

УДК 621.87

С.В. Токарчук, аспірант

О.М. Гавва, доктор технічних наук

*Національний університет харчових технологій*

## **СИНТЕЗ ПЛОСКИХ МАЛЬТІЙСЬКИХ МЕХАНІЗМІВ З ВОДИЛОМ ЗМІННОЇ ДОВЖИНИ В ПРИВОДАХ ПАКУВАЛЬНИХ МАШИН**

*Аналіз плоских мальтійських механізмів, використовуваних у приводах пакувальних машин роторного типу, показав, що при входженні водила в паз мальтійського хреста виникає удар, який створює на валу мальтійського хреста миттєвий момент на початку обертального руху, що, в свою чергу, викликає великі динамічні навантаження. Усунути цей недолік можливо за рахунок використання мальтійського механізму з водилом змінної довжини.*

**Ключові слова:** *пакувальні машини, мальтійський механізм, привод, карусельний стіл.*

*Анализ плоских мальтийских механизмов, используемых в приводах упаковочных машин роторного типа, показал, что при вхождении водила в паз мальтийского креста возникает удар, который создает на вале мальтийского креста мгновенный момент в начале вращательного движения, что, в свою очередь, вызывает большие динамические нагрузки. Устранить этот недостаток возможно за счет использования мальтийского механизма с водилом сменной длины.*

**Ключевые слова:** *упаковочные машины, мальтийский механизм, привод, карусельный стол.*

Основні критерії якості нової машини або механізму закладаються на етапі їх проектування, під час вибору структурної (технологічної) схеми й кінематичних параметрів. Тому доцільно боротися з першопричинами

шкідливих явищ, ніж з їхніми наслідками. Рациональним добором структури і параметрів механізмів або машин можна не тільки підвищити їх надійність і довговічність, але й значно зменшити габаритні розміри і масу.

Складовим елементом у сучасних фасувальних машинах є система внутрішньомашинного переміщення споживчої тари. У машинах роторного типу для приведення в рух карусельного столу широко використовується мальтійський механізм з електроприводом.

Мальтійські механізми призначені перетворювати рух вхідної ланки (води́ла) на періодичний, однозначний, нерівномірний обертальний рух із зупинками вихідної ланки (мальтійського хреста). Мальтійські механізми бувають плоскі, сферичні і просторові з криволінійними пазами. Вони є нескладні за конструкцією, технологічні за виготовленням. Закон руху хреста визначений структурою механізму й не завжди задовольняє вимогам зменшення динамічних навантажень.

Також мальтійські механізми поділяються на механізми з внутрішнім і зовнішнім зачепленням (рис. 1, а і б).

Аналіз роботи мальтійського механізму показав, що при входженні

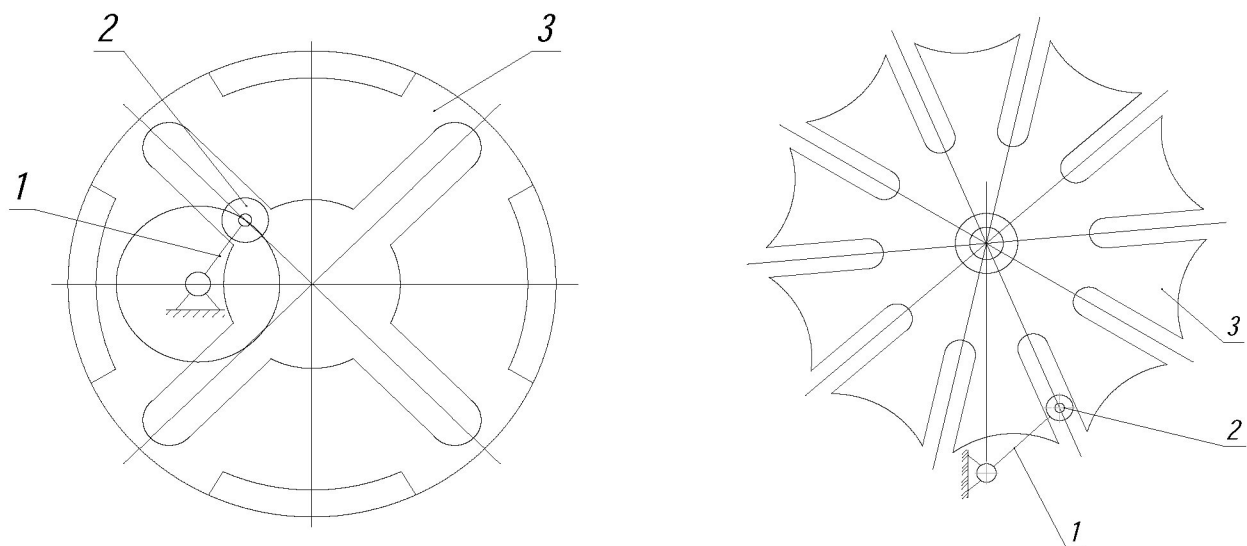


Рис.1 Мальтійський механізм: а) з внутрішнім зачепленням; б) з зовнішнім зачепленням: 1 – ведуча ланка (води́ла), 2 – ролик, 3 – ведена ланка (мальтійський хрест)

ролика (закріпленого на водилі) в паз мальтійського хреста виникає удар, який створює на валу мальтійського хреста миттєвий момент на початку обертового руху. Для оптимальної роботи мальтійського механізму та безударного входження ролика в паз хреста в початковий момент вісь паза має бути розміщена по дотичній до кола, описуваного центром ролика, а робоча ділянка паза куліси має починатися від точки дотику його осі з цим колом.

З метою розв'язання проблеми, пов'язаної з виникненням під час роботи значних ударних навантажень на складові мальтійського механізму, розглянемо приклад розрахунку характерних кінематичних і динамічних параметрів для десятипазового механізму з зовнішнім зачепленням та постійною довжиною водила (рис.1, б). На його основі визначимо величини основних кінематичних і динамічних характеристик механізму.

Кут повороту водила, що відповідає повороту хреста десятипазового мальтійського механізму

$$\varphi_p = \pi + \frac{360}{Z} = 180^\circ + \frac{360}{10} = 216^\circ, \quad (1)$$

де  $Z$  – кількість пазів мальтійського хреста.

Кут повороту водила, що відповідає вистою хреста десятипазового мальтійського механізму

$$\varphi_B = \pi - \frac{360}{Z} = 180^\circ - \frac{360}{10} = 144^\circ \quad (2)$$

Співвідношення періоду робочого ходу і вистою

$$K = \frac{\varphi_B}{\varphi_p} = \frac{Z \cdot \pi - 360^\circ}{Z \cdot \pi + 360^\circ} = \frac{Z - 2}{Z + 2} = 0.666 \quad (3)$$

Кінематичні характеристики плоского десятипазового мальтійського механізму визначимо, використавши рис. 2.

З рис. 2 маємо:

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{a}{\lambda - \cos \varphi \cdot b} \quad (4)$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{a}{\cos \varphi \cdot b} \quad (5)$$

Отже

$$\gamma = \operatorname{arctg} \frac{\sin \varphi \cdot b}{\lambda - \cos \varphi \cdot b} \quad (6)$$

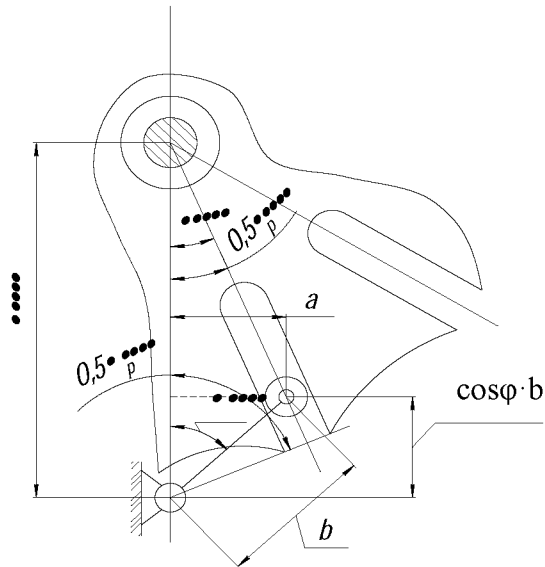


Рис.2 Мальтійський механізм з зовнішнім зачепленням і постійною довжиною водила, де  $b$  – довжина водила,  $\lambda$  – міжцентрова відстань,  $\varphi$  – кут повороту водила,  $\gamma$  – кут повороту хреста

Поточні значення кутів повороту хреста визначаються за формулою

$$\gamma_i = 0.5 \cdot \gamma_{\Sigma} - \operatorname{arctg} \frac{\sin(0.5 \cdot \varphi_p - \varphi) - 1}{\lambda - \cos(0.5 \cdot \varphi_p - \varphi)} \quad (7)$$

Інваріант кутової швидкості хреста

$$\omega_i = \frac{d\gamma_i}{dt} = \frac{\lambda \cdot \cos(0.5 \cdot \varphi_p - \varphi) - 1}{1 - 2 \cdot \lambda \cdot \cos(0.5 \cdot \varphi_p - \varphi) + \lambda^2} \quad (8)$$

Інваріант кутового прискорення хреста

$$\varepsilon_i = \frac{d\omega_i}{dt} = \frac{\lambda \cdot (\lambda^2 - 1) \cdot \sin(0.5 \cdot \varphi_p - \varphi)}{(1 - 2 \cdot \lambda \cdot \cos(0.5 \cdot \varphi_p - \varphi) + \lambda^2)^2} \quad (9)$$

Відносний час повороту хреста

$$k = \frac{t_i}{T} \quad (10)$$

де  $t_i$  – поточне значення часу,  $T$  – повний час повороту хреста

Розрахувавши геометричні та кінематичні параметри десятипазового мальтійського механізму наведемо його кінематичні характеристики у вигляді графіків залежностей (рис. 3 – 5).

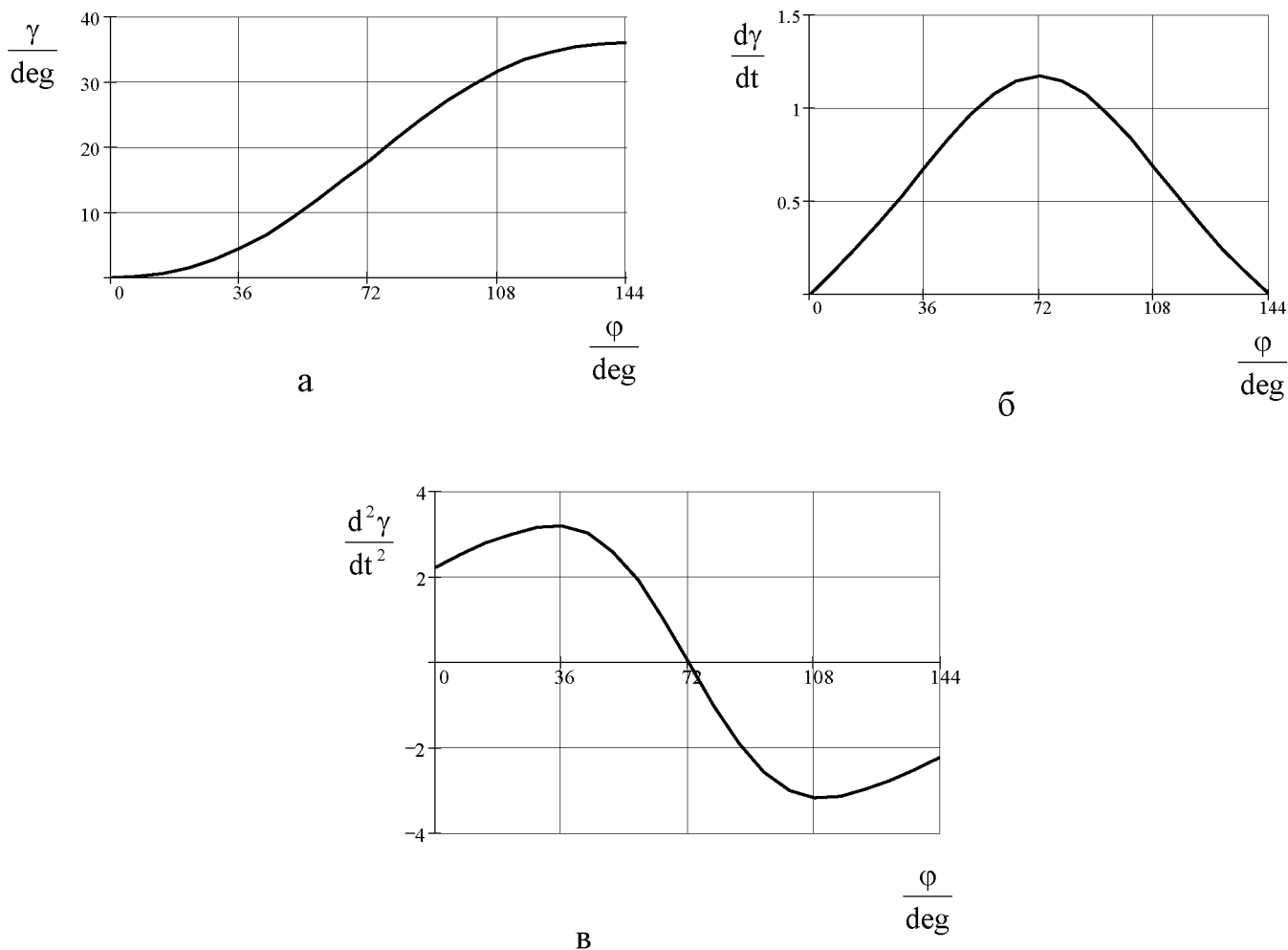


Рис. 3. Кінематичні характеристики десятипазового мальтійського механізму: а – зміна кутового переміщення хреста, б – зміна кутової швидкості хреста, в – зміна кутового прискорення хреста

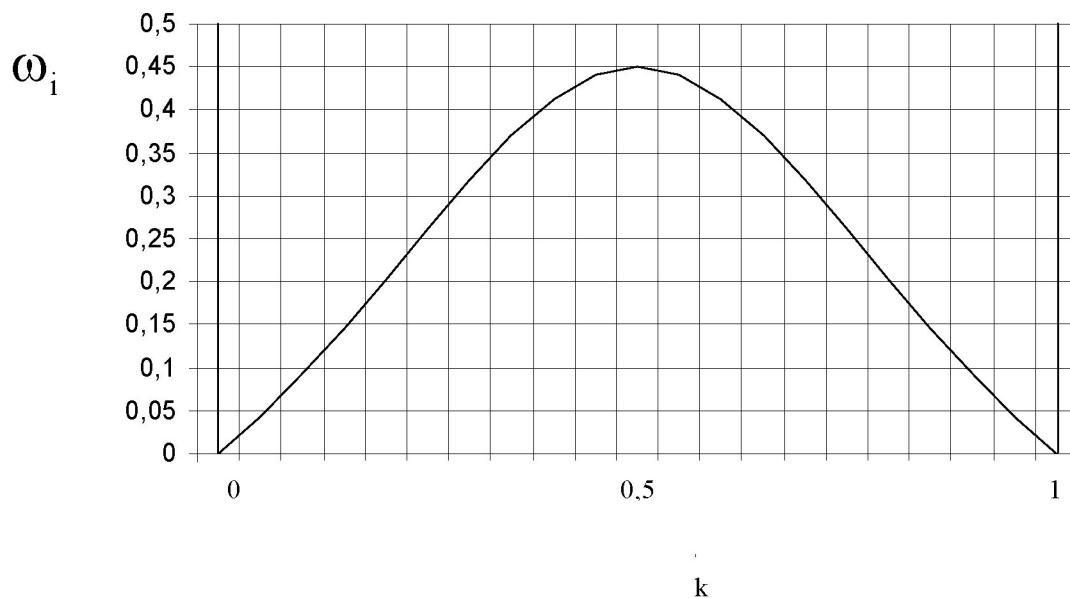


Рис. 4. Зміна інваріанта кутової швидкості хреста десятипазового мальтійського механізму

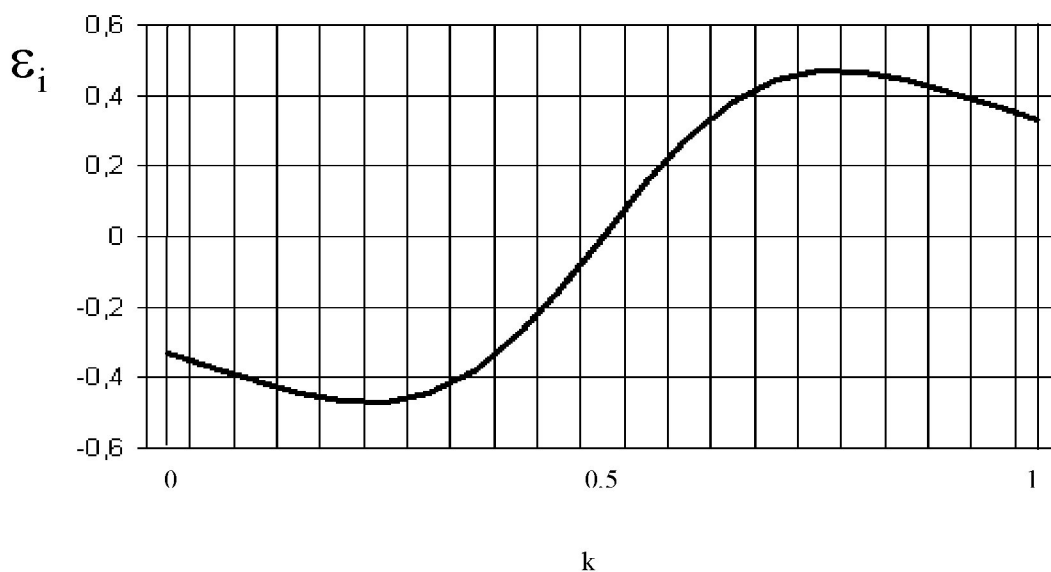


Рис. 5. Зміна інваріанта кутового прискорення хреста десятипазового мальтійського механізму

Проаналізувавши кінематичні та динамічні характеристики десятипазового мальтійського механізму та поставивши за мету досягнення без ударного режиму роботи, розглянемо мальтійський механізм, у якого циклічно

змінюється довжина водила при рівномірному обертанні головного вала. Запропонований принцип реалізується таким чином. Закон періодичного руху обертання мальтійського хреста обирається на початку проектування механізму. Вибравши закон руху, синтезуємо поточні довжини водила у відповідних кутах повороту водила і хреста. Знаючи характер зміни довжини водила, синтезуємо кулачок, від якого буде змінюватися довжина водила в період робочого ходу. Отже, кулачок є нерухомим, обертальний рух здійснює камінь, у період обертання довжина водила змінюється забезпечуючи потрібний закон періодичного руху мальтійського хреста, а значить і карусельного столу.

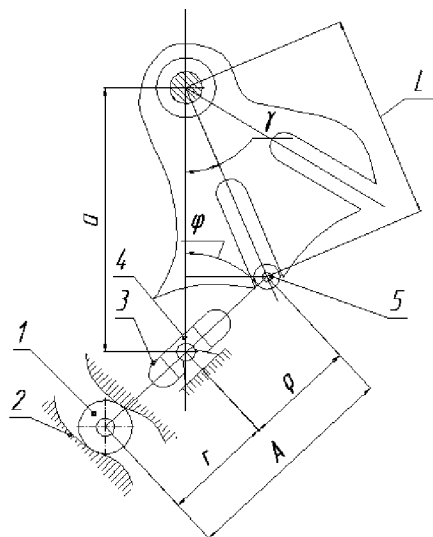


Рис. 6 Мальтійський механізм із зовнішнім зачепленням за змінною довжиною водила: 1 – ролик, 2 – кулачок, 3 – куліса, 4 – камінь, 5 – ролик

На рис.6 зображено мальтійський механізм зі змінною довжиною водила. У цьому разі водило виконується у вигляді куліси 3, один кінець якої шарнірно зв'язаний з роликом 5, що входить у паз хреста, другий – з роликом 1, що входить у паз нерухомого кулачка 4. Обертальний рух куліса отримує від каменя 4, який жорстко зв'язаний з головним валом. Профіль нерухомого кулачка 2 відповідає заданому закону змінення радіуса водила  $r$ .

Задача синтезу даного мальтійського механізму полягає у визначенні поточного значення довжини водила, а отже, і радіусів – векторів еквідистанти нерухомого кулачка  $r$ . Синтез кулачка механізму виконують як для кулачкового механізму зі штовхачем, закон руху якого заданий і визначається зміною довжини кривошипа.

За схемою на рис.6 визначимо

$$L \cdot \sin \gamma = \rho \cdot \sin \varphi, \quad (11)$$

$$L = \rho \cdot \frac{\sin \varphi}{\sin \gamma}. \quad (12)$$

Звідки радіус водила

$$\rho = \frac{a}{\sin \varphi \cdot \operatorname{ctg} \gamma + \cos \varphi}. \quad (13)$$

Знайшовши поточні значення зміни довжини водила, розглядаємо механізм як інтерпретацію кулачкового механізму із штовхачем.

Інваріант переміщення штовхача знаходимо за формулою

$$a(k) = \frac{S(k)}{S_{\max}}, \quad (14)$$

де  $S(k)$  - поточні значення довжини водила,

$S_{\max}$  - максимальне переміщення водила (штовхача).

Інваріант швидкості штовхача (похідна по переміщенню)

$$b(k) = \frac{da(k)}{dk}. \quad (15)$$

Інваріант прискорення штовхача (похідна по швидкості):

$$c(k) = \frac{db(k)}{dk}. \quad (16)$$

Розрахувавши геометрію мальтійського механізму з водилом змінної довжини, розглянемо, яким чином будуть змінюватись його кінематичні характеристики при переміщенні за синусоїдальним та косинусоїдальним законами періодичного руху мальтійського хреста.

Інваріант переміщення для косинусоїдального закону виражається, як

$$a(k) = \frac{1}{2} \cdot (1 - \cos(\pi \cdot k)); \quad (17)$$

Інваріант переміщення для синусоїдального закону виражається як:

$$a(k) = 0.5 \cdot \pi^{-1} \cdot (2 \cdot \pi \cdot k - \sin(2 \cdot \pi \cdot k)); \quad (18)$$

Результати досліджень кінематичних характеристик мальтійського механізму зі змінною довжиною водила при заданих законах періодичного руху мальтійського хреста наведено на рис.7 і 8.

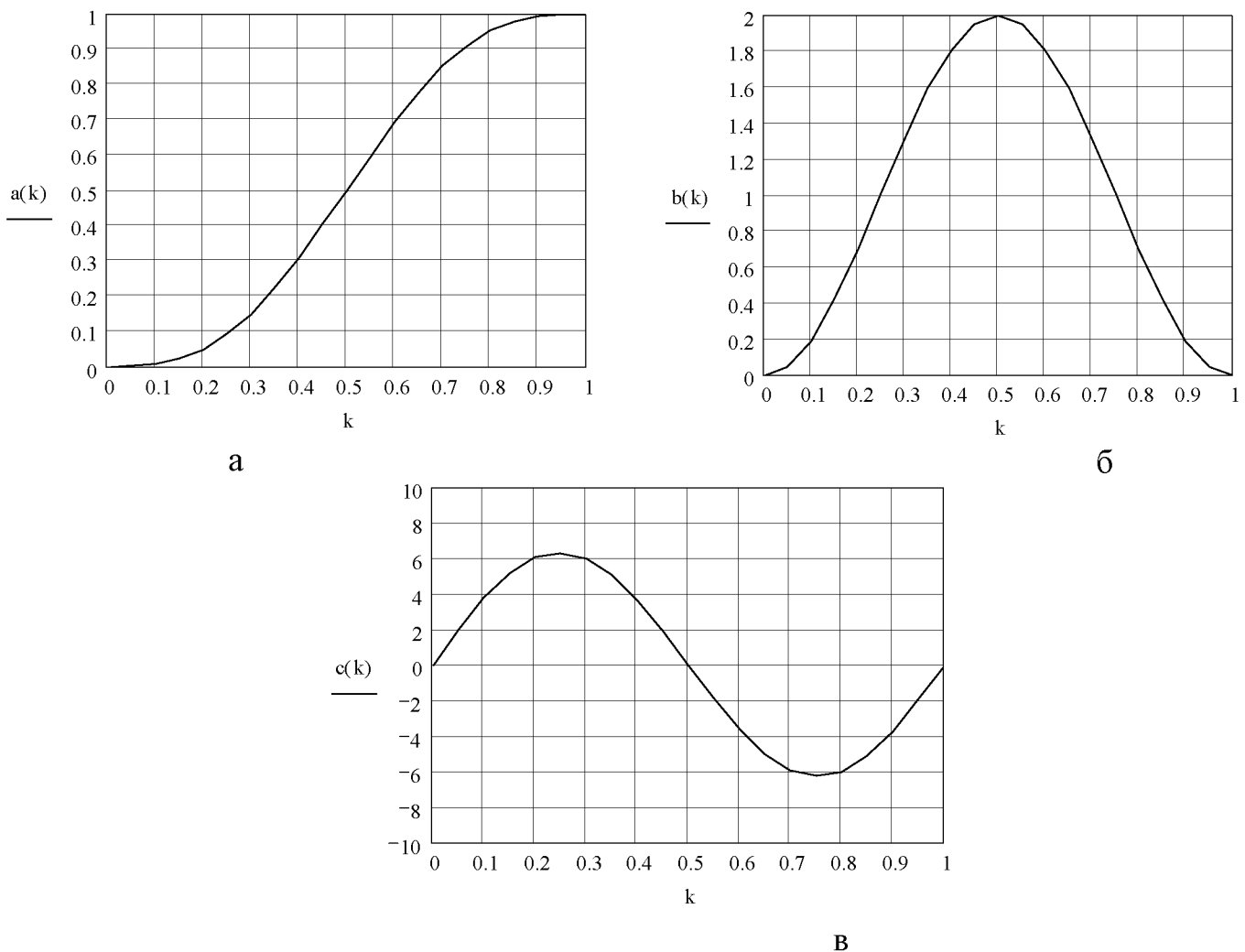
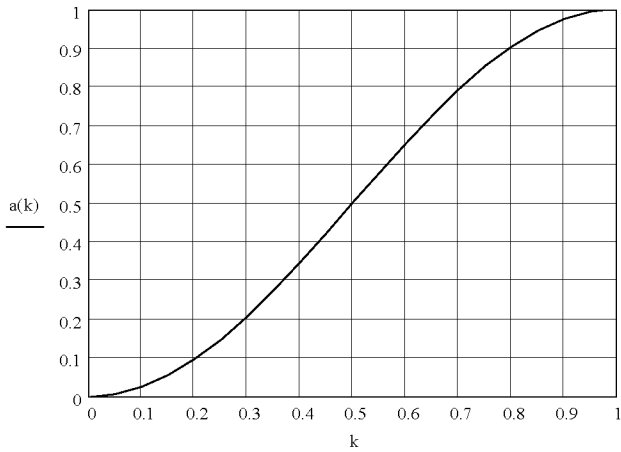
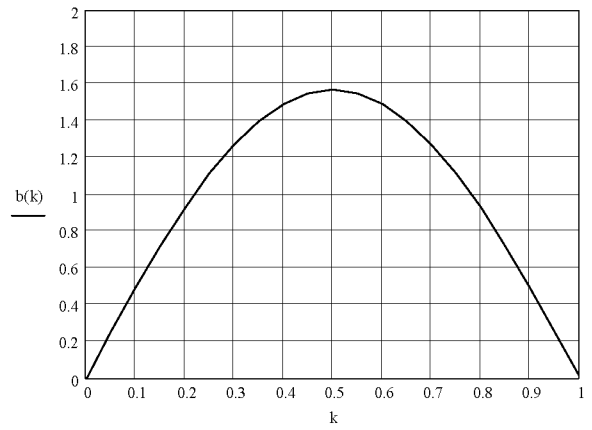


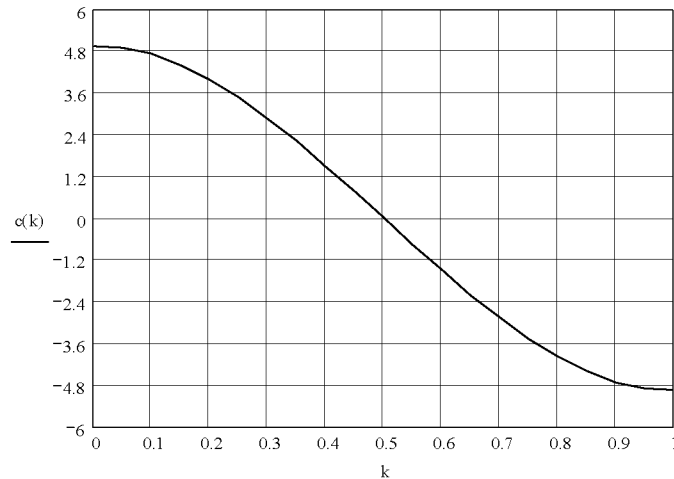
Рис. 7. Синтез синусоїдального закону періодичного руху мальтійського хреста із водилом змінної довжини: а – інваріант переміщення хреста, б – інваріант кутової швидкості хреста, в – інваріант кутового прискорення хреста.



а



б



в

Рис. 8. Синтез косинусоїдального закону періодичного руху мальтійського хреста із водилом змінної довжини: а – інваріант переміщення хреста, б – інваріант кутової швидкості хреста, в – інваріант кутового прискорення хреста

**ВИСНОВКИ.** Проведені дослідження дали змогу отримати залежності зміни величин кутового переміщення, кутової швидкості, кутового прискорення, інваріант кутової швидкості і кутового пришвидшення хреста протягом робочого ходу для мальтійського механізму з постійною довжиною водила.

Використання мальтійського механізму зі змінною довжиною водила дасть можливість усунути ударні навантаження з одночасним забезпеченням заданих характеристик руху робочих органів, у цьому разі карусельного столу.

За рахунок програмованої зміни довжини водила можна використати за критерієм динамічності оптимальні закони періодичного руху хреста.

## ЛІТЕРАТУРА

1. *Конструирование* технологических машин пищевых производств. Харламов С.В.: Учеб. пособие для вузов. — Л.: Машиностроение, 1970. - 224 с.
2. *Павлище В.Т.* Основи конструювання та розрахунок деталей машин. — К.: Вища шк., 1993.
3. *Полюдов О.М., Кузнецов В.О.* Розрахунки циклових механізмів на персональних комп'ютерах: Учбов. посіб. — Львів: УАД, 2004. — 96 с.

*Одержана редколегією 25.06.06 р*