

УДК 677.055

СХЕМОТЕХНІЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ МЕХАНІЗМУ ГОЛОК ОСНОВОВ'ЯЗальної МАШИНИ

Т.А. Майданюк, Б.В. Орловський, В.М. Дворжак

Київський національний університет технологій та дизайну

Розглянуто схемотехнічне моделювання десятиланкового шарнірно-важільного механізму крючкових голок основов'язальної машини ОВ-7, який містить механізм I класу I виду та чотири приєднані двоповідкові групи Асура II класу I виду та реалізує закон руху крючкових голок з двома зупинками за цикл в'язання одного петельного ряду трикотажу, із застосуванням програми, створеної в середовищі математичного процесора MathCAD.

Ключові слова: *крючкова голка, шарнірно-важільний механізм, основов'язальна машина, закон руху із зупинкою.*

В основов'язальних машинах для забезпечення робочим органам петлетворення закону руху із зупинками впродовж циклу петлетворення використовуються багатоланкові шарнірно-важільні механізми. Характерною особливістю закону руху крючкових голок основов'язальної машини ОВ-7 є дві зупинки. Під час першої зупинки відбувається етап петлетворення «прокладання нитки» на крючок голки, яке триває близько 60° повороту головного вала; під час другої зупинки – «пресування» кінчика крючка голки у чашу її стержня, яке триває близько 30° повороту головного вала [1]. Для забезпечення такого закону руху в машині ОВ-7 застосований 10-ланковий шарнірно-важільний механізм, який працює в «трипаралельній схемі».

При дослідженні взаємних переміщень робочих органів петлетворення машини ОВ-7 за вихідні (початкові) положення ведучих ланок (ексцентриків) механізмів зазвичай приймаються такі їхні положення, які відповідають крайньому нижньому положенню робочої точки крюкової голки, коли закінчується етап «формування» і починається етап «відтягування» [1]. Як правило, відомими є взаємні положення ексцентриків механізму коливального руху вушкових голок, механізму преса та механізму платин відносно положення ексцентрика механізму крючкових голок. Так, для машини ОВ-7 ексцентрик механізму крючкових голок випереджає ексцентрик механізму коливального руху вушкових голок на $35^\circ 14'$; механізму преса – на $167^\circ 34'$; механізму платин – на $190^\circ 47'$ (випередження розглядається проти годинникової стрілки). Тому для дослідження взаємних переміщень робочих органів петлетворення слід визначити початковий кут ексцентрика механізму крючкових голок.

Постановка завдання

При схемотехнічному моделюванні кінематичної схеми 10-ланкового шарнірно-важільного механізму крючкових голок машини ОВ-7 потрібно визначити початковий кут ексцентрика, який дозволить виконати дослідження взаємних рухів робочих органів петлетворення основов'язальної машини за цикл утворення одного петельного ряду трикотажу.

Об'єкт та методи дослідження

Предметом дослідження є процес створення математичної моделі 10-ланкового шарнірно-важільного механізму крючкових голок основов'язальної машини, який працює в «трипаралельній схемі». Дослідження виконувалися з використанням програми, створеної в середовищі математичного процесора *MathCAD* [3], методом векторного перетворення координат [1].

Результати дослідження та їх обговорення

При створенні математичної моделі досліджуваного механізму за методом векторного перетворення координат введемо позначення всіх вихідних і розрахункових параметрів. Вектор P_i ($i = 1, 2, \dots, n$) визначатиме абсолютну (відносну) координату відповідної точки механізму у прийнятій системі координат. Вектор P_{i-j} ($i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, n$) визначатиме взаємне розташування двох точок механізму, що мають відповідний порядковий номер (у цьому випадку це точки P_i і P_j). Значення L_{i-j} ($i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, n$) визначатиме довжину ланки механізму як відстань між двома точками, які з'єднують дану ланку. Кути між ланками механізму позначатимуться U_{i-j-k} ($i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m, k = 1, 2, \dots, n$), де середня цифра індексу відповідатиме вершині кута.

Схемотехнічне моделювання механізму, що досліджується, виконуватимемо у правій декартовій системі координат з початком у точці P_1 (рис. 1). Вісь абсцис X спрямуємо уздовж осі головного вала на спостерігача (рис. 2Рис. 2), вісь ординат Y – перпендикулярно до осі головного вала праворуч, вісь аплікату Z – перпендикулярно до осі головного вала вгору. Таким чином, механізм розміщується в площині YZ .

Механізм крючкових голок складається з механізму I класу I виду – кривошипа P_{1-2} у вигляді ексцентрика, який обертається навколо осі X за годинниковою стрілкою. Початковий кут повороту кривошипа φ_0 , який відповідає крайньому нижньому положенню робочої точки крючкової голки, підлягає визначенню. До кривошипа P_{1-2} приєднуються дві двоповідкові групи I виду: перша – 2-3-4 та друга – 2-5-6-7; у точці P_2 утворюється співвісна обертальна кінематична пара «кривошип 1-2–шатун 2-3–шатун

2-5»; у точці P_4 – обертальна кінематична пара «коромисло 3-4–стояк механізму»; у точці P_6 – обертальна кінематична пара «коромисло 5-6-7–стояк механізму»; до точки P_3 приєднується третя двоповідкова група I виду 3-8-7; у точці P_3 утворюється співвісна обертальна кінематична пара «шатун 2-3–коромисло 3-4–шатун 3-8»; у точці P_7 – обертальна кінематична пара «коромисло 6-7–шатун 7-8»; до точки P_8 приєднується остання четверта двоповідкова група I виду 8-9-10-11; у точці P_8 утворюється співвісна обертальна кінематична пара «шатун 3-8–шатун 7-8–шатун 8-9»; у точці P_{10} – обертальна кінематична пара «коромисло 9-10-11–стояк механізму». Точка P_{11} є робочою точкою крючкової голки. Кут U_{5-6-7} визначає положення плеча коромисла P_{7-6} відносно плеча коромисла P_{5-6} ; кут $U_{9-10-11}$ визначає положення плеча коромисла P_{9-10} відносно плеча коромисла P_{9-11} .

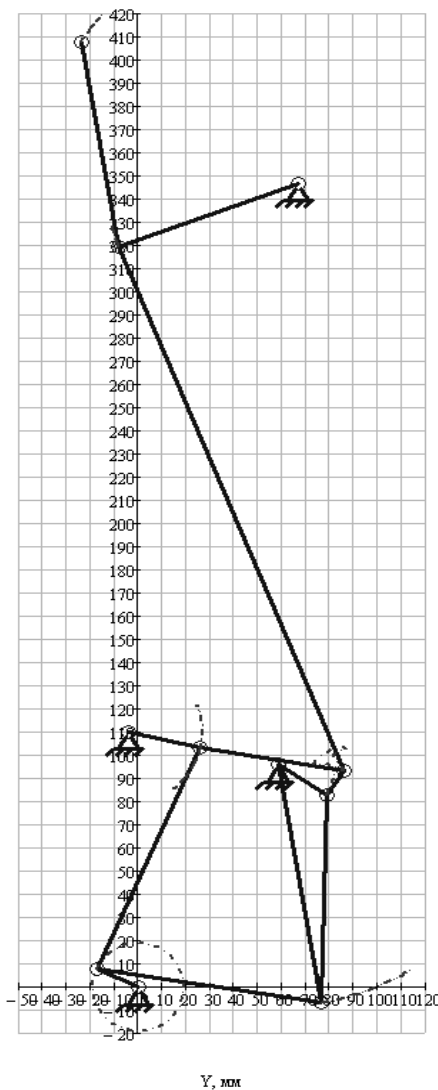
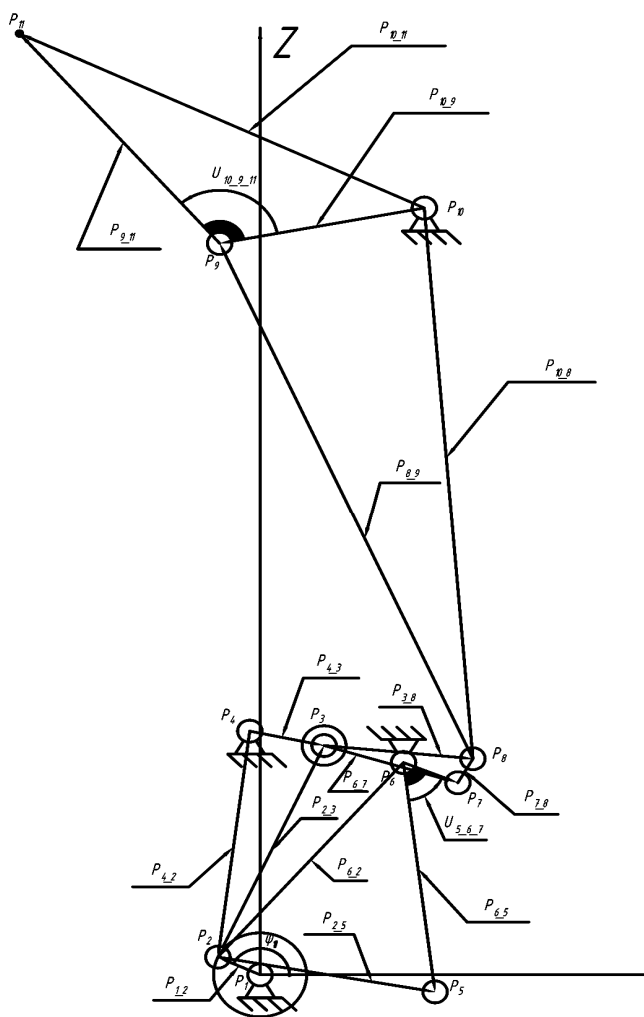


Рис. 1. Розрахункова схема механізму, що досліджується

Рис. 2. Графік візуалізації в MathCAD кінематичної схеми механізму, що досліджується

Складаємо вектори-стовпчики координат стояків P_1, P_4, P_6 , та P_{10} (рис. 1 **Рис. 1**):

$$P_1 := \begin{pmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ Z_1 \end{pmatrix}; \quad P_4 := \begin{pmatrix} X_4 \\ Y_4 \\ Z_4 \end{pmatrix}; \quad P_6 := \begin{pmatrix} X_6 \\ Y_6 \\ Z_6 \end{pmatrix}; \quad P_{10} := \begin{pmatrix} X_{10} \\ Y_{10} \\ Z_{10} \end{pmatrix}. \quad (1)$$

Визначаємо матрицю $T_X(\alpha)$ 2D повороту вектора r навколо осі X :

$$T_X(\alpha) := \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(\alpha) & \cos(90 + \alpha) \\ 0 & \cos(90 - \alpha) & \cos(\alpha) \end{pmatrix}. \quad (2)$$

Складаємо функцію ρ 2D повороту вектора r навколо осі X :

$$\rho_X(r, \alpha, \text{НоваДовжина}) := T_X(\alpha) \cdot \begin{pmatrix} r_X \\ r_Y \\ r_Z \end{pmatrix} \cdot \frac{\text{НоваДовжина}}{|r|}, \quad (3)$$

де *НоваДовжина* – довжина вектора r після повороту його на кут α ; відношення $\frac{\text{НоваДовжина}}{|r|}$ визначає масштабний коефіцієнт, на який потрібно помножити модуль

вектора r , щоб він змінився (збільшився чи зменшився) до значення *НоваДовжина*.

Вектори-ланки та вектори-точки механізму I класу I виду визначаємо з урахуванням функції повороту вектора (3).

Вектор функції положення кривошипа (вектор-ланка P_{1-2}):

$$P_{1-2}(\varphi_1) := \rho_X(e_Y, \varphi_1, L_{1-2}), \quad (4)$$

де e_Y – орт осі координат Y [1];

φ_1 – кут повороту ведучої ланки – кривошипа $I-2$; напрямок повороту кута φ_1 за годинниковою стрілкою задається у *MathCAD* змінною *Rotation*: = -1.

Згідно з виразом (4) визначаються координати точки P_2 у системі координат з початком у точці P_1 .

Вектор значень кута φ_1 задаємо у вигляді ранжируваної змінної:

$$\varphi_1 := \varphi_0, \varphi_0 + \Delta\varphi_1 \cdot \varphi_{max}, \quad (5)$$

де φ_0 – перше (початкове) значення кута φ_1 повороту кривошипа;

φ_{max} – кінцеве значення кута φ_1 ; $\varphi_{max} := \varphi_0 + \text{Rotation} \cdot n \cdot 360^\circ$, де n – кількість обертів кривошипа;

$\Delta\varphi_1$ – крок значень кута φ_1 ; $\Delta\varphi_1 := \frac{\varphi_{max} - \varphi_0}{N_{положень}}$, де $N_{положень}$ – кількість положень

досліджуваного механізму.

Функцію положення кінематичної пари «кривошип $I-2$ » та «шатун $2-3$ »

визначаємо як вектор-точку P_2 , тобто як суму вектора-точки P_1 та вектора-ланки кривошипа P_{1-2} :

$$P_2(\varphi_1) := P_1 + P_{1-2}(\varphi_1), \quad (6)$$

Вектор змінної довжини P_{4-2} визначаємо як різницю векторів-точок P_2 та P_4 :

$$P_{4-2}(\varphi_1) := P_2(\varphi_1) - P_4, \quad (7)$$

Визначаємо кут між векторами P_{4-2} та P_{4-3} , використовуючи функцію для визначення кута між векторами за теоремою косинусів [1]:

$$U_{2-4-3}(\varphi_1) := T \cos(\angle P_{4-2}(\varphi_1), L_{3-4}, L_{2-3}), \quad (8)$$

Визначаємо вектор-ланку P_{4-3} коромисла з використанням функції повороту вектора (3):

$$P_{4-3}(\varphi_1) := \rho_X(P_{4-2}(\varphi_1), -W_1 \cdot U_{2-4-3}(\varphi_1), L_{4-3}), \quad (9)$$

де W_1 – параметр, який вказує на варіант складання діади 2-3-4; $W_1 = -1$.

Функцію положення кінематичної пари «шатун 2-3» та «коромисло 3-4» визначаємо як вектор-точку P_3 , тобто як суму вектора-точки P_4 та вектора-ланки коромисла P_{4-3} :

$$P_3(\varphi_1) := P_4 + P_{4-3}(\varphi_1), \quad (10)$$

Вектор функцію положення шатуна (вектор-ланка P_{2-3}) визначаємо як різницю векторів-точок P_3 та P_2 :

$$P_{2-3}(\varphi_1) := P_3(\varphi_1) - P_2(\varphi_1), \quad (11)$$

Обчислюємо другу двоповідкову групу 2-5-6-7. Визначаємо вектор змінної довжини P_{6-2} як різницю векторів-точок P_2 та P_6 :

$$P_{6-2}(\varphi_1) := P_2(\varphi_1) - P_6, \quad (12)$$

Визначаємо кут між векторами P_{6-2} та P_{5-6} , використовуючи функцію для визначення кута між векторами за теоремою косинусів [1]:

$$U_{2-6-5}(\varphi_1) := T \cos(\angle P_{6-2}(\varphi_1), L_{5-6}, L_{2-5}), \quad (13)$$

Визначаємо вектор-ланку P_{6-5} коромисла другої двоповідкової групи 2-5-6-7 з використанням функції повороту вектора (3):

$$P_{6-5}(\varphi_1) := \rho_X(P_{6-2}(\varphi_1), -W_2 \cdot U_{2-6-5}(\varphi_1), L_{5-6}), \quad (14)$$

де W_2 – параметр складання другої двоповідкової групи; $W_2 = -1$.

Функцію положення кінематичної пари «шатун 2-5» та «коромисло 5-6» визначаємо як вектор-точку P_5 , тобто як суму вектора-точки P_6 та вектора-ланки коромисла P_{6-5} :

$$P_5(\varphi_1) := P_6 + P_{6-5}(\varphi_1), \quad (15)$$

Вектор функцію положення шатуна (вектор-ланка P_{2-5}) визначаємо як різницю векторів-точок P_5 та P_2 :

$$P_{2-5}(\varphi_1) := P_5(\varphi_1) - P_2(\varphi_1), \quad (16)$$

Визначаємо вектор P_{6-7} другого плеча коромисла, використовуючи функцію повороту вектора (3):

$$P_{6-7}(\varphi_1) := \rho_X(P_{6-5}(\varphi_1), U_{5-6-7}, L_{6-7}), \quad (17)$$

Координати точки P_7 визначаємо як суму вектора-точки P_6 та вектора другого плеча коромисла P_{6-7} :

$$P_7(\varphi_1) := P_6 + P_{6-7}(\varphi_1), \quad (18)$$

Переходимо до обчислення третьої двоповідкової групи 3-8-7. Визначаємо вектор змінної довжини P_{7-3} як різницю векторів-точок P_3 та P_7 :

$$P_{7-3}(\varphi_1) := P_3(\varphi_1) - P_7(\varphi_1), \quad (19)$$

Визначаємо кут між векторами P_{7-3} та P_{7-8} , використовуючи функцію для визначення кута між векторами за теоремою косинусів [1]:

$$U_{3-7-8}(\varphi_1) := T \cos(\angle P_{7-3}(\varphi_1), L_{7-8}, L_{3-8}), \quad (20)$$

Визначаємо вектор-ланку P_{7-8} шатуна згідно з функцією повороту вектора (3):

$$P_{7-8}(\varphi_1) := \rho_X(P_{7-3}(\varphi_1), -W_3 \cdot U_{3-7-8}(\varphi_1), L_{7-8}), \quad (21)$$

де W_3 – параметр складання третьої двоповідкової групи; $W_3 = 1$.

Функцію положення кінематичної пари P_8 визначаємо як суму вектора-точки P_7 та вектора-ланки шатуна P_{7-8} :

$$P_8(\varphi_1) := P_7(\varphi_1) + P_{7-8}(\varphi_1), \quad (22)$$

Обчислюємо четверту двоповідкову групу 8-9-10-11. Визначаємо вектор змінної довжини P_{10-8} як різницю векторів-точок P_8 та P_{10} :

$$P_{10-8}(\varphi_1) := P_8(\varphi_1) - P_{10}, \quad (23)$$

Визначаємо кут між векторами P_{10-8} та P_{9-10} , використовуючи функцію для визначення кута між векторами за теоремою косинусів [1]:

$$U_{8-10-9}(\varphi_1) := T \cos(\angle P_{10-8}(\varphi_1), L_{9-10}, L_{8-9}), \quad (24)$$

Визначаємо вектор-ланку P_{10-9} коромисла згідно з функцією (3):

$$P_{10-9}(\varphi_1) := \rho_X(P_{10-8}(\varphi_1), -W_4 \cdot U_{8-10-9}(\varphi_1), L_{9-10}), \quad (25)$$

де W_4 – параметр складання четвертої двоповідкової групи; $W_4 = 1$.

Функцію положення кінематичної пари P_9 визначаємо як суму вектора-точки P_{10}

та вектора-ланки коромисла P_{10-9} :

$$P_9(\varphi_1) := P_{10} + P_{10-9}(\varphi_1), \quad (26)$$

Визначаємо вектор другого плеча коромисла P_{9-11} – тримача голечниці:

$$P_{9-11}(\varphi_1) := \rho_X(-P_{10-9}(\varphi_1), U_{10-9-11}, L_{9-11}), \quad (27)$$

Визначаємо функцію положення робочої точки P_{11} крючкової голки:

$$P_{11}(\varphi_1) := P_9(\varphi_1) + P_{9-11}(\varphi_1), \quad (28)$$

Визначаємо вектор коромисла P_{10-11} , який характеризує положення робочої точки P_{11} крючкової голки відносно осі коливання тримача голечниці (точка P_{10}):

$$P_{10-11}(\varphi_1) := P_{11}(\varphi_1) - P_{10}, \quad (29)$$

Як зазначається в роботі [1] перехід від коливального руху важеля (у нашому випадку коромисла $10-11$) до робочої точки виконується за залежністю $S = R \cdot \psi$, де R – відстань до робочої точки до осі коливання; ψ – кут повороту важеля.

Тому визначимо кут коливання коромисла $10-11$, використовуючи вбудовану в *MathCAD* функцію $atan2(x,y)$:

$$\psi_{10-11}(\varphi_1) := atan2(P_{10-11}(\varphi_1)_Y, P_{10-11}(\varphi_1)_Z) \cdot deg^{-1}, \quad (30)$$

Переміщення робочої точки визначиться з наступного виразу:

$$S_{11}(\varphi_1) := |P_{10-11}(\varphi_1)| \cdot \psi_{10-11}(\varphi_1) \cdot deg, \quad (31)$$

Далі визначимо початковий кут ексцентрика φ_0 , при якому робоча точка крючкової голки займає крайнє нижнє положення. Спочатку присвоїмо змінній P_{11-min} значення вектора робочої точки крючкової голки по осі Z :

$$P_{11-min}(\varphi_1) := P_{11}(\varphi_1)_Z, \quad (32)$$

Потім задаємося, як це вимагає *MathCAD*, значенням кута, наприклад, $\varphi_{1min} := 155^\circ$, в околиці якого *MathCAD* буде здійснювати пошук значення потрібного нам кута φ_{P11min} . Використовуючи вбудовану в *MathCAD* функцію максимізації «*Minimize*» [3], записуємо вираз для визначення кута φ_{P11min} :

$$\varphi_{P11min} := Minimize(P_{11min}, \varphi_{1min}), \quad (33)$$

Отримане за виразом (33) значення і буде початковим кутом ексцентрика φ_0 . Згідно з розрахунком $\varphi_0 = 156^\circ 17'$. Параметри механізму, за якими проводилися дослідження: $P_{1Y} = 0$ мм; $P_{1Z} = 0$ мм; $P_{4Y} = -4,20$ мм; $P_{4Z} = 110,2$ мм; $P_{6Y} = 58,5$ мм; $P_{6Z} = 96$ мм; $P_{10Y} = 67$ мм; $P_{10Z} = 346,8$ мм; $L_{1-2} = 19$ мм; $L_{2-3} = 105$ мм; $L_{3-4} = 31$ мм; $L_{2-5} = 95$ мм; $L_{3-8} = 61$ мм; $L_{5-6} = 104,5$ мм; $L_{5-7} = 90$ мм; $L_{6-7} = 24$ мм; $L_{7-8} = 12,5$ мм; $L_{8-9} = 245$ мм; $L_{9-10} = 85$ мм; $L_{9-11} = 90$ мм; $U_{5-6-7} = 47,384^\circ$; $U_{10-9-11} = 79^\circ$.

Згідно з виразом (31) побудований графік функції положення робочої точки крючкової голки (див. рис. 3); згідно з функцією положення робочої точки вушкової голки, отриманою у статті [2], побудований її графік (рис. 3).

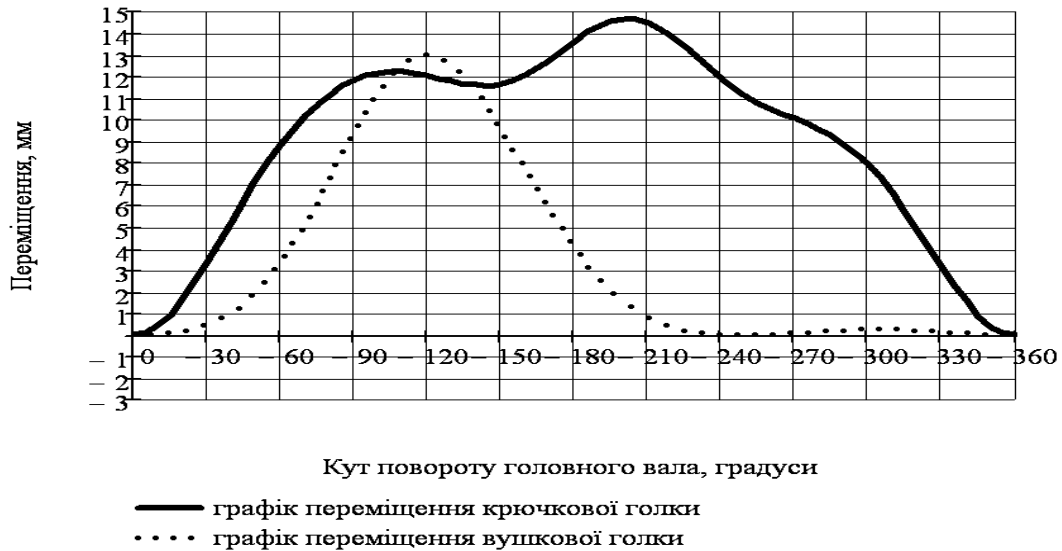


Рис. 3. Суміщені графіки переміщення крючкової голки та язичкової голки машини ОВ-7

Згідно з графіком функції положення робочої точки крючкової голки перша зупинка відбувається приблизно на 90° кута повороту ведучої ланки, а закінчується на 150° ; фазовий кут першої зупинки становить біля 60° . Другу зупинку крючкової голки для виконання етапу пресування можна вважати умовною, оскільки, як видно з графіку, відбувається лише сповільнення її руху, яке спостерігається з 255° до 285° повороту головного вала, що становить біля 30° фазового кута другої зупинки.

Висновки

Отримані математичні вирази дозволяють виконати моделювання кінематичної схеми 10-ланкового шарнірно-важільного механізму крючкових голок із двома зупинками за цикл утворення одного петельного ряду трикотажу та дослідити взаємне переміщення робочих органів петлетворення основов'язальної машини із застосуванням прикладної комп'ютерної програми, створеної в середовищі математичного процесора *MathCAD*. Визначене початкове значення кута повороту кривошипа, що відповідає крайньому нижньому розміщенню робочої точки крючкової голки. Результати розрахунку можуть бути використані при кінематичному дослідженні механізму. Результати розрахунку впроваджені в курсове проектування з навчальної дисципліни «Проектування машин легкої промисловості» кафедри машин

легкої промисловості Київського національного університету технологій та дизайну.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гарбарук В.Н. Проектирование трикотажных машин: [ученик для студентов вузов, обучающихся по специальности «Машины и аппараты текстильной промышленности»] / В.Н. Гарбарук – М.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние 1980. – 472 с.
2. Орловський Б.В. Схемотехнічне моделювання кінематичних схем механізмів з двома ступенями вільності основов'язальних машин / Б.В. Орловський, В.М. Дворжак // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. – 2010. – № 1. – С. 33-42.
3. Орловський Б.В. Кінематичний аналіз восьмиланкового механізму прокачки вушкових голок основов'язальної машини / Б.В. Орловський, В.М. Дворжак // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. – 2007. – № 1. – С. 17-25.
4. Макаров Е.Г. Инженерные расчеты в MathCAD. Учебный курс. / Е.Г. Макаров – СПб.: Питер, 2005. – 448 с. – ISBN 5-94723-530-7.

Т.А. Майданюк, Б.В. Орловский, В.Н. Дворжак

Схемотехническое моделирование механизма игл основовязальной машины

В статье рассматривается схемотехническое моделирование десятизвенного шарнирно-рычажного механизма крючковых игл основовязальной машины OB-7, включающего механизм I класса I вида и четыре присоединённые двухповодковые группы Ассура II класса I вида и реализующего закон движения крючковых игл с двумя выстоями за цикл вязания одного петельного ряда трикотажа, с применением программы, созданной в среде математического процессора MathCAD.

Ключевые слова: *крючковая игла, шарнирно-рычажный механизм, основовязальная машина, закон движения с выстоем.*

Т.А. Maydanyuk, B.V. Orlovsky, V.M. Dvorzhak

Circuit simulation mechanism warp machine needles

The article deals with circuit simulation ten links hinged-lever mechanism Hookneedle-warp machine OB-7, which includes the mechanism of the I st class types and four affiliated groups dvuhpovodkovye Assura class II type I and implements the law of motion of a hook needle with two dwells for a series of knitting a knitted fabric hingeseries, using a program created in the environment of the mathematical processor.

Keywords: *Hook needle lever mechanism warp machine, we'll hold to the law of motion.*