

УДК.621.77.06

Обдул В. Д.
Широкобоков В. В.
Обдул Д. В.

ВИКОРИСТАННЯ ПЛАНЕТАРНО-ЗУБЧАТИХ МЕХАНІЗМІВ В МЕХАНІЧНИХ ПРЕСАХ

Планетарні та диференційні зубчасті механізми знаходять все ширше застосування на практиці не тільки як механізми, що передають рух від двигуна до машини, а й як виконавчі механізми з використанням руху сателітів або безпосередньо, або в з'єднанні з шарнірним механізмом [1, 2].

Кінематика таких механізмів залежить від передавального відношення зубчастих коліс та довжини ланок, що дозволяє отримати рух повзуна на дільниці робочого ходу (преси для вирубання, горизонтально-кувальні машини, преси для гарячого штампування, тощо) з мінімальним значенням тривалості контакту інструмента та заготовки, або уповільнений хід для забезпечення оптимальних умов протікання технологічного процесу (преси для глибокого витягування або для видавлювання).

Так, наприклад, у випадку використання планетарного зубчатого механізму з внутрішнім зачепленням з параметрами $i_{21}^H = 2$ і $\lambda = \frac{p}{r_2} = 1$ [3, 4, 5] де:

i_{21}^H – передавальне відношення у відносному русі від сателіта до центрального колеса;
 p – радіус вектор довільної точки B у відносному русі;
 r_2 – радіус сателіта.

Траєкторія довільної точки B буде прямою лінією, що дає можливість мати привод повзуна преса з величиною хода $H_n = 4 \cdot r_2$ (в традиційних конструкціях $H_n = 2 \cdot r_2$), що показано на рис. 1.

Мета даної статті – довести, що в залежності від розміщення отриманої фігури відносно координат будемо мати різні траєкторії руху довільної точки сателіта, які можна використовувати в роботі ковальсько-штампувального обладнання.

Коли значення параметрів дорівнюють $i_{21}^H = 3$ і $\lambda = \frac{p}{r_2} = 0,5$ маємо траєкторію зображену на рис. 2.

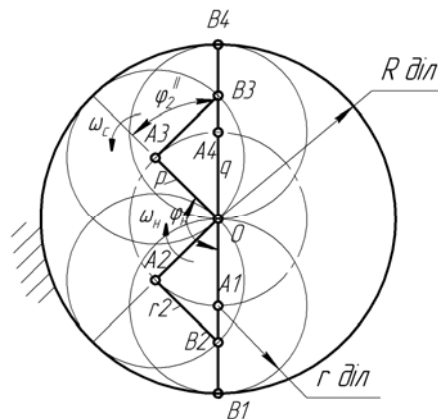


Рис. 1. Траєкторії руху довільної точки при значенні параметрів, які дорівнюють $i_{21}^H = 2$ і $\lambda = \frac{p}{r_2} = 1$ [4, 6]

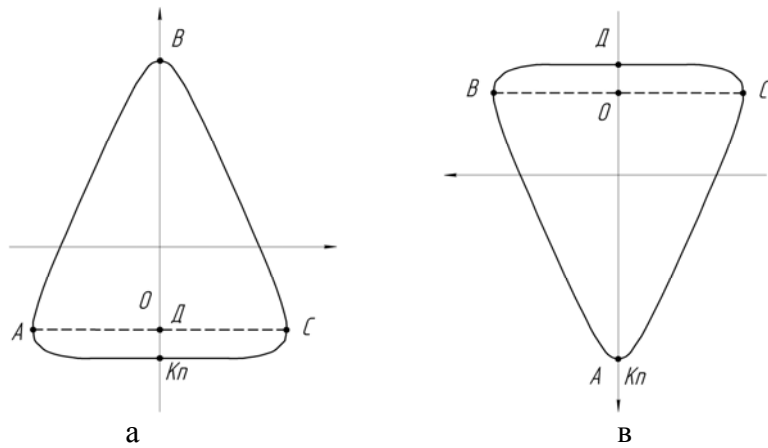


Рис. 2. Траекторії руху довільної точки при значенні параметрів, які дорівнюють $i_{21}^H = 3$ і $\lambda = \frac{P}{r_2} = 0.5$

У випадку «а» (див. рис. 2) довільна точка від *B* до *A* і від *C* до *B* рухається прискорено, а на ділянці від *A* до *C* – уповільнено. Кут повороту водила складає 120° на кожній з ділянок. В точці *Kn* – маємо хід повзуна преса $H_n = B Kn$. При цьому *BD* – ділянка прискореного руху, *DKn* – уповільненого руху (робочого).

У випадку «б» точка *D* розміщується над початком координат, а точка *Kn* співпадає з точкою *A*. *DA = DKn = KnD* – ділянка прискореного руху повзуна, який з точки *Kn* починає миттєво рухатись вгору. Тривалість контакту інструмента з заготовкою буде мінімальна.

При значенні параметрів $i_{21}^H = 4$ і $\lambda = \frac{P}{r_2} = 0,5$, траекторія довільної точки при усталеній кутовій швидкості $\omega_n = const$ буде описувати практично квадрат (рис. 3), що дозволяє використовувати механізм з такими параметрами для транспортування заготовок з однієї позиції на іншу (багато позиційні преси, грейферні лінійки, тощо).

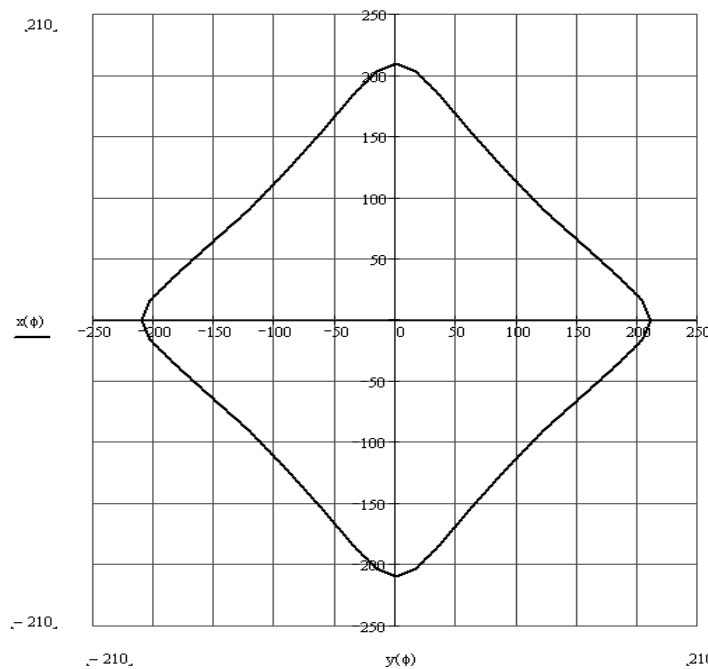


Рис. 3. Траекторії руху довільної точки при значенні параметрів, які дорівнюють $i_{21}^H = 4$ і $\lambda = \frac{P}{r_2} = 0,5$

У всіх трьох розглянутих випадках траєкторія довільної точки B описується наступними параметричними рівняннями [3, 4, 5]:

$$\left. \begin{aligned} x_B &= r_H \cdot \cos \varphi_H + P \cos(\varphi_2^H + \varphi_H); \\ y_B &= r_H \cdot \sin \varphi_H + P \sin(\varphi_2^H + \varphi_H), \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

де φ_2^H – кут повороту сателіта відносно водила;

r_H – радіус водила;

φ_H – кут повороту водила.

З урахуванням того, що кут повороту сателіта в абсолютному русі дорівнює:

$$\varphi_2 = \varphi_2^H + \varphi_H,$$

а для внутрішнього зачеплення:

$$r_H = r_1 - r_2; \quad i_{21}^H > 0,$$

де r_1 – радіус центрального колеса;

r_2 – радіус сателіта.

А $\varphi_2 = \varphi_H(1 - i_{21}^H)$ у відповідності з формулою Віліса для триланкового планетарного механізму, рівняння (1) приймуть вигляд:

$$\left. \begin{aligned} x_B &= r_2 (i_{21}^H - 1) \cdot \cos \varphi_H + \lambda r_2 \cos[(1 - i_{21}^H)\varphi_H]; \\ y_B &= r_2 (i_{21}^H - 1) \cdot \sin \varphi_H + \lambda r_2 \sin[(1 - i_{21}^H)\varphi_H], \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

В [2] приведено кінематичний аналіз механізму з параметрами $i_{21}^H = 2$ і $\lambda = \frac{P}{r_2} = 1$.

Розглянемо випадок коли ці параметри мають наступні значення:

$$i_{21}^H = 3 \text{ і } \lambda = \frac{P}{r_2} = 0,5.$$

Після підстановки цих значень в рівняння (2) параметри рівняння приймуть наступний вигляд:

$$\left. \begin{aligned} x_B &= 2r_2 \cdot \cos \varphi_H + 0,5r_2 \cos 2\varphi_H; \\ y_B &= 2r_2 \cdot \sin \varphi_H - 0,5r_2 \sin 2\varphi_H. \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Перші і другі похідні будуть наступними:

$$\left. \begin{aligned} \dot{x}_B &= -2r_2 \cdot \sin \varphi_H - r_2 \sin 2\varphi_H; \\ \dot{y}_B &= +2r_2 \cdot \cos \varphi_H - r_2 \cos 2\varphi_H. \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

$$\left. \begin{aligned} \ddot{x}_B &= -2r_2 \cdot \cos \varphi_H - 2r_2 \cos 2\varphi_H; \\ \ddot{y}_B &= -2r_2 \cdot \sin \varphi_H + 2r_2 \sin 2\varphi_H. \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

ВИСНОВКИ

Отримані залежності показують, що планетарно-зубчасті механізми можуть застосовуватися як виконавчі механізми з використанням руху сателітів, або безпосередньо, або в з'єднанні з шарнірним механізмом. Кінематика таких механізмів залежить від передавального відношення зубчастих коліс та довжини ланок, що дозволяє отримати рух вихідної ланки (повзуна) на дільниці робочого ходу зі зменшеною тривалістю контакту інструмента та заготівлі (преси для вирубування, гарячого штампування, горизонтально-кувальні машини, тощо), або уповільнений хід для забезпечення оптимальних умов протікання технологічного процесу (преси листоштампувальні для витягування, преси для видавлювання).

В першому випадку (див. рис. 1) будемо мати привод механічного преса, який забезпечує величину ходу повзуна рівну $4R$ [3, 4, 5, 6].

В другому випадку (див. рис. 2) в залежності від зміщення вихідної ланки відносно центрального колеса можна отримати приводи, які дають або короткочасний термін контакту з заготівкою, або уповільнений хід повзуна.

Третій випадок (див. рис. 3) забезпечує рух вихідної ланки по квадратній траєкторії при кутовій швидкості вхідної ланки і дає можливість переміщення заготівки з позиції на позицію без значних динамічних навантажень.

ЛІТЕРАТУРА

1. Свистунов В. Е. Результаты математического моделирования кривошипных прессов с компактными исполнительными механизмами / В. Е. Свистунов // Кузнечно-штамповочное производство. – 1986. – № 10. – С. 24–27.
2. Живов Л. И. Кузнечно-штамповочное оборудование : учебник для вузов / Л. И. Живов, А. Г. Овчинников, Е. Н. Складчиков. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2006. – 560 с.
3. Обдул В. Д. Використання диференціально-зубчатого механізму в приводі кривошипних пресів / В. Д. Обдул, Д. В. Обдул, В. В. Широкобоков // Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні: науковий журнал ЗНТУ. – Запоріжжя, 2006. – С. 104–106.
4. Обдул В. Д. Безшатунний головний виконавчий механізм кривошипного преса / В. Д. Обдул, Д. В. Обдул, В. В. Широкобоков // Удосконалення процесів і обладнання обробки тиском в металургії і машинобудуванні : тем. збірник. наук. пр. ДДМА. – Краматорськ, 2007. – С. 290–293.
5. Обдул В. Д. Кривошипно-шатунний механізм в якому відношення радіуса кривошипа до довжини шатуна дорівнює одиниці / В. Д. Обдул, Д. В. Обдул, В. В. Широкобоков // Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні : науковий журнал ЗНТУ. – Запоріжжя, 2007. – С. 140–142.
6. Пат. 24823 Україна, МПК В30В 1/26, В30В 15/00. Прес механічний / В. Д. Обдул, Д. В. Обдул, В. В. Широкобоков. – №и200703429; заявлено 29.03.2007; опубл. 10.07.2007, Бюл. № 10.

Обдул В. Д. – канд. техн. наук, доц. ЗНТУ;

Широкобоков В. В. – канд. техн. наук, доц. ЗНТУ;

Обдул Д. В. – інженер ЗНТУ.

ЗНТУ – Запорізький національний технічний університет, м. Запоріжжя.

E-mail: shirokobokov_vit@mail.ru