

Рис. 2. Скорасці і паскарэнні звенняў і пунктаў механізма

Вызначэнне паскарэнняў. Знаходзім паскарэнне пункта А (рыс. 2): $\vec{a}_A = \vec{a}_A^n + \vec{a}_A^\tau$, дзе $\vec{a}_A^n = \omega_1^2 \cdot l_{OA}$, $\vec{a}_A^\tau = \varepsilon_1 \cdot l_{OA}$. Далей будзем улічваць, што звенні 2 і 3 выконваюць плоскі рух, а 4, 5 – вярчальны. У якасці полюсаў прымаем пункты А, С, D, E, F. Запісваем поўную сістэму роўнасцей для ўсяго механізму:

$$\vec{a}_B = \vec{a}_A + \vec{a}_{BA}; \quad (1)$$

$$\vec{a}_B = \vec{a}_C + \vec{a}_{BC}; \quad (2)$$

$$\vec{a}_B = \vec{a}_D + \vec{a}_{BD}; \quad (3)$$

$$\vec{a}_C = \vec{a}_E + \vec{a}_{CE}; \quad (4)$$

$$\vec{a}_D = \vec{a}_F + \vec{a}_{DF}. \quad (5)$$

$$\text{Тут } \vec{a}_{BA} = \vec{a}_{BA}^n + \vec{a}_{BA}^\tau, \vec{a}_{BC} = \vec{a}_{BC}^n + \vec{a}_{BC}^\tau,$$

$$\vec{a}_{BD} = \vec{a}_{BD}^n + \vec{a}_{BD}^\tau, \vec{a}_{CE} = \vec{a}_{CE}^n + \vec{a}_{CE}^\tau,$$

$$\vec{a}_{DF} = \vec{a}_{DF}^n + \vec{a}_{DF}^\tau, \vec{a}_E = \vec{a}_F = 0.$$

Пяці вектарным формулам (1)–(5) адпавядае дзесяць алгебраічных суадносін (праекцыі на восі каардынат). Яны змяшчаюць дзесяць невядомых: ε_{AB} , ε_{BD} , ε_{CE} , ε_{DE} , велічыні паскарэнняў \vec{a}_B , \vec{a}_C , \vec{a}_D і тры іх напрамкі (вуглы). Выключым з формул (2), (3) вектары \vec{a}_C , \vec{a}_D з дапамогай (4), (5). Замест (1)–(5) атрымаем:

$$\vec{a}_B = \vec{a}_A + \vec{a}_{BA}; \quad (6)$$

$$\vec{a}_B = \vec{a}_{CE} + \vec{a}_{BC}; \quad (7)$$

$$\vec{a}_B = \vec{a}_{DF} + \vec{a}_{BD}. \quad (8)$$

Зноў паніжаем парадак сістэмы. Выключаем з формул (7), (8) паскарэнне \vec{a}_B на падставе (6). Знаходзім:

$$\vec{a}_A + \vec{a}_{BA} = \vec{a}_{CE} + \vec{a}_{BC}; \quad (9)$$

$$\vec{a}_A + \vec{a}_{BA} = \vec{a}_{DF} + \vec{a}_{BD}. \quad (10)$$

Вектарным суадносінам (9), (10) адпавядаюць чатыры алгебраічныя ўраўненні, якія змяшчаюць столькі ж невядомых вуглавых паскарэнняў: ε_{AB} , ε_{BD} , ε_{CE} , ε_{DF} .

Прыклад кінематычнага аналізу структурнай групы. Каб працягнуць рашэнне, канкрэтызуем геаметрычныя параметры сістэмы. Запасычым іх з алімпіяднай задачы надрукаванай у зборніку «Механіка» [3]. Прымем $OA=BC=CD=CE=DF=l$, $AB = l\sqrt{3}$, $\varepsilon_1 = 0$ (рыс. 3). Вызначым кінематычныя параметры групы для таго яе становішча, пры якім $OA \perp AB$, $BD \perp EC$, $\alpha = 60^\circ$, $\beta = 30^\circ$.

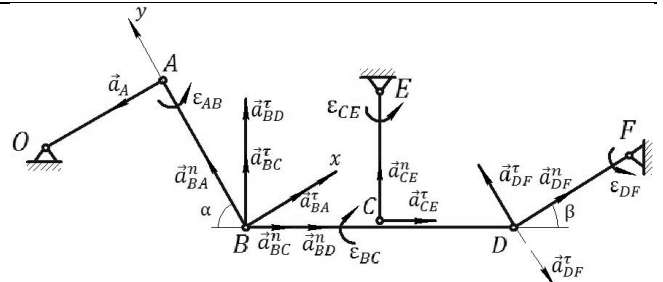


Рис. 3. Паскарэнні звенняў і пунктаў канкрэтызаванага механізма з трохпавадкавай групай

Па вышэй атрыманых формулах знаходзім:

$$v_A = v_C = \omega_1 \cdot l, \quad v_B = v_D = 2\omega_1 \cdot l,$$

$$\omega_{AB} = \omega_{CE} = \omega_1, \quad \omega_{BD} = \omega_1\sqrt{3}, \quad \omega_{DF} = 2\omega_1.$$

Уводзім сістэму каардынат *Bxy* і знаходзім праекцыі роўнасцей (9), (10):

$$-a + 0 + a_{BA}^\tau = a_{CE}^n \sin 30^\circ + a_{CE}^\tau \cos 30^\circ + a_{BC}^n \cos 30^\circ + a_{BC}^\tau \cos 60^\circ; \quad (11)$$

$$0 + a_{BA}^n + 0 = a_{CE}^n \cos 30^\circ - a_{CE}^\tau \cos 60^\circ - a_{BC}^n \cos 60^\circ + a_{BC}^\tau \cos 30^\circ; \quad (12)$$

$$-a + 0 + a_{BA}^\tau = a_{DF}^n + 0 + a_{BD}^n \cos 30^\circ + a_{BD}^\tau \cos 60^\circ; \quad (13)$$

$$0 + a_{BA}^n + 0 = 0 + a_{DF}^\tau - a_{BD}^n \cos 60^\circ + a_{BD}^\tau \cos 30^\circ. \quad (14)$$

Выключаем з (11), (12) a_{CE}^τ і далучаем да атрыманага роўнасці (13):

$$-2a_A + 2\sqrt{3}a_{BA}^n + 2a_{BA}^\tau = (1+3)a_{CE}^n + (1+3)a_{BC}^\tau; \quad (15)$$

$$-a_A + a_{BA}^\tau = a_{DF}^n + a_{BD}^n \sqrt{3} / 2 + a_{BD}^\tau / 2. \quad (16)$$

Прымаючы да ўвагі, што пры $BC = CD$ $a_{BD}^\tau = 2a_{BC}^\tau$, з сістэмы (15), (16) атрымліваем:

$$a_{BA}^\tau = a_A + \sqrt{3}a_{BA}^n - 2a_{CE}^n + 2a_{DF}^n + \sqrt{3}a_{BD}^n.$$

$$\text{Тут } a_{BA}^n = l\sqrt{3}\omega_1^2; \quad a_{CE}^n = l\omega_1^2;$$

$$a_{DF}^n = 4l\omega_1^2; \quad a_{BD}^n = 6l\omega_1^2. \text{ Канчаткова знаходзім:}$$

$$a_{BA}^\tau = (10 + 6\sqrt{3})l\omega_1^2.$$

Па формуле (1) вызначаем a_B :

$$a_B = \sqrt{a_{BX}^2 + a_{BY}^2} = \sqrt{192 + 108\sqrt{3}}l\omega_1^2.$$

З сістэмы ўраўненняў (13), (14) атрымліваем:

$$a_{BD}^\tau = 2(5 + 3\sqrt{3})l\omega_1^2.$$

Цяпер паслядоўна з роўнасцей (14) і (12) знаходзім:

$$a_{DF}^\tau = a_{CE}^\tau = (6 + 4\sqrt{3})l\omega_1^2.$$

Вызначаем вуглавыя паскарэнні звенняў:

$$\varepsilon_{BC} = \varepsilon_{BD} = a_{BD}^\tau / BD = (5 + 3\sqrt{3})\omega_1^2;$$

Таблица 1. Кинематические параметры пункта и звеня механизма

Пункты	Линейные		Звенья	Вуглавые	
	скорасці	паскарэнні		скорасці	паскарэнні
A	$\omega_1 l$	$\omega_1^2 l$	AB	ω_1	$\omega_1^2 (6 + 10\sqrt{3} / 3)$
B	$2\omega_1 l$	$\omega_1^2 l \sqrt{192 + 108\sqrt{3}}$	BD	$\omega_1 \sqrt{3}$	$\omega_1^2 (5 + 3\sqrt{3})$
C	$\omega_1 l$	$\omega_1^2 l \sqrt{85 + 48\sqrt{3}}$	CE	ω_1	$\omega_1^2 (6 + 4\sqrt{3})$
D	$2\omega_1 l$	$\omega_1^2 l \sqrt{100 + 48\sqrt{3}}$	DF	$2\omega_1$	$\omega_1^2 (6 + 4\sqrt{3})$

$$\epsilon_{CE} = a_{CE}^r / CE = a_{DF}^r / DF = (6 + 4\sqrt{3})\omega_1^2.$$

Паскарэнні пунктаў C і D знаходзім па формулах:

$$a_C = \sqrt{(a_{CE}^n)^2 + (a_{CE}^r)^2} = \sqrt{85 + 48\sqrt{3}} l \omega_1^2;$$

$$a_D = \sqrt{(a_{DF}^n)^2 + (a_{DF}^r)^2} = \sqrt{100 + 48\sqrt{3}} l \omega_1^2.$$

Знойдзеныя скорасці і паскарэнні пунктаў і звеняў механізма зводзім у таблицю 1.

Структурныя групы з паступальнымі кінематычнымі парамі.

На рысунках 1, 3 павадкамі для базісных звеняў 3, BD служаць стрыжні, што ўваходзяць у дзве вярчальныя кінематычныя пары. У тэхніцы выкарыстоўваюцца механізмы, структурныя групы якіх ўтрымліваюць павадкі з паступальнымі кінематычнымі парамі. Прыклад такога механізма прыведзены на рысунку 4. Графічны спосаб яго кінематычнага аналізу выкладзены ў дапаможніку [4]. Трохпавадкавая група ў гэтым механізме складаецца з базіснага звяна 3 і павадкаў 2, 4, 5. Звенья 2 і 5 уваходзяць у дзве кінематычныя пары: звяно 2 ўтварае вярчальную пару са звяном 1 і паступальную са звяном 3, а звяно 5 ўтварае такія ж пары са звенямі 3 і 0. Уваходным звяном служаць крывашып 1. Скорасць яго канца A знаходзім па формуле $V_A = V_{A_1} = V_{A_2} = \omega_1 l_1$. Для вызначэння скорасцей пунктаў звяна 3 выкарыстоўваем яго імгненны цэнтр скорасцей P_3 .

Ён знаходзіцца на перасчэнні перпендыкуляраў да напрамкаў скорасцей пунктаў B і C. Каб вызначыць вуглавую скорасць звяна 3, раскладваем абсалютную скорасць V_A на адносную V_A^r і пераносную V_A^e паводле тэарэмы: $\vec{V}_A = \vec{V}_A^e + \vec{V}_A^r$ (рыс. 4). Тады $\omega_3 = V_A^e / AP_3$ і $V_B = \omega_3 BP_3$, $V_C = \omega_3 CP_3$. Для вызначэння

паскарэнняў выкарыстоўваецца тэарэма Карыюліса.

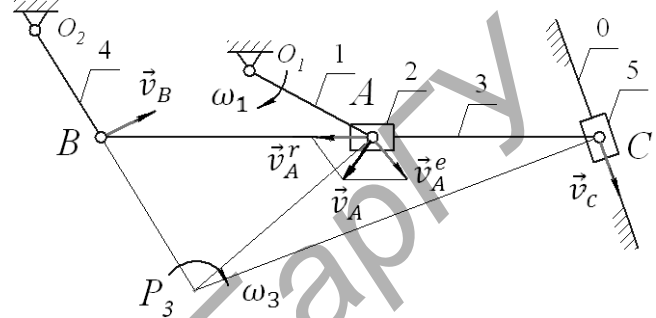


Рис. 4. Трохпавадкавая група з паступальнымі кінематычнымі парамі; размеркаванне скорасцей

Зключэнне. Як адзначалася вышэй, кінематычны аналіз трохпавадкавых груп традыцыйна выконваецца графічным метадам. З пашырэннем камп'ютэрызацыі графічныя метады паўсюдна саступаюць аналітычным. У артыкуле ў агульным выглядзе і на прыкладзе паказана, што пераход да аналітычнага метаду аналізу трохпавадкавых структурных груп можа быць рэалізаваны сродкамі тэарэтычнай механікі.

СПІС ЦЫТУЕМЫХ КРЫНІЦ

1. Артоболевский, И.И. Теория механизмов и машин. – Москва: Наука, 1988. – 639 с.
2. Яблонский, А.А. Курс теоретической механики / А.А. Яблонский, В.М. Никифорова – М.: Высшая школа, 1963. – Часть 1. – 431 с.
3. Механика. Научные исследования и учебно-методические разработки: сб. науч. тр. – Гомель: БелГУТ, 2009. – 242 с.
4. Курсовое проектирование по теории механизмов и машин / Под ред. А.С. Кореняко. – Киев: Выща школа, 1970. – 332 с.

Материал поступил в редакцию 09.09.15

RUSAN S.I., GAVRILENYA A.K. Analytical method of kinematic analysis of three tier structural group

Three tier structural group is the object of kinematic research in the course of the theory of mechanisms and cars. With that aim graphic methods are traditionally used, but with the introduction of computer technologies these methods give way to analytical algorithm. In the article it is considered that analytical research of the specified structural group is possible when studying the topic «Plane-parallel movement» in the course of theoretical mechanics. Speeds are studied with the use of the instant centre of speeds. The theorem of addition of accelerations (on which basis the full system of algebraic equality is made) is applied to the analysis of accelerations. The example in which all kinematic characteristics of the group are defined is provided in the article. Features of the analysis of speeds of structural group with forward kinematic steams are considered.

УДК 629.3.082.2

Монтик С.В., Санюкевич Ф.М.

АНАЛИЗ МЕТОДИК ОЦЕНКИ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ АВТОТРАНСПОРТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Введение. Завершающей стадией технологического проектирования автотранспортных предприятий (АТП) является анализ технико-экономических показателей, который проводится с целью выявления степени технического совершенства и экономической целесообразности

Монтик Сергей Владимирович, к.т.н., доцент, заведующий кафедрой «Техническая эксплуатация автомобилей» Брестского государственного технического университета.

Санюкевич Федор Михайлович, к.т.н., доцент, доцент кафедры «Техническая эксплуатация автомобилей» Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.