

UDC 621.836.7 + 686.1.055

Kolomiets A., Ph.D. in Engineering
Kandyak N., Ph.D. in Engineering
Ternytskyi S., Ph.D. in Engineering

Ukrainian Academy of Printing / Ukraine

MOTION CORRECTION FEATURES OF GENEVA MECHANISM LEADING LINK IN TECHNOLOGICAL EQUIPMENT DRIVES

ОСОБЛИВОСТІ КОРЕГУВАННЯ РУХУ ВХІДНОЇ ЛАНКИ МАЛЬТІЙСЬКИХ МЕХАНІЗМІВ В ПРИВОДАХ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

Abstract: Applying of Geneva mechanisms in drives of technological equipment allows to carry out the periodic turning of table or faceplate with tools. There were considered Geneva mechanisms improvement reserves by choosing the rational law of motion thus avoiding the phenomenon of "soft impact". The realization of such technical condition is made possible through using programmable links' motion correction by combined cam-lever mechanism or servo drive.

It was comprised the kinematic parameters of Maltese cross movement correction during the establishing the necessary motion law to the slave carrier or directly to cross. For the last case was studied the transformation of cross motion law into the slave carrier motion law using the inverse round method. The calculations made for the typical periodic motion laws of cycloid and harmonious types with identification of the features of their changes on the slave carrier.

The developed methodology allows to determine the necessary motion law of slave carrier in cam-lever contour or program of the servo drive output shaft motion.

Keywords: Geneva cross mechanism, law of periodic movement, carrier, acceleration, "soft impact", correction

INTRODUCTION

A significant proportion of technological equipment, including printing and packaging machines, needs to carry out a full cycle of semi-finished products processing during several sequential positions. Therefore cyclic mechanisms are used in the design of the equipment for periodic turning of the table or faceplate with tools. Using of flat Geneva mechanisms (GM) is a reliable and relatively simple solution of the problem.

However, the work of such mechanisms is characterized by the appearance of considerable inertia loads and by the possibility of impacts occurrence. It limits the performance and reliability of technological equipment. Therefore the actual task is to improve flat Geneva mechanisms by establishing the rational laws of periodic motion (LPM) of cross.

One more criterion of mechanism improvement is to reduce of its material consumption and decrease the number of intermediaries' links through the use of individual drive. Such type of drive, for example based on the servo engine, also requires determination of rational periodic motion law.

Анотація: Застосування мальтійських механізмів у приводах технологічного обладнання дозволяє здійснювати періодичний поворот столу або планшайби з інструментами. Розглянуті резерви удосконалення мальтійських механізмів шляхом вибору раціонального закону руху, що дозволить уникнути явища «м'якого удару». Реалізувати таку технічну умову можливо при застосуванні програмованого корегування руху ланок комбінованим кулачково-важільним механізмом або сервоприводом.

Виконане порівняння кінематичних параметрів корегування руху мальтійського хреста при встановленні необхідного закону руху веденому водилу або безпосередньо хресту. Для останнього випадку методом інверсного обходу механізму досліджено трансформацію закону руху хреста у закон руху веденого водила. Розрахунки виконані для типових законів періодичного руху циклоїдального і гармонійного типів, виявлені особливості їх зміни на веденому водилі.

Розроблена методика дозволяє визначити необхідний закон руху веденого водила кулачково-важільного контуру або програму руху вихідного валу сервоприводу.

Ключові слова: мальтійський механізм, закон періодичного руху, водило, прискорення, «м'який удар», корегування

ВСТУП

У значної частки технологічного обладнання, зокрема в багатьох поліграфічних і пакувальних машинах, існує необхідність здійснювати повний цикл обробки напівфабрикатів у декількох послідовних позиціях. Тому в конструкції такого обладнання використовуються циклові механізми періодичного повороту столу або планшайби з інструментами. Надійним і відносно простим рішенням є застосування плоских мальтійських механізмів (ММ).

Проте під час їх роботи характерні значні інерційні навантаження та можливість появи ударів, що обмежує продуктивність і надійність технологічного обладнання. Тому є актуальним завдання удосконалення плоских мальтійських механізмів шляхом встановлення раціональних законів періодичного руху (ЗПР) хреста.

Ще одним критерієм удосконалення є зменшення матеріаломісткості механізму та кількості проміжних ланок шляхом застосування індивідуального приводу. Такий привід, наприклад, на основі серводвигуна, також потребує визначення раціонального закону періодичного руху.

PROBLEM STATEMENT

Flat Geneva mechanisms are widely used for converting rotary motion of the input link (carrier) into the periodic rotation with a stop of output link (cross) in designs of the different technological equipment.

In order to provide shockless entry of the carrier roller into the slot of the cross, in Geneva mechanisms, at the initial time the axis of the cross must be placed at tangent to the circle outlined by the center of roller. Working area of link slot must start from the contact point of its axis with circle outlined by the roller center [1, 2].

For flat Geneva mechanisms is characteristic the appearance of angular cross acceleration in the initial and final moments of his turn [1], which is known as phenomenon of "soft impact". This raises occurrence of the inertial load in the drive and leads to short-term excitement of roller oscillations in the slot of the cross, which negatively affects on the operating parameters of the entire mechanism: limiting productivity and reduces the reliability of the equipment.

Using of a spatial GM do not always satisfies designers because it leaves the problem of "soft impact", although reduced by 30-40%.

MAIN ARTICLE

Researches which are conducted in the department of printing and packaging machines and packaging technologies UAP (Lviv) are aimed at creating of improved combined Geneva mechanisms by means of programmable movement adjustment of carrier. Such solution allows to change the period of the cross rotation, to reduce the inertial loads, to minimize level of initial and maximum acceleration. It also enables the improvement of technological equipment: its reliability, longevity of work and productivity.

Research shows that programmable correction of Maltese cross motion can be realized due to programmed changes of:

- positions of the cross slots;
- the size of the carrier;
- law of carrier's motion.

Programmable change of the cross slots positions requires separate management each of them that makes complicated the cross design.

If the correction of motion and size of the mechanism's leading link (Fig. 1, a) is made the problem of synthesis is to determine the current position value of the slave carrier 4 (O_1A) by imposition of crank's features motion function 1 (O_1S) and transmission function (TF) of intermediate links positions, and from them the radius-vectors of the central fixed cam profile are built.

The implementation example of improved Geneva mechanisms by using the cam-lever mechanism [3] shown in Fig. 1, b. In the initial position of the cross with slots 5 is motionless. When the shaft O_1 with the crank rotates is carried out the angular position correction of slave carrier 4 with a roller comparatively the shaft O_1 as a result of roller and rocker 3 motion along the immovable slot of the cam 6. If rocker turns a around axis 3 it is possible to change position of the connecting rod 2 that provides a return of the slave carrier 4. This ensures smooth acceleration of Maltese cross in compliance with needed motion law, and after – way out of a roller from slot 5 without impact.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

У конструкціях технологічного устаткування плоскі мальтійські механізми широко використовуються для перетворення обертового руху вхідної ланки (води́ла) в періодичний обертовий рух із зупинкою вихідної ланки (хреста). У мальтійських механізмах для безударного входження ролика води́ла в паз хреста в початковий момент вісь паза розміщена по дотичній до кола, окресленого центром ролика, а робоча ділянка паза куліси має починатися від точки дотику його осі з цим колом [1, 2].

Для плоского мальтійського механізму характерне кутове прискорення хреста в початковий і завершальний моменти його повороту [1], відоме як явище «м'якого удару». Це породжує інерційні навантаження на привід і приводить до короткочасного збудження коливань ролика в пазу хреста, що негативно впливає на експлуатаційні параметри всього механізму: обмежує продуктивність і зменшує надійність роботи обладнання. Застосування просторового ММ не завжди задовольняє конструкторів, так як лишає проблему існування «м'якого удару», хоча і зменшеного на 30-40%.

ОСНОВНИЙ ТЕКСТ СТАТТІ

На кафедрі поліграфічних і пакувальних машин та технології пакування УАД (м. Львів) проводяться дослідження, метою яких є створення удосконалених комбінованих мальтійських механізмів шляхом програмованого корегування руху води́ла. Таке рішення дозволяє змінити період повороту хреста, знизити рівень інерційних навантажень, початкових і максимальних прискорень, підвищити надійність, довговічність роботи та продуктивність технологічного обладнання.

Доведено, що програмоване корегування руху мальтійського хреста може бути реалізоване за рахунок програмованої зміни:

- положень пазів хреста;
- розміру води́ла;
- закону руху води́ла.

Програмована зміна положень пазу хреста вимагає роздільного керування кожним пазом. Це ускладнює конструкцію хреста.

У випадку корегування руху і розміру вхідної ланки механізму (рис. 1, а) завдання синтезу полягає у визначенні поточного значення положення веденого води́ла 4 (O_1A) як накладання функції руху кривошипу 1 (O_1C) та передатної функції (ПФ) положень проміжних ланок, а з них – радіус-векторів центрального профілю нерухомого кулачка.

Приклад реалізації удосконаленого мальтійського механізму, на основі застосування кулачково-важільного механізму [3], представлений на рис. 1, б. У початковому положенні хрест з пазами 5 нерухомий. При обертанні валу O_1 з кривошипом 1 корегується кутове положення веденого води́ла 4 з роликом відносно валу O_1 внаслідок обкочування роликом коромисла 3 паза нерухомого кулачка 6. При повороті коромисла 3 навколо осі С змінюється положення шатуна 2, який повертає ведене води́ло 4. Таким чином забезпечується плавний розгін мальтійського хреста за потрібним законом, а згодом – безударний вихід ролика з паза хреста 5.

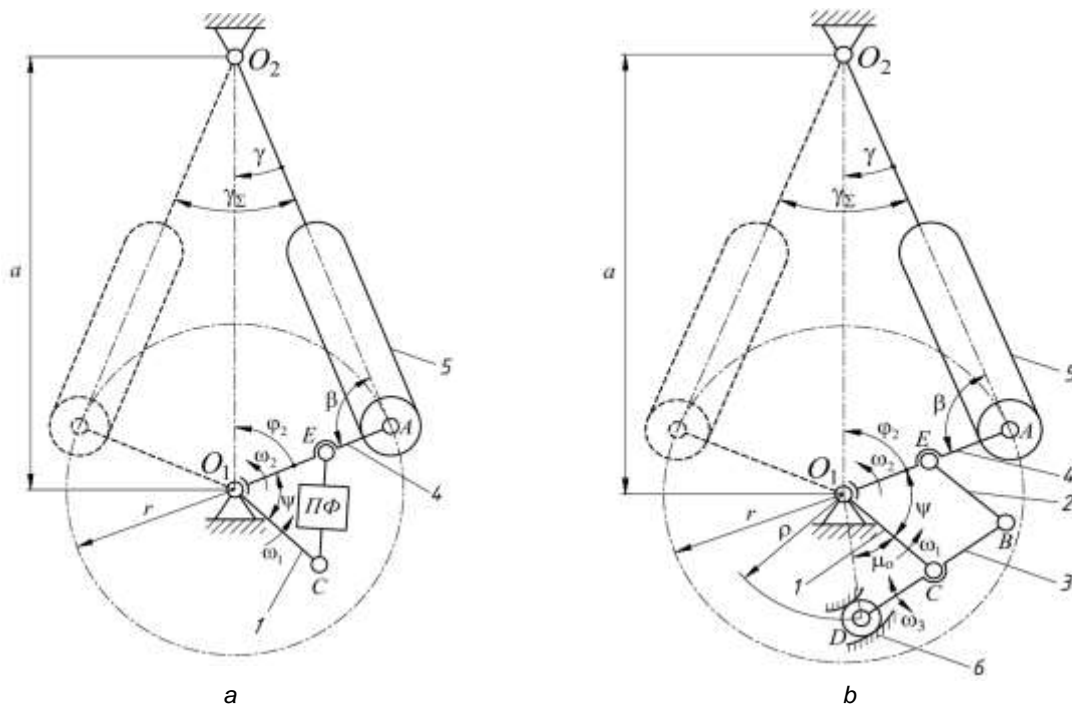


Fig. 1 – Kinematic charts of the Geneva mechanism with the entrance link motion correction: a – common chart; b – GM with correction with the help of cam-lever mechanism / Кінематичні схеми мальтійського механізму з корегуванням руху вхідної ланки: а – узагальнена; б – ММ з корегуванням руху водила кулачково-важільним механізмом
 1 – leading carrier / ведуче водило; 2 – connecting rod / шатун; 3 – rocker with roller / коромисло з роликом; 4 – slave carrier with roller / ведене водило з роликом; 5 – slot of a cross / паз хреста; 6 – fixed cam / нерухомий кулачок

Designed Geneva mechanism has compact dimensions and allows to achieve a smooth change of angular acceleration of the cross using synthesized LPM.

Fig. 2 shows the calculation results of kinematic parameters of Maltese cross motion with providing motion correction of leading link. Presented dependencies relating to the model laws of periodic motion cycloid ("C_o") and harmonious ("K_o") types.

Figure 2, a-c shows the case of setting the LPM on the slave rocker in comparison to conventional 6-slot GM. Setting the LPM slave rocker significantly changes the LPM of the cross. This causes an increase of the peak values of cross angular velocity invariants ω_{3i} and acceleration invariants ϵ_{3i} . There are also observed shifts of angular acceleration invariant peak to mid-cycle position in cross motion. Positive fact is lack of "jumps" in the cross acceleration at start and end points of motion thus avoiding the phenomenon of "soft" impact.

Fig. 2, d-f shows the case of LPM setting directly to cross of GM. In this case, there are observed decreasing the value of invariants peaks of an angular velocity ω_{3i} as compared to the conventional 6-Slot GM. The values of cross acceleration ϵ_{3i} in case of using the LPM "K_o" is smaller, but in case of using the LPM "C_o" they are comparable to values arising in conventional GM.

Розроблений мальтійський механізм компактний за габаритами, дозволяє досягти плавної зміни кутового прискорення хреста за синтезованим ЗПР.

На рис. 2 представлені результати розрахунків кінематичних параметрів руху хреста мальтійського механізму з корегуванням руху вхідної ланки. Залежності представлені для типових законів періодичного руху циклоїдального («C_o») і гармонійного («K_o») типів.

На рис.2, а-с розглянуто випадок встановлення ЗПР на веденому коромислі у порівнянні із звичайним 6-пазовим ММ. Встановлення ЗПР веденому коромислу значно змінює ЗПР хреста. Як результат зростають величини піків інваріантів кутової швидкості ω_{3i} і прискорення ϵ_{3i} хреста, а також зміщення піків інваріантів кутових прискорень до середини циклу руху хреста. Позитивним є відсутність «стрибків» прискорення хреста у початковий і кінцевий моменти його робочого руху, тобто уникається явище «м'якого» удару.

На рис. 2, d-f розглянуто випадок встановлення ЗПР безпосередньо хресту ММ. У цьому зменшуються величини піків інваріантів кутової швидкості ω_{3i} порівняно із звичайним 6-пазовим ММ. Прискорення ϵ_{3i} хреста для ЗПР «K_o» менші, а для ЗПР «C_o» співвідносні до величин звичайного ММ.

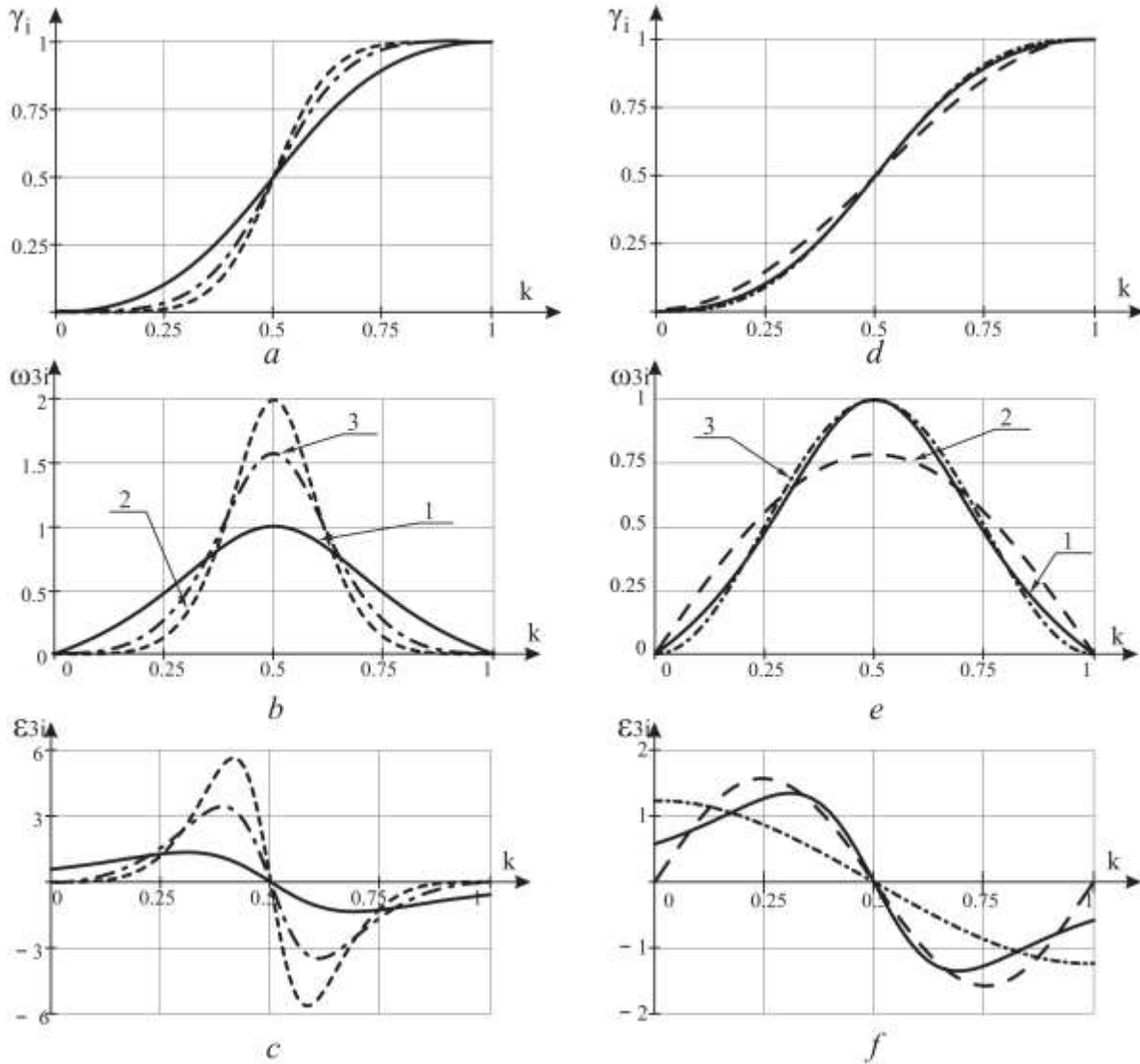


Fig. 2 – Results of kinematic parameters' calculation for GM cross motion: a, b, c – invariants of angle displacement, speed and acceleration in the case of LPM set on a slave carrier; d, e, f – invariants of angle displacement, speed and acceleration in the case of LPM set on a cross / *Результати розрахунків кінематичних параметрів руху хреста мальтійського механізму з корегуванням руху вхідної ланки: a, b, c – інваріанти кутових переміщення, швидкості і прискорення у випадку задання ЗПР на веденому водилі; d, e, f – інваріанти кутових переміщення, швидкості і прискорення у випадку задання ЗПР на хресті*

1 – common 2D GM / *звичайний плоский ММ*; 2 – GM with „Sinus” LPM / *ММ із ЗПР «C_o»*; 3 – GM with „Cosinus” LPM / *ММ із ЗПР «K_o»*

The rotation angle of the cross depends on the slots number Z:

Кут повороту хреста залежить від кількості пазів Z :

$$\gamma_{\Sigma} = \frac{2\pi}{Z} . \quad (1)$$

The rotation angle of the carrier that corresponds to the cross rotation:

Кут повороту водила, що відповідає повороту хреста:

$$\phi_p = \pi - \frac{2\pi}{Z} . \quad (2)$$

The rotation angle the carrier that corresponds to stops period of the cross:

Кут повороту водила, що відповідає періоду зупинки хреста:

$$\phi_e = \pi + \frac{2\pi}{Z} . \quad (3)$$

Kinematic characteristics of flat GM defined using the system $[l, \omega, r]$. LPM of the cross is elected as a function of the relative time k :

$$\gamma_i(k) = \frac{\phi_p}{2} - A_k(k) \cdot \phi_p, \quad (4)$$

where $A_k(k)$ – the function of motion for some LPM / де $A_k(k)$ – функція переміщення для певного ЗПР.

Current rotation angles γ of the cross are laid starting from its initial position according to geometric scheme Fig. 1. Specify parameter of relative distance between the centers:

$$\lambda_1 = \frac{a}{O_1A}. \quad (5)$$

Determination of the transmission angle between the drive carrier O_1A and slot of the cross:

$$\beta(k) = \arcsin(\lambda_1 \cdot \sin(\gamma_i(k))). \quad (6)$$

The angular position of the carrier O_1A

$$\varphi_2(k) = \gamma(k) - \beta(k). \quad (7)$$

Invariants of angular velocity ω_{2i} and acceleration ε_{2i} are determined by differentiation.

Fig. 3 shows the calculations results of kinematic parameters of drive carrier 4 with ensuring of corrected motion due to using the cross motion laws (LPM) "C_o" and "C_o".

Кінематичні характеристики для плоских ММ визначаються в системі $[l, \omega, r]$. Обираємо ЗПР хреста як функцію відносного часу k .

Поточні кути γ повороту хреста відраховуються від його початкового положення згідно геометричної схеми рис. 1. Задаємо, що відносний параметр міжцентрової відстані:

Визначимо кут передачі між водилом O_1A і пазом хреста:

Кутове положення водила O_1A

Інваріанти кутової швидкості ω_{2i} та прискорення ε_{2i} визначаємо шляхом диференціювання.

На рис. 3 представлені результати розрахунків кінематичних параметрів веденого водила 4 з корегованим рухом для законів руху (ЗПР) хреста «C_o» та «K_o».

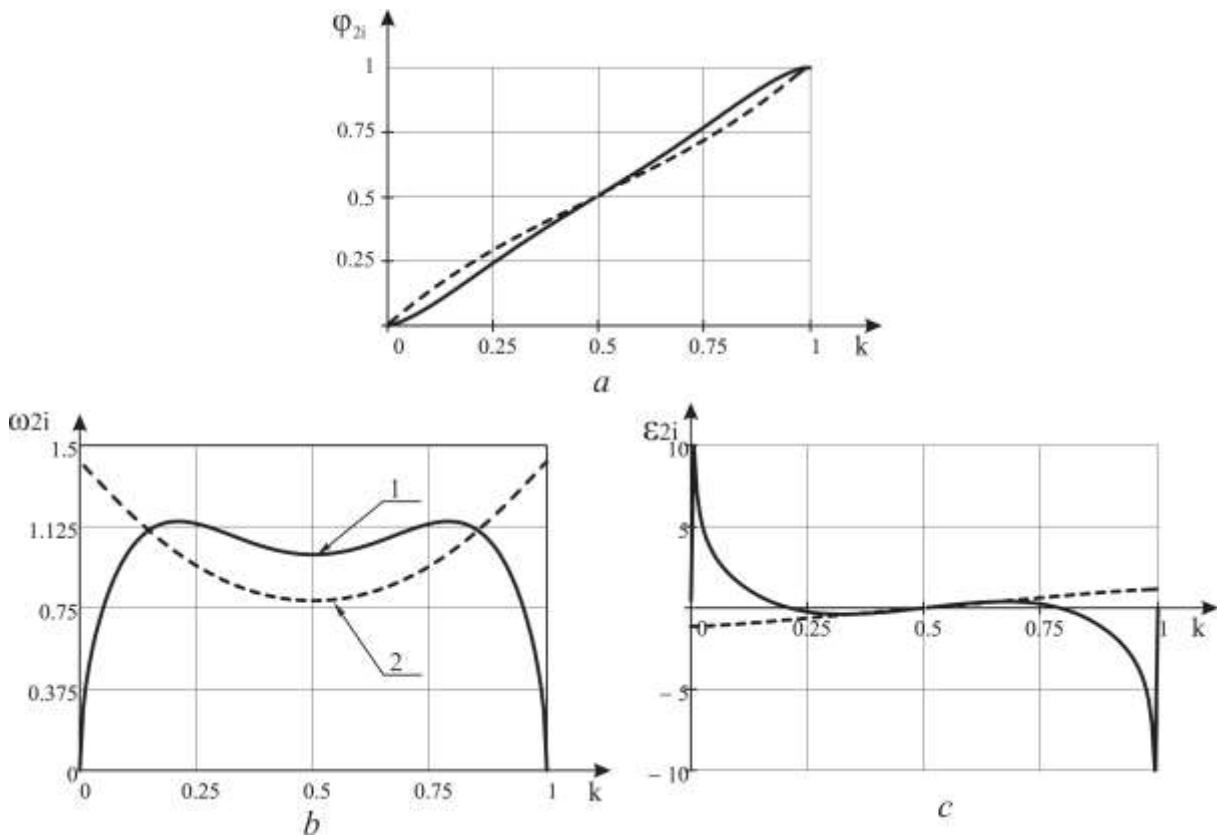


Fig. 3 – Results of kinematic parameters' calculation for slave carrier motion: a – invariant of angle displacement; b – invariant of angle speed and acceleration in the case of LPM set on a cross; c – invariant of angle acceleration / *Результати розрахунків кінематичних параметрів руху веденого коромисла: а – інваріант кутового переміщення, швидкості і прискорення; b – інваріант кутової швидкості; c – інваріант кутового прискорення*
 1 – „Sinus” LPM / ЗПР «C_o»; 2 – „Cosinus” LPM / ЗПР «K_o»;

By comparing the change nature of the angular velocity ω_{21} and acceleration ε_{21} of the reviewed LPM revealed significant differences between them.

Obtained dependence of angular acceleration invariants $\varepsilon_{21}(k)$ of the carrier O_1A for cycloid type "Co" of the LPM characterized by significant peak values (from 5 to 10), which can cause impact phenomenon.

However, dependence of the angular velocity $\omega_{21}(k)$ does not have instantaneous "jumping" which shows lack of "hard" impact.

Another look has dependence of selected harmonic LPM type "Ko." In the middle of the motion cycle we occur the double decrease of current values of slave carrier angular velocity invariant. At the beginning and end of motion this parameter has a value of 1,412, i.e. there is a need to correct the carrier motion even during a non-working period in order to avoid the phenomenon of "hard" impact. Thus it is desirable to create a smooth transition between motion speed at the working and non-working period at the moment of roller entry and exit into cross slot of GM.

In both cases to prevent the phenomenon of "hard" impact when roller enters into the cross slot due to the speeds differences is necessary to correct movement of slave rocker also during non-working period of motion.

CONCLUSIONS

Conducted analysis of the calculations results shows the necessity of providing the required LPM directly on Maltese cross. LPM setting to slave rocker significantly changes LPM of the cross causing the displacement of acceleration peaks to mid-cycle part of cross motion.

Discovered that to obtain the technology needed cross LPM must be determine by setting LPM to slave carrier using an inverse round method. Investigated cycloid LPM characterized by significant acceleration peak value at the beginning and end of the motion cycle of the cross without the phenomenon of "soft" impact. Harmonic LPM has much lower value peaks of acceleration. In both cases it is necessary to correct the motion of slave rocker during its non-working period of movement with a view to avoid "hard" impact at the moment when a roller enters slot of GM cross.

Represented analytical dependences allow to get a rational theoretical profile of immovable cam during the further synthesis of Geneva mechanism with motion correction or correction of links dimensions [3, 4]. Conducted researches enabling the creation of programs for providing the motion of GM individual drive based on the servo drives. [5]

REFERENCES

- [1]. Fishyn (1979) – Calculation of mechanisms of the transport-giving systems of printing machines, Moscow: Mashnostroyeniye. – 256 p.
- [2]. Poludov O. M. (2005) – Mechanics of printing and packing machines, L'viv: UAP publishing. - 177 p.
- [3]. Senkus V. T., Bosak V. O., Rehei I. I. (2012) – Cam-and-lever mechanism. Patent № 97334 Ukraine. IPC F16H 25/02, F16H 53/00; appl. 12.04.2011, publ. 25.01.2012, Bull. № 2.
- [4]. Poludov O. M., Rehei I. I., Kolomiets A. B. (2014) – Geneva mechanism with correction of leading link movement. Patent № 104790 Ukraine. IPC F16H 27/00; appl. 06.08.2012, publ. 11.03.2014, Bull. № 5.
- [5]. Kandyak N.M. (2008) – Kinematics of Geneva cross mechanism with rocker-crank drive, L'viv: Ukrainian academy of printing. – pg. 160 – 165.

Порівняння характеру зміни кутових швидкості ω_{21} та прискорення ε_{21} цих ЗГР виявили значні розбіжності між ними.

Отримані залежності інваріантів кутових прискорень $\varepsilon_{21}(k)$ водила O_1A при обраному ЗГР циклоїдального типу «Co» характеризується значними значеннями піків (від 5 до 10), що може спричинити ударні явища. Проте залежності кутових швидкостей $\omega_{21}(k)$ не мають моментальних «стрибків», тобто «жорсткий» удар відсутній.

Інший вигляд мають залежності при обраному ЗГР гармонійного типу «Ko». В середині циклу руху вдвічі зменшуються поточні значення інваріанту кутової швидкості веденого водила. На початку і в кінці руху цей параметр має величину 1,412, тобто виникає необхідність корегувати рух водила і протягом неробочого ходу для запобігання «жорсткого» удару. При цьому бажано створити плавний перехід між швидкостями неробочого і робочого ходів в момент входження та виходу ролика з пазу хреста ММ.

В обох випадках для запобігання «жорсткого» удару при входженні ролика в паз хреста через різницю швидкостей необхідно корегувати рух веденого коромисла ще і під час неробочого ходу.

ВИСНОВКИ

Аналіз отриманих результатів порівняльних розрахунків доводить необхідність задавати необхідний ЗГР безпосередньо мальтійському хресту. Встановлення ЗГР веденому коромислу значно змінює ЗГР хреста, результатом чого є зміщення піків прискорень до середини циклу руху хреста.

Виявлено, що для одержання технологічно необхідного ЗГР на хресті необхідно визначити ЗГР веденого водила методом інверсного обходу механізму. Досліджені ЗГР циклоїдального типу характеризуються значними величина піків прискорень на початку і в кінці циклу руху хреста при відсутності явища «м'якого удару». ЗГР гармонійного типу мають значно менші піки прискорень. В обох випадках необхідно корегувати рух веденого коромисла під час неробочого ходу щоб уникнути «жорсткого» удару при входженні ролика в паз хреста.

Представлені аналітичні залежності дозволяють в ході подальшого синтезу мальтійського механізму з корегуванням руху або довжини ланок отримати раціональний теоретичний профіль нерухомого корегувального кулачка [3, 4] або програму для урухомлення індивідуального приводу на основі серводвигуна [5].

БІБЛІОГРАФІЧНІ ПОСИЛАННЯ

- [1]. Фишин М. Е. Расчет механизмов транспортно-подающих систем полиграфических машин. / М. Е. Фишин. – М.: Машиностроение, 1979. – 256 с.
- [2]. Полюдов О. М. Механика полиграфических и пакувальних машин: Навчальний посібник. / О.М. Полюдов. – Львів : Видавництво УАД, 2005. – 177 с.
- [3]. Патент №97334 (Україна). Кулачково-важільний механізм. – Сенкусь В. Т., Босак В. О., Регей І. І. – бюл. №2 від 25.01.2012.– 4 с.
- [4]. Патент №104790 (Україна). Мальтійський механізм з корекцією руху вхідної ланки. – Полюдов О.М., Регей І. І., Коломієць А. Б. – бюл.№5 від 11.03.2014.– 4 с.
- [5]. Кандяк Н.М. Кінематика механізму мальтійського хреста з кулісно-кривошипним приводом // Поліграфія і видавнича справа УАД. – Львів: УАД. – 2008, вип. 2(48). – С. 160 – 165.