

# Синтез кулачково-зубчастого механізму із тривалою зупинкою вихідної ланки (під час виготовлення розгортки тари з картону)

І.І. Регей, д.т.н., В.О. Кузнецов, к.т.н., Українська академія друкарства, м. Львів

Сучасні аркушеві штанцювальні машини — це високопродуктивне, складне та багатофункціональне обладнання, у якому інтегровані автономні операційні технічні модулі. Зазвичай такі машини (рис. 1) укомплектовані пневматичним самонакладом *A*, пресом *B*, секцією виламування обрізків *B* та приймальним пристроєм *Г* [1]. Більш складні конструкції штанцювального обладнання передбачають використання секції роз'єднання розгортки, яка розташова-

площинах фіксуються клапанами 3 кареток 2 і транспортується із зупинками в технологічних секціях машини.

Для приводу ланцюгових транспортерів використовується цикловий кулачково-зубчастий механізм (рис. 2), який забезпечує періодичний рух із тривалою зупинкою вихідної ланки без зміни структури. Механізм складається з водила 1, що обертається навколо осі  $O_1$  з постійною кутовою швидкістю  $\omega_1$ ; зубчастого колеса 2, вільно посадженого на цій самій

Розглянемо умови циклічного функціонування механізму. Під час обкочування роликами 5, 6 робочих профілів нерухомих кулачків 7, 8 зубчастого сектора 3 відсутнє ( $\omega_3 = 0$ ), а кутова швидкість зубчастого колеса 2 дорівнює кутовій швидкості водила 1 ( $\omega_2 = \omega_1$ ). Якщо  $\omega_3 \neq 0$  і не збігається з напрямком  $\omega_1$ , то кутова швидкість колеса 2 збільшується ( $\omega_2 = \omega_1 + \omega_3 \cdot i$ , тут  $i$  — передаточне число зубчастого

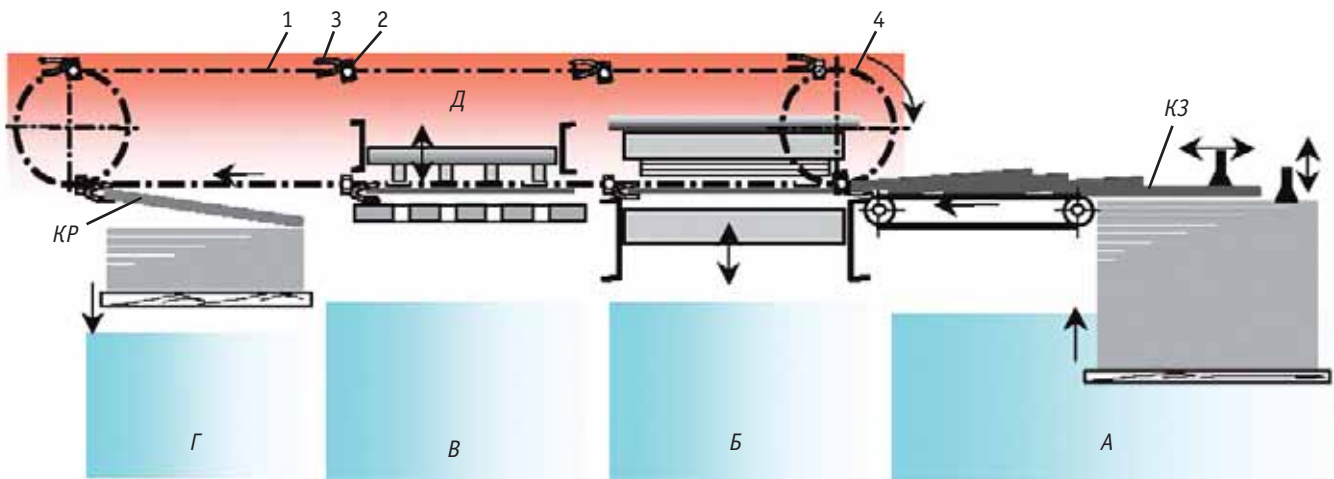


Рис. 1. Принципова схема аркушевого штанцювального автомата

на після секції виламування обрізків. Узгоджене функціонування окремих модулів забезпечується транспортувальним засобом *Д*, призначеним для покрокового переміщення картонних заготовок *КЗ* через технологічні секції від самонакладу *A* до приймального пристрою *Г* відштанцюваних картонних розгортки *КР*. Транспортувальний засіб складається із двох нескінченних ланцюгових транспортерів 1, які розташовані симетрично осі штанцювальної машини та з'єднані за допомогою кареток 2 із клапанами 3. Картонні заготовки *КЗ* після вирівнювання по базових

осі; зубчастого сектора 3, заблокованого із двоплечим коромислом 4, яке закріплене на осі  $O_2$  водила 1; роликів 5, 6 коромисла 4, що обкочують нерухомі кулачки 7, 8. Водило 1 приводить у рух зубчастий сектор 3 і з'єднане з ним коромисло 4 кулачкового механізму. Унаслідок контакту роликів 5, 6 із профілями нерухомих кулачків 7 і 8 через коромисло 4 зубчастий сектор 3 отримує відносно кутове переміщення навколо осі  $O_2$  із змінною кутовою швидкістю  $\omega_3$ . Залежно від її значення та напрямку кутова швидкість  $\omega_2$  зубчастого колеса 2 може змінюватися в широкому діапазоні.

зачеплення), а у випадку збігу — зменшується ( $\omega_2 = \omega_1 - \omega_3 \cdot i$ ). Крім того, якщо  $\omega_3$  збігається з напрямком  $\omega_1$  і  $\omega_3 = \omega_1 / i = \omega_{30}$  (тут  $\omega_{30}$  — кутова швидкість обкочування), то  $\omega_2 = \omega_1 - \omega_3 \cdot i$ , або  $\omega_2 = \omega_1 - (\omega_1 / i) \cdot i = 0$  (зубчасте колесо 2 нерухоме). Таким чином, виконання наведених умов забезпечує періодичну зупинку виконавчого зубчастого колеса 2 протягом заданої фази кінематичного циклу. При цьому як кулачкова, так і зубчаста складові механізму безперервно контактують, що забезпечує постійну структуру комбінованого механізму.

Параметри періодичного руху визначаються вихідними (згідно із циклограмою) умовами. Як приклад, протягом кута  $\varphi_1 = 180^\circ$  повороту водила 1 зубчасте колесо 2 приводиться в рух (рис. 3) і протягом наступного кута  $\varphi_{II}$  аналогічного значення — вистоює. Передаточне відношення  $i$  між зубчастим колесом 2 і сектором 3 визначається з урахуванням максимально можливого кута розмаху коромисла  $\varphi_4$  кулачкового механізму, який, згідно з рекомендаціями [2], не повинен перевищувати  $60\text{--}70^\circ$ . Указані кутові межі та прийняте значення робочого кута  $\varphi_{12} = 160^\circ$  повороту водила 1 уможливають прогнозування діапазону передаточного відношення  $i_{3,2max} = 2,66; i_{3,2min} = 2,28$ . Як приклад, для середнього значення  $i_{3,2} = 2,5$  кутовий розмах коромисла  $\varphi_4 = 160^\circ / i = 64^\circ$ , а його фазовий кут розбігу (вибігу) становить  $\varphi_{4p} = 10^\circ$  (рис. 4).

можна представити гілкою квадратичної параболі:

$$\varepsilon_3 = b - ax^2, \quad (1)$$

де  $a, b$  — постійні, а  $x$  — змінний (залежний від часу) параметри функції.

Послідовним інтегруванням виразу (1) за змінним параметром  $x$  визначаємо:

- кутову швидкість: 
$$\omega_3 = bx - (ax^3) / 3; \quad (2)$$
- кутове переміщення: 
$$\varphi_3 = (bx^2) / 2 - (ax^4) / 12. \quad (3)$$

Значення постійних параметрів  $a$  і  $b$  визначаємо із граничних умов при  $x = T$  (тут  $T$  — час розгону (заповільнення) сектора):

$$\begin{aligned} \varepsilon &= b - ax^2 = 0; \\ \omega &= bx - (ax^3) / 3. \end{aligned}$$

Оскільки зупинка зубчастого колеса протягом фазового кута  $\varphi_{12} = 160^\circ$  забезпечується рухом сектора з постійною швидкістю обкочування, ділянки гальмування (дві) і розгону (дві) слід виділяти тільки з фазового кута руху

сектора і зубчастого колеса наведені на рис. 5.

Як видно із графіка на рис. 5, б, протягом фазового кута  $170^\circ \geq \varphi_1 \geq 350^\circ$  повороту водила 1 кутова швидкість зубчастого колеса 2 синтезованого механізму на першому етапі зростає до максимального відносного значення  $\omega_{3i} = 2,0$ ; на другому — постійна; на третьому — зменшується до нуля; протягом фазового кута  $350^\circ \geq \varphi_{II} \geq 170^\circ$  повороту водила зубчасте колесо вистоює.

### Висновки

1. Сучасне обладнання для виготовлення розгортки картонної тари укомплектоване швидкодіючими транспортувальними механізмами для крокового переміщення аркушевого матеріалу по технологічних секціях з точним його позиціонуванням відносно інструментів. Використання як транспортувальних засобів кулачко-

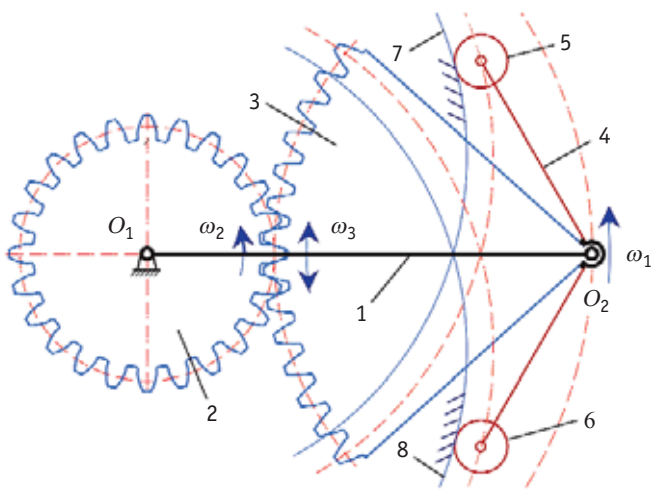


Рис. 2. Кінематична схема кулачково-зубчастого механізму

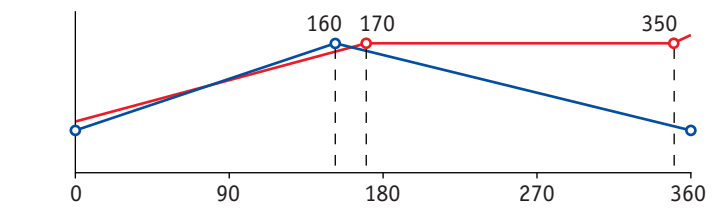


Рис. 3. Циклограма ланок кулачково-зубчастого механізму: зубчастого колеса (—); зубчастого сектора (—), градуси

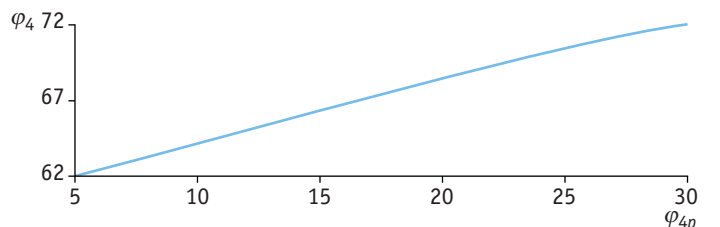


Рис. 4. Залежність кутового розмаху коромисла від кута його розбігу (вбігу), градуси

Реверсивний рух сектора 3 забезпечується застосуванням спеціальних ділянок гальмування і розгону протягом періодів зміни напрямку руху. Неперервність функцій кутового прискорення на границі сумісних ділянок гальмування і розгону сектора до заданої кутової швидкості забезпечується виконанням двох умов: вирівнюванням їхніх граничних абсолютних значень і наявністю сумісної дотичної. Остання умова реалізується використанням на сумісних ділянках закону періодичного руху гармонійного типу (прискорення на початку і в кінці ділянок  $\varepsilon_3 \neq 0$ ), який

$\varphi_{11} = 200^\circ$ . При цьому умова вирівнювання максимальних прискорень на границях ділянок виконується, якщо: на ділянці руху швидкість повороту сектора має постійну складову, яка дорівнює кутовій швидкості обкочування ( $\varphi_3 = \varphi_{3o}$ ); фазові кути гальмування і розгону — однакові.

На ділянках розбігу та вбігу сумарне кутове переміщення зубчастого колеса визначається як алгебраїчна сума окремих кутових переміщень від водила та сектора залежно від напрямків їхніх кутових швидкостей. Кінематичні характеристики руху

во-зубчастих механізмів характеризується рядом переваг, важливою серед яких є їхня постійна структура.

2. Кулачково-зубчасті механізми забезпечують однонаправлений періодичний рух виконавчої ланки із тривалою зупинкою для виконання технологічних операцій. Реалізація функціональних якостей кулачково-зубчастих механізмів у створюваному технологічному обладнанні ґрунтується на використанні досконалої інженерної методики їхнього проектування.

3. Розроблена методика призначена для синтезу кулачково-зубчастих

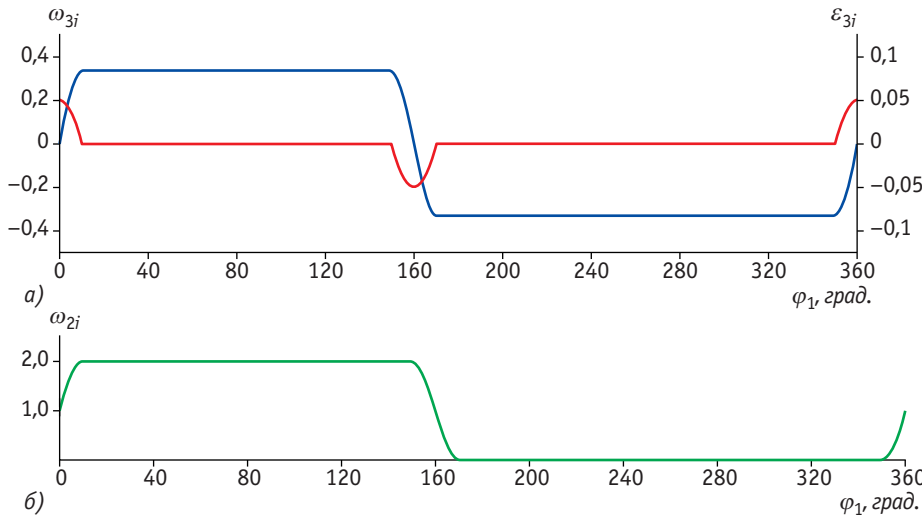


Рис. 5. Залежність кутової швидкості (—) та кутового прискорення (—) зубчастого сектора (а), кутової швидкості (—) зубчастого колеса (б) від кута повороту водила

механізмів з однонаправленим рухом і тривалою зупинкою вихідної ланки. Вона передбачає їхнє ефективне функціонування, зокрема плавний розгін та заповільнення зубчастого колеса протягом різних фазових кутів повороту водила.

### Література

1. Регей І.І. Енергоощадна технологія і засоби виготовлення розгортки картонного пакування: Моногр. — Львів: Вид-во УАД, 2009. — 176 с.
2. Тир К.В. Механика полиграфических автоматов. — М.: Книга, 1965. — 496 с.

### Синтез кулачково-зубчатого механізму с продолжительной остановкой выходного звена (при изготовлении разверток тары из картона)

И.И. Регей, д.т.н., В.О. Кузнецов, к.т.н.

В статье дана информация о комплектации современного станцевального оборудования операционными техническими модулями. Авторами сделан акцент на использовании циклического кулачково-зубчатого механизма для обеспечения периодического движения выходного звена с продолжительной остановкой. В работе рассмотрены условия циклического функционирования механизма, установлено, что реверсивное движение входного звена обеспечивается непрерывностью функции углового ускорения на рубеже совместных участков торможения и разгона. Также приведен конкретный пример синтеза кулачково-зубчатого механизма для заданных фазовых углов поворота выходного звена. **Ключевые слова:** станцевальное оборудование; кулачково-зубчатый механизм; выходное звено; фазовый угол.

### Synthesis of cam gear train with prolonged stop of end link (manufacture of cardboard packaging)

I.I. Reguey, Dr., V.O. Kuznetsov, Ph.D.

The information about modern die-cutting equipment comprising operational technical modules has been offered in this article. It was enhanced the necessity to use cycle cam gear train to ensure periodical movement of initial link with prolonged stop. Conditions of cam gear cycle functioning have been described. It was established that the reverse movement of initial link is ensured by the continuous function of angle acceleration on the border of braking and acceleration areas. An example of cam gear train synthesis for predefined phase angles of end link turn has been offered.

**Key words:** die-cutting equipment; cam gear train; end link; phase angle.

Промислові маркіратори  
**VIDEOJET**  
МАРКУЙТЕ КРАЩИМ!

Офіційний дистрибутор компанії Videojet в Україні:  
ТОВ "Альянс-КМ" м. Київ  
www.alyans-km.com.ua  
e-mail: alyans@faust.kiev.ua  
Тел.: (044) 258-0555  
(044) 527-8933  
Факс: (044) 527-8935

**Альянс-КМ**

**ТОВ "БКФ"**  
Виробництво транспортної  
упаковки із поліетилену

1. Чохли для палет, в тому числі з друком і термоусаджувальні
2. Мішки-вкладиші плівкові ГОСТ 19360-74 в ящики, мішки, біг-беги, морські контейнери (різних розмірів)
3. Мішки-вкладиші термостійкі (для фасування гарячих матеріалів до 120 °С)
4. Плівка ПЕ термоусаджувальна ГОСТ 25951-83 до 2500 мм
5. Плівка ПЕ ГОСТ 10354-82 рукав 100-3000 мм
6. Плівка ПЕ вторинна (для оббивання вагонів)
7. Ламінування паперу 40-100 г/м<sup>2</sup> та ПП тканини
8. Упаковка для торгівлі різних розмірів, в тому числі з надрукованим малюнком

(06453) 7-68-57E, 7-63-85F  
93009, Луганська обл., м. Рубіжне, вул. Б. Хмельницького, 77  
market@bkf.lg.ua  
Київ, (044) 245-12-46; Дніпропетровськ, (0562) 33-50-55