



2. ЛІСОЕКСПЛУАТАЦІЯ

УДК 621.01

*Доц. В.Р. Пасіка, канд. техн. наук;
магістр Р.С. Маца – Українська академія друкарства*

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РУХУ КОМБІНОВАНОГО КРИВОШИПНО-ПОВЗУННОГО МЕХАНІЗМУ З НАКЛАДЕНИМИ КІНЕМАТИЧНИМИ УМОВАМИ

Наводяться результати віртуального комп'ютерного експерименту, які повністю підтверджують отримані аналітичні залежності для досліджень комбінованих кривошипно-повзунних механізмів з ділянкою сталої швидкості повзуна. Моделювання проводилось в середовищі Solid Works + Adams DDM.

Doc. W.R. Pasika; R.S. Maca – Ukrainian academy of book-printing

Computer modelling of movement mechanism slider-crank of combined with the imposed kinematical conditions

Results of virtual computer experiment which completely confirm the received analytical dependences for research combined slider-crank mechanism with sites of constant speed slider are resulted. Modelling was spent in environment Solid Works + Adams DDM.

Відомо, що кінематичні характеристики ланок кривошипно-повзунних механізмів (КПМ) повністю визначаються їхніми геометричними параметрами. Однак, якщо змінювати за певним законом довжину кривошипа, то можна отримати такий закон руху повзуна, який наперед заданий. У роботах [1-3] наводяться результати синтезу комбінованих КПМ у яких спостерігаються переміщення повзуна зі сталою швидкістю і визначається відповідний закон зміни довжини кривошипа.

У даній роботі підтверджується коректність отриманих у роботах [1-3] аналітичних залежностей, шляхом проведення віртуального експерименту.

Випадки, де необхідно забезпечити робочий рух вихідної ланки зі сталою швидкістю зустрічаються у різних галузях промисловості. Це і поліграфічні машини-автомати для приклеювання корінця до блоку книжки, це і машини лісогосподарського комплексу у яких необхідно забезпечити рух пилки зі сталою швидкістю, це і с/г машини і багато інших. У цих машинах для за-

безпечення сталої швидкості використовують багатоланкові важільні механізми або зубчасті передачі з не круглими колесами. При цьому, явно збільшується кількість рухомих ланок, кінематичних пар, однак досягти сталої швидкості з високим ступенем точності досить проблематично.

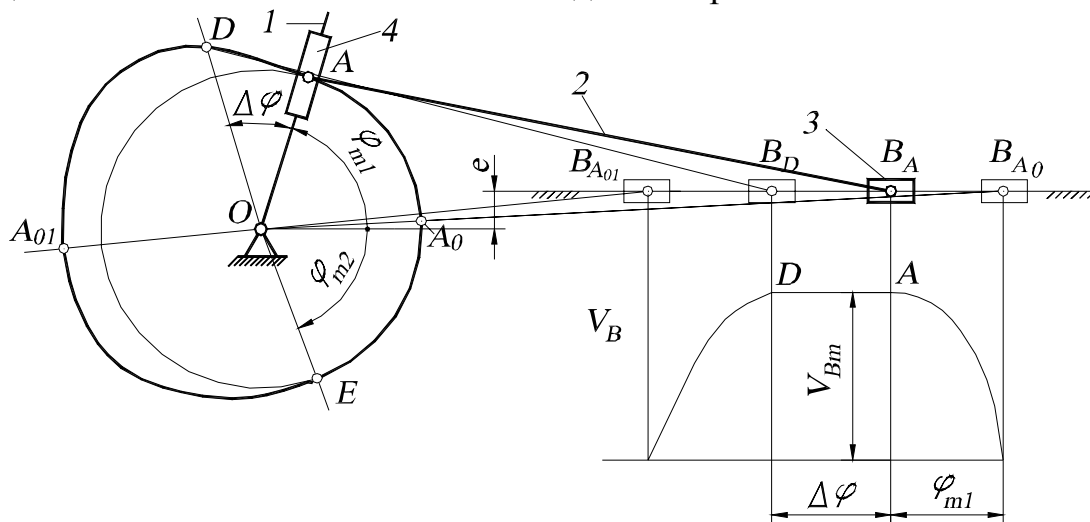


Рис. 1. Інтерпретація комбіновано КПМ

На рис. 1 подано інтерпретацію комбінованого КПМ, котра працює таким чином. Кривошип 1 обертається з певними кутовими швидкістю ω і пришвидженням ε . Додатковий повзун 4 може рухатись відносно кривошипа 1, тим самим, змінюючи радіус кривошипа OA . Яким чином забезпечити рух повзуна 4 відносно кривошипа у даній роботі не ставиться, хоча це можна зробити нерухомим кулачком, кроковим електродвигуном і т.д. Крива A_0ADA_01E – це траєкторія точки кінця кривошипа A . Задача зводиться до визначення такого змінного радіуса кривошипа $r = l_0 + \delta r$, при якому повзун 3, досягнувши своєї максимальної швидкості рухався б з цією швидкістю ще деякий час. Тут l_0 – початкова довжина кривошипа, δr – закон зміни довжини кривошипа.

Ця задача розв'язується таким чином. Проектуємо замкнутий векторний геометричний контур механізму $\vec{r} + \vec{l}_{AB} = \vec{e} + \vec{x}_B$ на осі системи координат xOy і розв'язуємо отриману систему рівнянь відносно змінного радіуса r :

$$r = (x_B \cos \varphi + e \sin \varphi) - \sqrt{l_2^2 - x_B^2 - e^2 + (x_B \cos \varphi + e \sin \varphi)^2}, \quad (1)$$

де: $l_2 = l_{AB}$ – довжина шатуна; e – ексцентриситет; x_B – координата повзуна 3. Для ділянки AD кут φ знаходиться в таких межах $\varphi_{m1} + \Delta\varphi_m \geq \varphi \geq \varphi_{m1}$, а для ділянки DE $360^\circ - \varphi_{m2} \geq \varphi \geq \varphi_{m1} + \Delta\varphi_m$.

Якщо x_{B_A} – координата повзуна в момент, коли його швидкість набуває екстремального значення в положенні A , а $\Delta\varphi$ – зміна кута повороту кривошипа від 0 до $\Delta\varphi_m$, протягом якої швидкість повзуна повинна бути сталою і дорівнювати V_{B_A} , то закон руху повзуна B на ділянці сталої швидкості AD відбуватиметься за лінійним законом:

$$x_{B_{AD}} = x_{B_A} - \frac{\Delta\varphi}{\omega} V_{B_A}. \quad (2)$$

Змоделюємо рух повзуна в межах повного повороту кривошипа. Для цього поставимо такі умови. На ділянках A_0A і EA_0 кривошип є сталим і дорівнює l_0 . Положення E відповідає моменту, коли повзун досягає свого другого екстремуму. На ділянці AD , як уже зазначалося, рух повзуна відбувається за законом (2). На рух повзуна на ділянці DE ніяких додаткових умов, крім гладкого спряження кінематичних характеристик, не накладається. Подано переміщення повзуна на ділянці DE у вигляді полінома VI степені:

$$x_{DE} = a_1 + a_2\varphi + a_3\varphi^2 + a_4\varphi^3 + a_5\varphi^4 + a_6\varphi^5 + a_7\varphi^6, \quad (3)$$

де невідомі коефіцієнти a_i визначимо з умов гладкого спряження, кут φ лежить у межах $360^\circ - \varphi_{m_2} \geq \varphi \geq \varphi_{m_1} + \Delta\varphi_m$. Крім цього, обмежимо положення повзуна в околі крайнього лівого положення величиною $x_{B_{A_{01}}}$.

В точці D при $\varphi_D = \varphi_{m_1} + \Delta\varphi_m$ переміщення, швидкість і пришвидження повзуна відповідно дорівнюють: $x_{B_A} - \frac{\Delta\varphi_m}{\omega} V_{B_A}$, V_{B_A} , $a_{B_D} = 0$. В точці E при $\varphi_E = 360 - \varphi_{m_2}$ кінематичні характеристики повзуна збігаються з кінематичними характеристиками класичного КПМ зі сталою геометрією. Невідомі коефіцієнти a_i визначаємо з наступної системи рівнянь:

$$\left. \begin{aligned} a_1 + a_2\varphi_D + a_3\varphi_D^2 + a_4\varphi_D^3 + a_5\varphi_D^4 + a_6\varphi_D^5 &= x_{B_A} - \frac{\Delta\varphi_m}{\omega} V_{B_A}, \\ a_2 + 2a_3\varphi_D + 3a_4\varphi_D^2 + 4a_5\varphi_D^3 + 5a_6\varphi_D^4 &= V_{B_A} / \omega, \\ 2a_3\varphi_D + 6a_4\varphi_D + 12a_5\varphi_D^2 + 20a_6\varphi_D^3 &= 0, \\ a_1 + a_2\varphi_E + a_3\varphi_E^2 + a_4\varphi_E^3 + a_5\varphi_E^4 + a_6\varphi_E^5 &= x_E, \\ a_2 + 2a_3\varphi_E + 3a_4\varphi_E^2 + 4a_5\varphi_E^3 + 5a_6\varphi_E^4 &= V_E / \omega, \\ 2a_3\varphi_E + 6a_4\varphi_E + 12a_5\varphi_E^2 + 20a_6\varphi_E^3 &= 0, \\ a_1 + a_2\varphi_{A_{01}} + a_3\varphi_{A_{01}}^2 + a_4\varphi_{A_{01}}^3 + a_5\varphi_{A_{01}}^4 + a_6\varphi_{A_{01}}^5 &= x_{B_{A_{01}}}. \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Таким чином, кінематичні характеристики повзуна на ділянці $E - A_0 - A$ обчислюємо за відомими з літератури залежностями, наприклад [4], а переміщення на ділянках AD і DE за виразами (2) і (3), відповідно. Швидкості і пришвидження повзуна на цих ділянках отримуємо за допомогою чисельного диференціювання переміщення.

Для підтвердження коректності отриманих аналітичних залежностей було б доцільно провести експериментальні дослідження. Однак, проведення таких досліджень вимагало б значних матеріальних вкладень та наявності

електронної апаратури. Тому був проведений віртуальний експеримент в системі Solid Works + Adams DDM в якому ставилась задача отримати кінематичні характеристики повзуна і порівняти їх з теоретичними.

Програма Solid Works відноситься до сімейства CAD-програм. У ній можна створювати 3D моделі або імпортувати моделі створені в інших CAD-програмах, наприклад в AutoCAD. Програма Solid Works є відкритою, при наявності програмного модуля Adams Dynamics Designer уможливорює "оживляти" створені твердотільні моделі різноманітних механізмів.

Після того, як модель створена і уведена у Solid Works необхідно виконати такі дії:

- проставити кінематичні пари. В даному механізмі є пари тільки п'ятого класу, однак у бібліотеці програми є кінематичні пари усіх класів, що уможливорює моделювання механізмів з вищими кінематичними парами;
- задати закон руху для тягових ланок. Для цього в Solid Works є широкі можливості. Можна задавати рух тягової ланки з постійною швидкістю, з постійним пришвидшенням, а якщо кінематична характеристика змінюється нелінійно, то описати її можна аналітично або задати у вигляді сплайну. При аналітичному заданні можна використовувати тригонометричні функції, оператори умовного переходу та деякі інші. У нашому випадку задавався закон руху кривошипа з постійною кутовою швидкістю ω , а переміщення повзуна 4 у вигляді $\delta r = r - l_0$, де радіус r обчислюємо за виразом (1);
- вивести результати моделювання у вигляді графіків. Виводити можна як самі графіки, так і масиви відповідних точок. Виводити графіки можна для будь-якої кінематичної пари.

При роботі програми Solid Works + Adams DDM на робочому столі можна одночасно спостерігати рух механізму і зміну кінематичних характеристик потрібної кінематичної пари. Змодельований процес можна записати у файл формату avi і переглядати результати практично на будь-якому комп'ютері. Для проведення конкретних обчислень і моделювання приймали механізм з такими даними:

$$l_0 = 0.1 \text{ м}, \quad l_2 = 0.4 \text{ м}, \quad e = 0, \quad \omega = 3 \text{ с}^{-1}, \quad \Delta\varphi_m = 50^\circ, \quad x_{B_{A01}} = l_2 - l_1 - 0.029 = 0.471 \text{ м}.$$

Усі аналітичні обчислення проводились за допомогою спеціально розробленої програми у середовищі MATLAB. Процес розв'язання системи рівнянь (4) і відповідний закон руху повзуна B на ділянці DE має такий вигляд

$$x_{DE} = -1.5 + 36.4\varphi - 355.7\varphi^2 + 1800.5\varphi^3 - 4898.2\varphi^4 + 6664.4\varphi^5 + 3173.9\varphi^6.$$

Змінний радіус кривошипа обчислений за формулою (1) апроксимуємо поліномом VI-го степеню. Для ділянки сталої швидкості AD і ділянки DE ці поліноми є такими:

$$r_{AD} = 128.4213 - 27.8443\varphi - 20.4962\varphi^2 + 35.7523\varphi^3 - 17.5196\varphi^4 + 4.2545\varphi^5 + 0.3842\varphi^6,$$

$$r_{DE} = 1000 \times (2718.8 - 5049.6\varphi + 3722.7\varphi^2 - 1394.5\varphi^3 + 282.5\varphi^4 - 29.6\varphi^5 + 1.3\varphi^6).$$

На рис. 2 наведено кінематичні характеристики повзуна, котрі отримані аналітично. Тонкі лінії – це кінематичні характеристики класичного КПМ, товсті – комбінованого на ділянці $A - D - E$. На ділянках A_0A і EA_0 кінематичні характеристики обох механізмів збігаються.

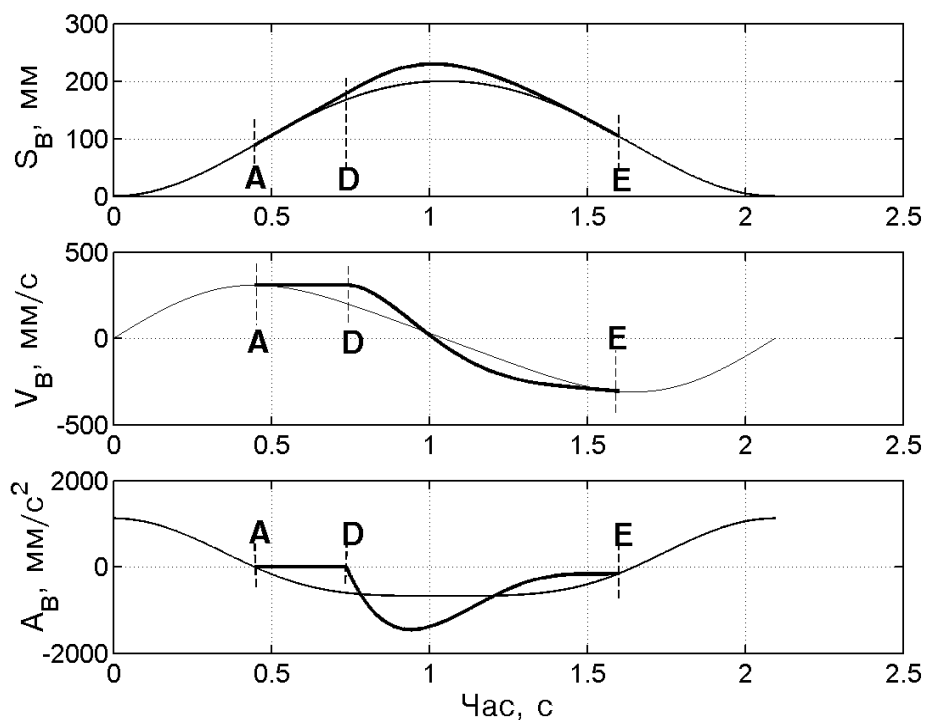


Рис. 2. Кінематичні характеристики повзуна B, котрі отримано аналітично

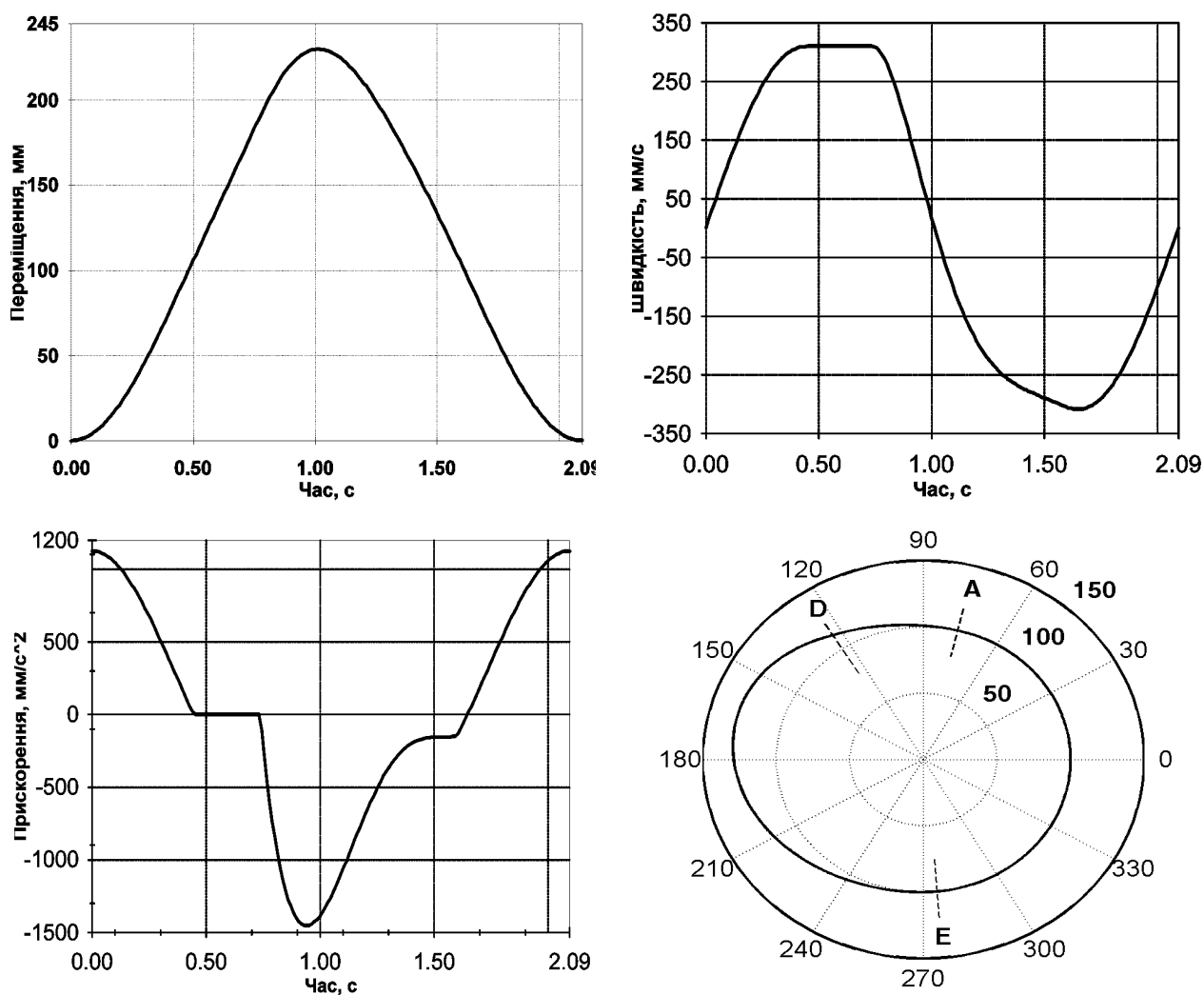


Рис. 3. Кінематичні характеристики повзуна B, котрі отримано шляхом моделювання

Рис. 4. Траєкторія точки A комбінованого КПМ

Чітко проглядається ділянка AD зі сталою швидкістю і, відповідно, нульовим пришвидшенням. На рис. 3 ці ж характеристики отримані в результаті проведеного моделювання. Результати чудово узгоджуються. Числові результати показали різницю тільки у другому знаку після коми. Оскільки програма Solid Works + Adams DDM виводить результати моделювання у "мм" і "С", то на графіках (див. рис. 3) розмірності по осях координат зведені до розмірностей координат графіків моделювання. На рис. 4 наведено траєкторію точки A , котра забезпечує відповідний закон руху повзуна B .

Таким чином, у результаті проведених досліджень можемо зробити наступні висновки:

- проведено аналітичні обчислення комбіновано КПМ, який забезпечує переміщення повзуна з ділянкою сталої швидкості;
- проведено віртуальний експеримент, результати котрого повністю збігаються з результатами аналітичних обчислень;
- експериментально доведено, що за допомогою комбінованого КПМ зі змінною довжиною кривошипа можна отримати рух повзуна з ділянкою сталої швидкості;
- збіг результатів підтверджує коректність отриманих аналітичних залежностей за якими можна проводити дослідження кінематичних характеристик комбінованих КПМ.

Література

1. Пасіка В.Р. Чисельний синтез кривошипно-повзунних механізмів з накладеними кінематичними вимогами// Вісник Технологічного ун-ту Поділля. – Тернопіль: ТУП. – 2002, ч.1, № 6. – С. 12-14.
2. Пасіка В.Р., Маца Р.С. До питання визначення змінної довжини кривошипа для забезпечення переміщень повзуна з постійною швидкістю// Наукові записки УАД. – Львів: УАД. – 2003, вип. № 6. – С. 32-35.
3. Пасіка В.Р. Синтез комбінованих кривошипно-повзунних механізмів з ділянкою сталої швидкості. – М.: Машинознавство. – 2004, № 4. – С. 19-22.
4. Пасіка В.Р. Кінематика важільних механізмів з групами Ассура I і II видів// Наукові записки УАД. – Львів: УАД. – 2001, вип. 3. – С. 12-16.

УДК 630×232:658.011:054

Доц. В.К. Тіунчик, канд. с.-г. наук – УкрДЛТУ

ЗАСТОСУВАННЯ НОВОЇ ТЕХНІКИ І ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ ЛІСОРОЗВЕДЕННЯ НА УКРАЇНІ

Наведено дані щодо виконання лісовідновлювальних робіт на Україні, а також розглянуто нову техніку і технологію, яка може бути використана у лісгосподарському виробництві.

Doc. V.K. Tiunchyk – USUFWT

Use of new equipment and technology for of forestation in Ukraine

Data on forest regeneration in Ukraine, new equipment and technology, which can be used in forestry production.

Головна особливість сучасного розвитку країни полягає в подальшому прискоренні науково-технічного прогресу в усіх галузях народного господарства, послідовному переході до масового застосування високоефективних