,85 \cdot \sin(5^\circ 52') + \frac{0,4}{2} - \frac{0,4}{2} \cdot \cos(5^\circ 52') = 2,11 \text{ мм}.$$

### Висновки

На засадах отриманого аналітичного виразу (11) для глибини кулірування пряжі за довжиною петлі отриманий чисельний розв'язок, який дозволяє виконати автоматизований розрахунок у прикладній комп'ютерній програмі, створеній в середовищі математичного процесора MathCAD. Результати розрахунку можуть бути використані при проектуванні механізму в'язання технологічних машин. Результати розрахунку впроваджені в навчальний процес кафедри машин легкої промисловості в дисципліні «Проектування машин легкої промисловості (трикотажний модуль)».

### ЛІТЕРАТУРА

1. Гарбарук В. Н. Проектирование трикотажных машин / В. Н. Гарбарук – Л.: Машиностроение, 1980. – 472с.
2. Мойсеєнко Ф. А. Проектування в'язальних машин / Ф. А. Мойсеєнко – Харків: Основа, 1994. – 336 с.
3. Кирьянов Д. В. Самоучитель MathCAD 2001 / Д. В. Кирьянов – СПб.: БХВ-Петербург, 2001. – 544 с.
4. Макаров Е. Г. Инженерные расчеты в MathCAD / Е. Г. Макаров – СПб.: Питер, 2005. – 448 с.
5. Мигушов И. И. Механика текстильной нити и ткани: Моногр. / И. И. Мигушов – М.: Легкая индустрия, 1980. – 160 с.