

УДК 621.01
А.М.Кіт, В.Р.Пасіка
УАД, м.Львів

СИНТЕЗ КОМБІНОВАНИХ КРИВОШИПНО-ПОВЗУННИХ МЕХАНІЗМІВ ЗА ДОПОМОГОЮ КРИВИХ БЕЗ'Є 5-ГО ПОРЯДКУ

В статті запропоновано використовувати криві Без'є 5-го порядку для синтезу механізмів приводу триножових різальних машин.

Триножові різальні машини завжди входять у автоматичні потокові лінії по випуску книг і є певним "гальмом" при збільшенні продуктивності усієї лінії. Тому модернізація механізму приводу ножів триножових різальних машин з метою збільшення швидкості процесу різання є актуальною проблемою, розв'язання якої дозволить підвищити продуктивність автоматичних ліній до 80-100 книг/хв [6].

На сьогодні відомо кілька найбільш уживаніших механізмів триножових різальних машин:

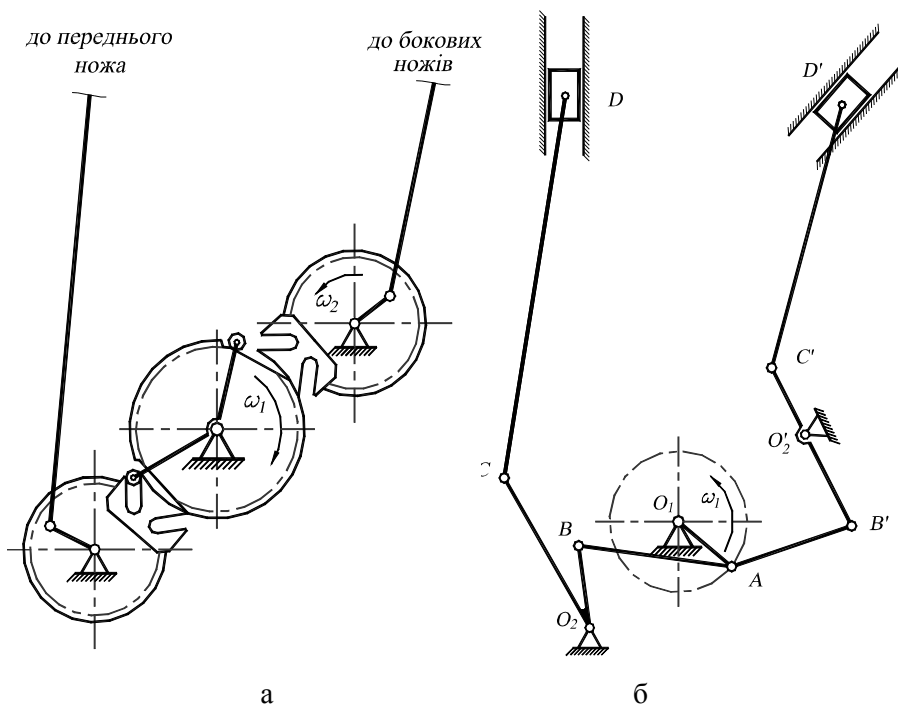


Рис.1. Структурні схеми механізмів приводу ножів триножових різальних машин а – БРТ_300, б – SDY-1

РТ-300, SDY-1, SDYEZ-1 і HD150B. У цих машинах фази різання переднього і бокових ножів завжди зміщені. Для підвищення швидкості роботи машини таке зміщення намагаються зробити якомога меншим. Особливістю руху ножів є те, що більшу частину технологічного циклу роботи машини ножі знаходяться у вихідному (дальньому) положенні, а період обрізування становить невелику частину циклу. Щоб забезпечити необхідні співвідношення між робочою і не робочою частинами кінематичного циклу обрізування, використовують механізми з неповнозубими колесами (рис.1. а), або багатоланкові механізми (рис.1. б).

Незважаючи на широке застосування механізмів з неповнозубими колесами, вони володіють низкою недоліків [6]:

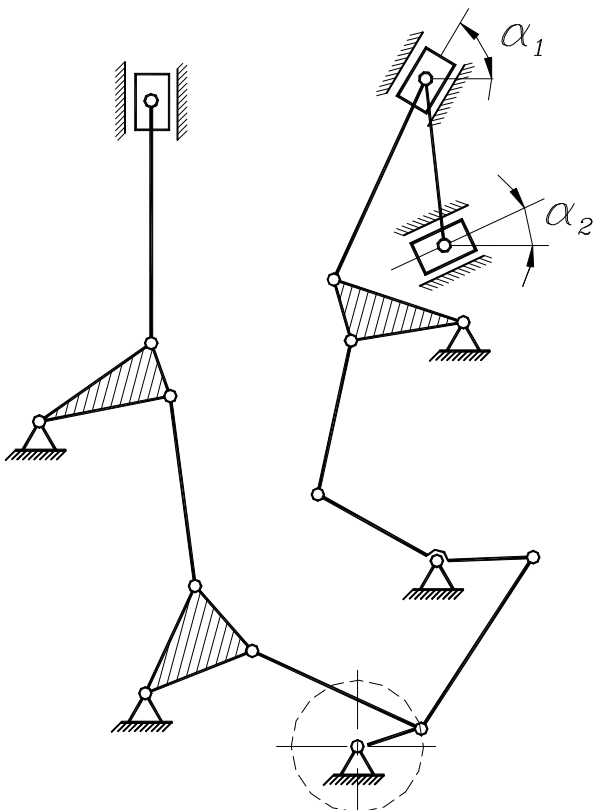


Рис. 2 Механізм привода переднього і бокових ножів триножової різальної машини SDYEZ-1

нерівномірності споживання потужності. До недоліків таких механізмів слід також віднести велику металомісткість конструкції, низький к.к.д. і невисоку ремонтпридатність через значну кількість кінематичних пар, наявність суттєвих інерційних навантажень, що виникають при реверсивному русі ланок.

Запроповано провести удосконалення приводу ножів триножової різальної машини за допомогою комбінованих кривошипно-повзунних механізмів з так званим «кулісним» кривошипом. Цей кривошипно-повзунний механізм повинен забезпечити вистій повзуна. Оскільки такий механізм буде мати дві степені вільності, то ми отримуємо додаткові можливості впливу на закон руху повзуна.

Існує дві траєкторії руху кривошипа (рис.3) . На траєкторії 0-1 відбувається робочий хід повзуна, а на траєкторії 2-3 його вистій. При русі по траєкторії 0-1 довжина кривошипа залишається сталою r . Залежність зміни довжини кривошипа від кута f на траєкторії 2-3 можна визначити з даних величин. Кривина траєкторії 2-3 рівна довжині шатуна R .

$$\begin{cases} r \cdot \cos(j) + R \cdot \cos(y) = X_{ps} \\ r \cdot \sin(j) + R \cdot \cos(y) = 0 \end{cases} \quad (1)$$

$$r(j) = X_{ps} \cdot \cos(f) + \frac{\sqrt{4 \cdot X_{ps}^2 \cdot \cos^2(j) - 4 \cdot (X_{ps}^2 - R^2)}}{2} \quad (2)$$

наявність вищих кінематичних пар призводить до пришвидшеного зношування місць вмикання та вимикання, що викликає появу зазорів і співударянь;

значна складність виготовлення та ремонту механізмів;

негативний динамічний стан механізму.

У машині SDY-1 (рис. 1.10,б) фірми "Perfecta" чотириланковики O_1ABO_2 і $O_1AB'O_2$ синтезовано таким чином, що робочі ходи механізмів ножів займають більшу частину кінематичного циклу машини. Усі інші механізми вимушені спрацьовувати за невеликий час, що залишився і це суттєво обмежує можливість збільшення швидкості роботи машини.

Удосконалена машина SDYEZ-1 (рис.2.) має підвищену швидкість роботи. У ній встановлено 16-ланковий просторовий механізм привода ножів. Обрізування боковими і передніми ножами відбувається послідовно через чверть оберту головного вала. Тривалість обрізування блоків у середині циклу значно скорочена, що призводить до появи значних імпульсів від сил різання і, як наслідок, до різкого зростання крутних моментів у приводі і

Потрбінний час вистою можна забезпечити з залежностей t - кут траекторії протягом якої відбувається вистій, w - кутова швидкість кривошипа, t – час вистою,

$$t = w * t \quad (3).$$

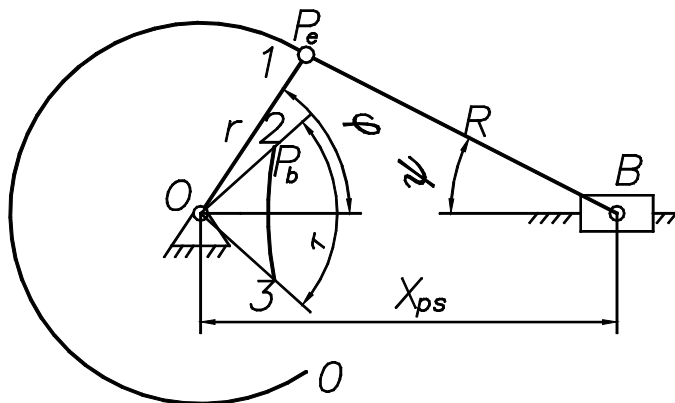


Рис. 3 Схематичне зображення несинтезованого механізму

Оскільки знаки кривини траекторій 0-1 і 2-3 різні то існує складність в забезпеченні спряжень між траекторіями в 0-1 і 2-3. Досі синтез таких спряжень вели за допомогою інтерполяційних поліномів [4], поліномів Чебишева [1] і т.д. Запропоновано провести синтез за допомогою кривих Без'є. До цього був проведений синтез кубічними кривими Без'є,але нажалі недоліком стала нестача управляючих точок для

забезпечення потрібної гладкості, кутів тиску, забезпечення відсутності інерційних ударів.

Криві Без'є були запроваджені П'єром Без'є, з автомобілебудівної компанії «Рено» у 1962 році. Хоча ще до 1960-х вони використовувались Полем де Кастельє з компанії «Сітроен» ,але його дослідження приховувались як комерційна таємниця.

Криві Без'є - один з найголовніших інструментів систем автоматизованого проектування і програм комп'ютерної графіки. Параметричне рівняння кривої має вигляд:

$$B(t) = \sum_{i=0}^n b_{i,n}(t)P_i, t \in [0,1] \quad (4)$$

де P_i – опорні вершини, $b_{i,n}(t)$ – поліном Бернштейна, який є базисною функцією кривої[2].

Для синтезу була використана крива Без'є п'ятого порядку (рис.4.).

$B(t) = P_0t^5 + 5t^4(1-t)P_2 + 10t^3(1-t)^2P_3 + 10t^2(1-t)^3P_4 + 5t(1-t)^4P_5 + (1-t)^5P_1$ (3.1) – параметричне рівняння кривої Без'є п'ятого порядку. P_2, P_3, P_4, P_5 , - управляючі точки (крива через них не проходить, вони потрібні для задання руху кривої) P_0, P_1 – опорні точки[3].

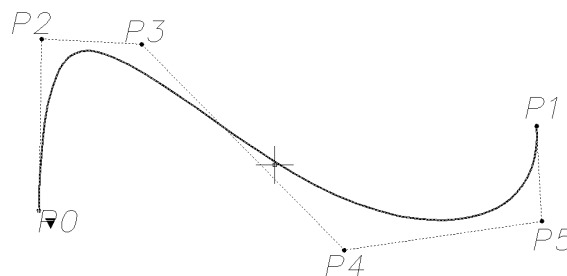


Рис.4. Крива Без'є 5 порядку

Однією із важливих властивостей кривої Без'є є те що, вона неперервно заповнює сегмент між початковою і кінцевою точками. Це є величезною перевагою над інтерполяційними чи будь-яких іншими поліномами в яких при значних віддальх важко оцінити поведінку кривої.

Синтез кривої Без'є проводився в системі Matlab компанії Mathworks. Саме цей пакет програм допоміг якісно провести синтез, аналіз та побудувати якісні і точні графіки.

При синтезі кривої для КПМ введемо такі понятті (рис.3). R – радіус траєкторії 2-3(довжина шатуна), r – довжина кривошипа при робочому ході(0-1), j - кут нахилу кривошипа до горизонтальної осі, k_1, k_2, k_3 коефіцієнти при управляючих точках, введені для легкості маніпуляцій кривою. Точка 1 – початок кривої, а точка 2 кінець кривої. Для зручності позначимо точки 1 і 2 відповідно P_e і P_b , тоді управляючі точки P_2, P_3, P_4, P_5 , - $P_{e1}, P_{e2}, P_{b2}, P_{b1}$, t – кут(час) протягом якого будується наша крива $t = \frac{P}{2} - j \dots p - y$ введемо параметр $U \in [0,1]$ тоді

$$U = \frac{t + j - \frac{P}{2}}{\frac{P}{2} - y + j} \quad (5)$$

Тепер рівняння кривої (3.1) буде виглядати наступним чином:

$$B(t) = P_e U^5 + 5U^4(1-U)P_{e1} + 10U^3(1-U)^2 P_{e2} + 10U^2(1-U)^3 P_{b2} + 5U(1-U)^4 P_{b1} + (1-U)^5 P_b \quad (6)$$

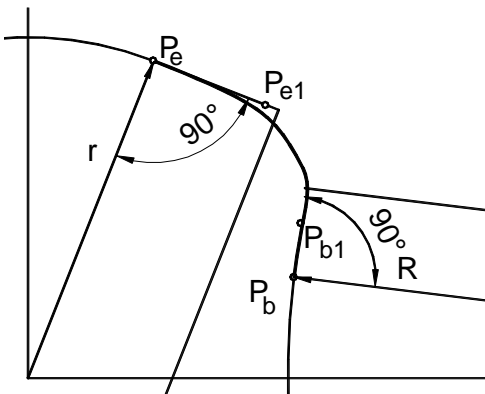


Рис.5а Синтез кривої Без'є

Для забезпечення відсутності інерційних ударів в точках P_e і P_b , потрібно розмістити управляючі точки P_{e1} і P_{b1} на перпендикулярах до радіус-векторів в цих точках.(рис.5а)

Із обчислень радіусів кривини в точках P_e і P_b виведено, що таке розміщення управляючих точок P_{e1} і P_{b2} забезпечує співпадіння радіусів кривини в точках P_e і P_b до другої похідної і відсутність будь-яких інерційних ударів. Параметрично записую координати x і y у точок P_e, P_b :

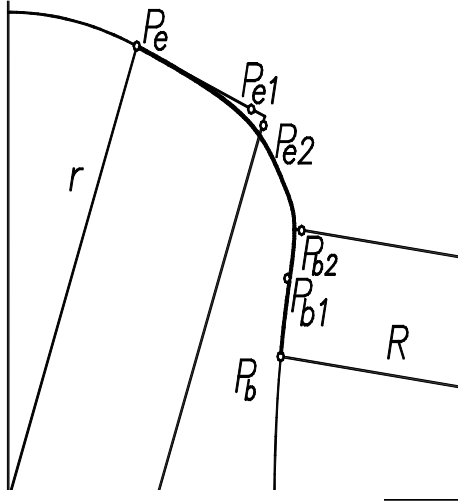
Луцьк, 2011. Випуск №6

$$X_{Pe} = r \cos(\beta); (7)$$

$$Y_{Pe} = r \sin(\beta); (8)$$

$$X_{Pb} = X_{ps} - R \cos(\gamma); (9)$$

$$Y_{Pb} = R \sin(\gamma); (10)$$



Точок Pe1, Pb1 відповідно:

$$X_{Pe1} = X_{Pe} + k1 * Y_{Pe}; (11)$$

$$Y_{Pe1} = Y_{Pe} - k1 * X_{Pe}; (12)$$

$$X_{Pb1} = X_{Pb} + k1 * R * \sin(\gamma); (13)$$

$$Y_{Pb1} = Y_{Pb} + k2 * R * \cos(\gamma); (14)$$

Розміщуємо точки Pe2 і Pb2 на лініях, паралельних радіус-векторам \vec{r} і \vec{R} (рис.5б).

Параметрично запишемо розміщення точок Pe2 і Pb2:

$$X_{Pe2} = X_{Pe} + k1 * Y_{Pe} - k3 * X_{Pe}; (15)$$

$$Y_{Pe2} = Y_{Pe} - k1 * X_{Pe} - k3 * Y_{Pe}; (16)$$

$$X_{Pb2} = X_{Pb} + 2 * k2 * R * \sin(\gamma) + k3 * R * \cos(\gamma); (17)$$

$$Y_{Pb2} = Y_{Pb} + 2 * k2 * R * \cos(\gamma) - k3 * R * \sin(\gamma); (18)$$

Рис.5б Синтез кривої Без'є

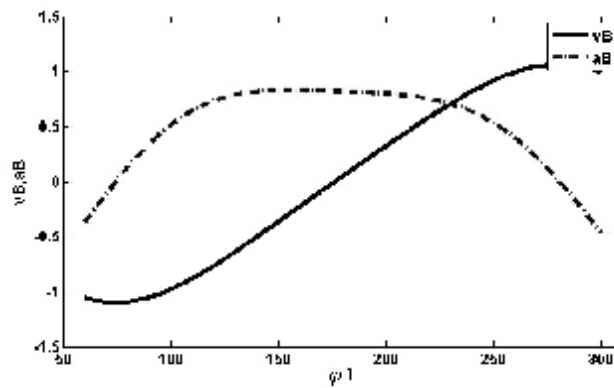


Рис.6. Залежність швидкості та пришвидшення повзуна В від кута нахилу кривошипа β при рівномірному русі по траєкторії 0-1

Обчислення велось за допомогою формул (19), (20) для групи Ассур 2 класу 2 виду[5]. Обрахунок запрограмовано в програмному пакеті Matlab. На рис. 6 подано графіки швидкості та пришвидшення повзуна при русі кривошипа по траєкторії 0-1(без зміни довжини) та на рис.7. - графік швидкості та пришвидшення повзуна при русі кривошипа по траєкторії 2-3. При обчисленні швидкості та пришвидшення повзуна на ділянках із змінною довжиною кривошипа, в формули (19), (20) ця довжина підставлялась як масив.

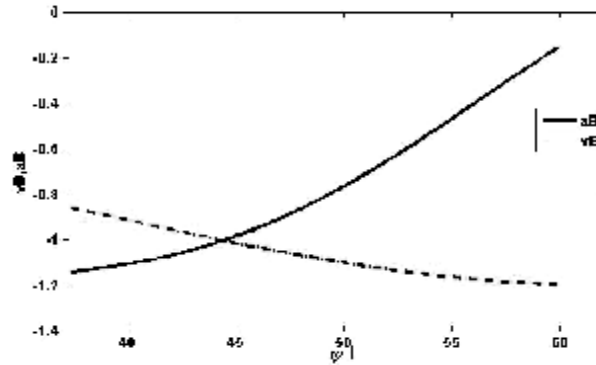


Рис.7. Залежність швидкості та пришвидшення повзуна В від кута нахилу кривошипа φ при русі по траєкторії 2-3

$$V_b = \frac{\cos(j_2 - g_A) * V_A}{\cos(j_2 - x)}; (19)$$

$$a_B = \frac{(a_A * \cos(y_A - x) + w_2^2 * L_2)}{\cos(j_2 - x)}; (20)$$

На основі проведеної роботи зроблено висновок, що крива Без'є має перевагу над інтерполяційними і поліномами Чебишева, а криві 5 порядку з 4 управляючими точками можуть забезпечити всі необхідні параметри синтезованого механізму. В подальшому буде вестись робота в напрямку оптимізації кривої для отримання малих кутів тиску і забезпечення потрібних параметрів для механізму приводу ножів.

1. Кіницький Я.Т. / Теорія механізмів та машин. – Київ : Наукова думка, 2002. – 670 с.
2. Роджерс Д. Математичні основи машинної графіки: книга / Д. Роджерс, Дж. Адамс. - М.: Мир, 2001. – 604, с.
3. В Spline curves and Beizer curves: [Електронний ресурс] /Константин Бурлаченко// режим доступу до статті: <http://www.gamedev.ru/code/articles/bsplines/>
4. Полюдов О. М. Механіка поліграфічних і пакувальних машин навчальний посібник [для студ. вищ. навч. закл.] / О. М. Полюдов. – Львів: УАД, 2005. – 177 с.
5. Пасіка в.Р. Кінематика важільних механізмів з групами Ассура I і II видів /В.Р. Пасіка // Наукові записки УАД. –2001. Вип. 3. –С. 36-40.
6. Хведчин Ю.Й. Брошуровально-палітурне устаткування: Ч.2: Палітурне устаткування: підручник [для студ. вищ. навч. закл.] / Ю.Й. Хведчин. – Львів: УАД, 2001.– 392 с.