

І. М. Талачынец, С. І. Русан, кандыдат тэхнічных навук, дацэнт
Установа адукацыі «Баранавіцкі дзяржаўны ўніверсітэт», Баранавічы

АЛГАРЫТМ КІНЕМАТЫЧНАГА АНАЛІЗУ З ДЗВІЮМА ПАСТУПАЛЬНЫМІ ПАРАМІ

Прадстаўлены алгарытм метада вызначэння кінематычных характарыстык шасцізвеннага механізма стругальнага станка.

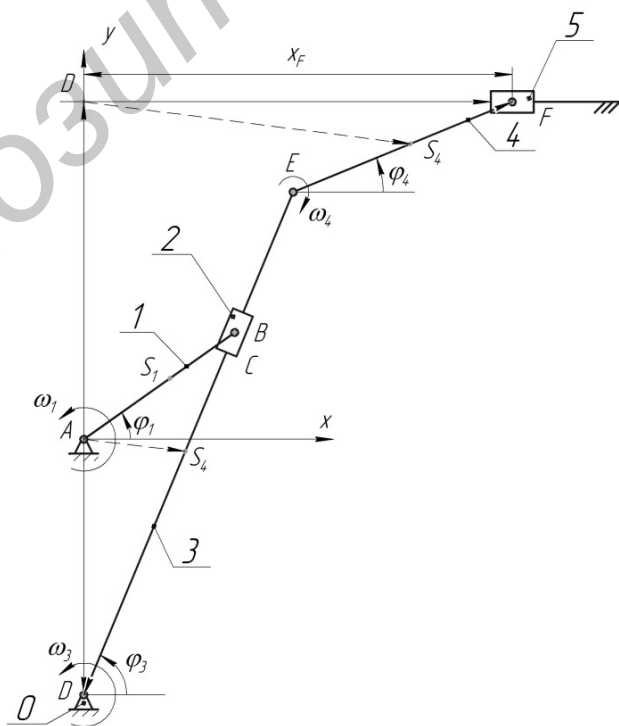
Ключавыя словы: рычажны механізм, кінема-тычны аналіз, аналітычны метада.

The algorithm of the analytical method for the determination of kinematic characteristics of six-membered mechanism planer.

Key words: linkage, kinematic analysis, analytical method.

Уводзіны. Разгледзім кінематычную схему (рысунак 1) механізма, які выкарыстоўваецца ў многіх тыпах стругальных станкоў. Механізм складаецца з шасці звенняў, якія ўтвараюць паміж сабою сем кінематычных пар: пяць вярчальных і дзве паступальныя. Лічым, што метрычны сінтэз механізма выкананы і размеры ўсіх звенняў устаноўлены ў адпаведнасці з тэхналагічнымі ўмовамі. На гэты момант назапашаны дастатковы вопыт даследавання руху чатырохзвенных механізмаў. Павелічэнне колькасці звенняў механізма пашырае магчымасці як аптымізацыі тэхналагічнага працэсу, так і паляпшэння ўмоў працы рычажнага механізма, у прыватнасці, зніжэння нагрузак на звенні і кінематычныя пары. Але пры гэтым ускладняецца кінематычны аналіз механізма. У падручніках і метадычных дапаможніках па тэорыі механізмаў і машын адсутнічаюць прыклады поўнага кінематычнага аналізу шасцізвенных механізмаў, хаця яго паслядоўнасць агульнавядома — яна вызначаецца формулай будовы механізма: $I(0,1) \rightarrow II(2,3) \rightarrow II(4,5)$. Кіруючыся метадыкай, выкладзенай у метадычным дапаможніку [1], зададзены (гл. рысунак 1) механізм будзем разглядаць як сукупнасць простага чатырохзвеннага механізма і далучанай да яго структурнай групы $II(4,5)$. Выходнае зв'язно 3 простага механізма ў гэтым выпадку будзе служыць уваходным для далучальнага механізма, утворанага адной групай $II(4,5)$. Далей выкарыстаем аналітычны метада замкнутага вектарнага контура, распрацаваны В. А. Зіноўевым

Ураўненні замкнутасці вектарных контураў. Для вызначэння каардынат асобных пунктаў, вуглоў, скорасцей і паскарэнняў пунктаў і звенняў разгледзім замкнутыя контуры, ўтвораныя звеннямі механізма, у тым ліку і фіктыўнымі (апошнія на рысунку паказаны пункцірам): $ABDA$, $EDOF$, AS_3DA і OS_4EO .



Рисунак 1 — Схема механізма

Вектары сумяшчаем са звеннямі механізма. Паводле ўмоў замкнутасці атрымліваем

$$(\vec{l}_{AB} + \vec{l}_{CD} = \vec{l}_{AD}, \quad \vec{l}_{ED} + \vec{l}_{DO} + \vec{l}_{OF} = \vec{l}_{EF}); \quad (\vec{l}_{AS_3} + \vec{l}_{S_3D} = \vec{l}_{AD}, \quad \vec{l}_{OS_4} + \vec{l}_{S_4F} = \vec{x}_F). \quad (1)$$

Геаметрычныя параметры механізма. Даўжыні звенняў будзем абазначаць літарай l з індэксам, што вызначае нумар звяна. Адрэзак пераменнай даўжыні CD звяна 3 абазначым літарай l (без індэкса), а цэнтры цяжару звенняў — літарай S з індэксамі — нумарамі адпаведных звенняў. За абгульненую каардынату прыем вугал φ_1 . Каардынаты пунктаў $B, E, F, S_1—S_5$ вызначаем непасрэдна з рысунка 1:

$$\left(\begin{aligned} x_{S_1} &= l_{AS_1} \cos \varphi_1, & x_B &= x_{S_2} = l_1 \cos \varphi_1, & x_E &= l_3 \cos \varphi_3, & x_{S_3} &= l_{DS_3} \cos \varphi_3, \\ x_F &= x_{S_5} = l_3 \cos \varphi_3 + l_4 \cos \varphi_4, & x_{S_4} &= x_E + l_{ES_4} \cos \varphi_4 \end{aligned} \right), \quad (2)$$

$$\left(\begin{aligned} y_B &= l_O + l_1 \sin \varphi_1, & y_{S_1} &= l_O + l_{AS_1} \sin \varphi_1, & y_E &= l_3 \sin \varphi_3 - l_O, \\ y_F &= y_{S_5} = l_{AO} = \text{const}, & y_{S_4} &= l_E + l_{ES_4} \sin \varphi_4 \end{aligned} \right). \quad (3)$$

Для выражэння невядомых у формулах (2), (3) функцый $\sin \varphi_3$, $\cos \varphi_3$ і даўжыні адрэзка l праз вугал φ_1 праецыруем на восі каардынат першую роўнасць (1):

$$(l_1 \cos \varphi_1 - l \cos \varphi_3 = 0, \quad l_1 \sin \varphi_1 - l \sin \varphi_3 = -l_O). \quad (4)$$

Адсюль знаходзім

$$\left(\sin \varphi_3 = (l_O + l_1 \sin \varphi_1) / l, \quad \cos \varphi_3 = l_1 \cos \varphi_1 / l, \quad l = \sqrt{l_O^2 + l_1^2 + 2l_O l_1 \sin \varphi_1} \right).$$

Невядомыя функцыі $\sin \varphi_4$, $\cos \varphi_4$ у тых жа формулах (2), (3) вызначаем з праекцый другой роўнасці (1):

$$(-l_3 \cos \varphi_3 + x_F = l_4 \cos \varphi_4, \quad -l_3 \sin \varphi_3 + l_{DO} = l_4 \sin \varphi_4). \quad (5)$$

Атрымліваем

$$\left(\sin \varphi_4 = (l_{DO} - l_3 \sin \varphi_3) / l_4, \quad \cos \varphi_4 = (x_F - l_3 \cos \varphi_3) / l_4 \right).$$

Скорасці пунктаў і звенняў механізма. Ніжэй у формулах кропкамі над літарамі абазначаем вытворныя па часе t . Дыферэнцыруем па t роўнасці (4):

$$(\dot{l} \cos \varphi_3 - l \sin \varphi_3 \omega_3 = -l_1 \sin \varphi_1 \omega_1; \quad \dot{l} \sin \varphi_3 + l \cos \varphi_3 \omega_3 = l_1 \cos \varphi_1 \omega_1). \quad (6)$$

Першую роўнасць (6) памнажаем на $-\sin \varphi_3$, другую — на $\cos \varphi_3$ і складваем асобна знойдзеныя левыя і правыя іх часткі. З атрыманай роўнасці знаходзім

$$\omega_3 = l_1 \omega_1 \cos(\varphi_1 - \varphi_3) / l. \quad (7)$$

Зноў памнажаем першую роўнасць (6) на $-\varphi_3$, а другую — на $-\sin \varphi_3$ і складваем. З выніковай роўнасці вызначаем адносную скорасць звяна 2:

$$v_{2r} = v_{AC} = \dot{l} = -l_1 \omega_1 \sin(\varphi_1 - \varphi_3).$$

Знаходзім вытворную роўнасць (5) па t :

$$(l_3 \sin \varphi_3 \omega_3 + \dot{x}_F = -l_4 \sin \varphi_4 \omega_4, \quad -l_3 \cos \varphi_3 \omega_3 = l_4 \cos \varphi_4 \omega_4). \quad (7)$$

Адсюль вызначаем скорасці звенняў 4 і 5:

$$\left(\omega_4 = -(l_3 \cos \varphi_3 \omega_3) / (l_4 \cos \varphi_4), \quad v_5 = \dot{x}_F = -(l_3 \sin \varphi_3 \omega_3 + l_4 \sin \varphi_4 \omega_4) \right).$$

Паскарэнні пунктаў і звенняў механізма. Дыферэнцыруем роўнасці (6) па t . Першую з атрыманых роўнасцей памнажаем на $\sin \varphi_3$, другую — на $\cos \varphi_3$ і складваем вынікі паміж сабою. З новай роўнасці знаходзім

$$\varepsilon_3 = [2\omega_3 v_{2r} + l_1 \omega_1^2 \sin(\varphi_1 - \varphi_3)] / l + \omega_3 \varepsilon_1 / \omega_1.$$

Затым першую і другую прадэферэнцыраваныя роўнасці (6) памнажаем адпаведна на $\cos \varphi_3, \sin \varphi_3$ і складваем. З вынікавай роўнасці вызначаем адноснае паскарэнне звяна 2:

$$a_{2r} = a_{2c} = \ddot{l}\omega_3^2 - l_1 \omega_1^2 \cos(\varphi_1 - \varphi_3) + v_{2r} \varepsilon_1 / \omega_1.$$

Знаходзім вытворную па t роўнасцей (7):

$$\begin{pmatrix} l_3(\cos \varphi_3 \omega_3^2 + \sin \varphi_3 \varepsilon_3) + \ddot{x}_F = -l_4(\cos \varphi_4 \omega_4^2 + \sin \varphi_4 \varepsilon_4), \\ -l_3(-\sin \varphi_3 \omega_3^2 + \cos \varphi_3 \varepsilon_3) = l_4(-\sin \varphi_4 \omega_4^2 + \cos \varphi_4 \varepsilon_4) \end{pmatrix}. \quad (8)$$

З другой роўнасці (8) знаходзім вуглавое паскарэнне ε_4 , затым з першай — паскарэнне $a_5 = \ddot{x}_F$ выходнага звяна механізма.

Заклучэнне. У артыкуле выкарыстаны аналітычны метады кінематычнага аналізу плоскага шасцізвеннага механізма. Вызначаны яго асноўныя кінематычныя характарыстыкі. Алгарытм даследавання і атрыманыя формулы могуць выкарыстоўвацца ў інжынернай практыцы і вучэбна-даследчай рабоце студэнтаў.

Спіс цытаваных крыніц

1. Филонов, И. П. Теория механизмов, машин и манипуляторов / И. П. Филонов, П. П. Анципорович, В. К. Акулич. — Минск : Дизайн ПРО, 1998. — 656 с.

Матэрыял паступіў у рэдакцыю 22.09.2014 г.

УДК 519.865.5

А. Н. Тимовец

Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ ВОКРУГ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

Рассматривается актуальная на сегодняшний день проблема анализа пространственного распределения электрического поля вблизи заряженного спутника. Особое внимание уделено описанию двух подходов для расчёта пространственного распределения электрического потенциала вблизи космического аппарата в вакууме. Первый заключается в непосредственном определении потенциала электрического поля, а второй — в решении уравнения Лапласа с известными граничными условиями. Анализируются недостатки и преимущества каждого из описанных методов.

Ключевые слова: моделирование, электрическое поле, электрический потенциал.

The article deals with the problem of spatial distribution of electric field nearby charged satellite. Much attention is given to description of two methods of calculation of spatial distribution of electric potential nearby spacecraft in vacuum. The first method is to determining of potential of electric field and the second method is to solving Laplace's equation. In final the article is considered deficiencies and advantages of these methods.

Key words: modeling, electric field, electric potential.

Введение. Для проведения и интерпретации многих экспериментов на космических аппаратах требуется анализ пространственного распределения электрического поля вблизи заряженного спутника. Так, положительный потенциал спутника в несколько вольт относительно окружающей плазмы приводит к тому, что масс-спектрометрические измерения тепловой плазмы, в особенности лёгких ионов, таких как H^+ , становятся невозможными. С другой стороны, даже в случае небольших потенциалов спутника для анализа экспериментальных измерений необходимо знать распределение электрического поля вблизи спутника, чтобы оценить его влияние на траектории частиц, степень и характер искажения функции распределения ионов [1]. Важную роль играет величина радиуса Дебая (R_D) как характерный пространственный размер взаимодействий в плазме и эквипотенциальность спутника. Особенно сложной задача становится в случае, когда R_D сравним с характерными размерами спутника.

Основная часть. При бортовых измерениях тепловых и сверхтепловых ионов с высотного спутника, потенциал которого соизмерим с kT измеряемых ионов (где k — постоянная Больцмана,