

(*Arch. Electron. Rechnen*). – 1971. – V. 7. – P. 17 – 24. 8. Samotyj V., Shakya S. *Mathematical Model of Frequency Multiplier "Symmetric Scheme of Rectification with Voltage Doubling – Bridge Parallel Thyristor Chopper"* // *Technology (Journal of Engineering)*. – Kathmandu, 2000. – V. 9. – P. 58 – 62.
9. Silvester P. *Energy Conversion by Nonlinear slip-Ring Electric Machines*. – *IEEE Trans. Power App. and Syst.*, PAS-84, 1965.

УДК 621.865.8

В.А. Кирилович, І.Ю. Черепанська

Житомирський державний технологічний університет

ФОРМАЛІЗОВАНИЙ ОПИС ОРІЄНТУЮЧИХ РУХІВ ОБ'ЄКТІВ РОБОТИЗАЦІЇ НА ОСНОВІ ТЕОРІЇ КВАТЕРНІОНІВ

© Кирилович В.А., Черепанська І.Ю., 2006

Запропоновано формалізований опис орієнтуючих рухів об'єктів роботизації під час вторинного орієнтування з використанням теорії кватерніонів. Наведено порівняльний аналіз відомих та запропонованого методів, відзначено переваги останнього.

The formalized description of mechanassembly robotic objects orientation movements while secondary orientating on basis of quaternion theory is proposed. The comparative analysis of the known and proposed methods is given, the advantages of the proposed method are considered..

Постановка проблеми. Під час моделювання системи орієнтації об'єктів виробництва (СООВ), що складається з об'єктів виробництва (ОВ) – деталей, складальних одиниць, комплектуючих виробів, з якими взаємодіють пристрої орієнтування (ПО) [9, 15, 16, 17], виникають проблеми, які полягають у невідповідності між конструкторсько-технологічними ознаками ОВ, що орієнтуються, та функціональними можливостями ПО. Ці проблеми є наслідком технічної складності процесу орієнтування, великого різноманіття технологічних процесів та існуючих конструкцій ПО. Для часткового та успішного вирішення означених проблем необхідно здійснити формалізований опис СООВ, зокрема орієнтуючих рухів ОВ, які формують одну із найскладніших допоміжних технологічних операцій вторинного орієнтування, наприклад, для реалізації складального процесу [20] та яка являє собою ряд лінійних та кутових орієнтуючих рухів [18] та більш складно технічно реалізується порівняно з операцією первинного орієнтування, в зв'язку з чим вимагає ефективних та універсальних аналітичних методів формалізованого опису кутових орієнтуючих рухів з перспективою моделювання СООВ загалом. Формалізований опис орієнтуючих рухів ОВ, зокрема вторинного, є однією з найважливіших задач моделювання СООВ.

Мета дослідження. На основі аналізу існуючих методів формалізованого опису орієнтуючих рухів ОВ та процесу орієнтування запропоновано варіант формалізованого опису кутових орієнтуючих рухів ОВ за вторинного орієнтування з використанням теорії гіперкомплексних чисел, а саме – теорії кватерніонів.

Аналіз попередніх розробок та існуючих літературних джерел показав, що питання формалізованого опису орієнтуючих рухів ОВ під час моделювання СООВ як однієї із складових перспективного напрямку проектування гнучких виробничих систем (ГВС), що реалізуються під час їх функціонування, виділилось в окремий та актуальний напрямок досліджень в галузі автоматизованого синтезу роботизованих механоскладальних технологій [1, 2, 3, 6, 8, 9, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19]. Зокрема питання формалізованого опису орієнтуючих рухів ОВ за вторинного орієнтування, які являють собою ряд лінійних та кутових переміщень [18]. Однією із задач, що при цьому розв'язується, щодо формалізованого опису орієнтуючих рухів ОВ, накопичений значний досвід [1, 2, 3, 6, 8, 11, 13, 14, 18, 19] та розроблені різні методи їх опису під час переведення ОВ з

початкового орієнтованого положення (ПОП) у кінцеве орієнтоване положення (КОП) [9]. Існуючі методи опису кутових переміщень за вторинного орієнтування, які ґрунтуються на використанні *матриць поворотів із застосуванням кутів Ейлера* [14], *табличного* [1, 2, 6, 18] та *кінцево-автоматного* [3] способів представлення процесу орієнтування, мають багато очевидних недоліків. Так, методи, що наведені в [1, 2, 3, 6, 18], не мають системності в описі орієнтуючих рухів, дають можливість опису орієнтуючих рухів тільки з кутом повороту, кратним 90^0 , мають ускладнений алгоритм визначення складу орієнтуючих рухів (СОР) та визначення функціонального зв'язку ПО та ОВ щодо автоматичного орієнтування останніх. Метод, наведений в [14], є більш універсальним щодо представлення процесу орієнтування ОВ порівняно з попередніми методами і дає можливість опису орієнтуючих рухів на будь-який кут шляхом визначення узагальнюючих координат положення ОВ. Основна складність методу полягає у необхідності попереднього узгодження порядку виконання поворотів та перерахування кутів Ейлера – чистого повороту φ , прецесії θ та нутації ψ у матрицю поворотів з подальшим визначенням узагальнених координат положення ОВ. Крім того, наявна збитковість вхідної та вихідної інформації для опису орієнтованих положень ОВ та невизначена структура формалізованого опису орієнтуючих рухів ОВ.

Основний матеріал. На основі аналізу попередніх розробок та з врахуванням їх основних недоліків формалізований опис кутових орієнтуючих рухів ОВ повинен відповідати певним вимогам щодо забезпечення:

- 1 лаконічної, інформативної та однозначної структури формалізованого опису орієнтуючих рухів ОВ;
- 2 змістовності за відсутності збитковості;
- 3 зручності для “людської” та автоматичної (комп’ютерної) обробки;
- 4 можливості відображення функціонального взаємозв’язку ПО та ОВ щодо автоматичного орієнтування останніх;
- 5 можливості опису орієнтуючих рухів ОВ на довільний кут.

З врахуванням зазначеного формалізований опис кутових орієнтуючих рухів ОВ пропонується подавати з використанням деякої числової системи, яка називається кватерніонами [4, 7, 10]. Кватерніон – це впорядкована четвірка дійсних чисел s, a, b, c , які зв’язані з чотирма базисними елементами $1, i, j, k$, що мають такі властивості:

$$i^2 = j^2 = k^2 = -1; ij=k; jk=i; ki=j; ji=-k; kj=-i; ik=-j. \quad (1)$$

Будь-який кватерніон може бути записаний у вигляді

$$q = s \cdot 1 + a \cdot i + b \cdot j + c \cdot k = s + v, \quad (2)$$

де i, j, k – уявні одиниці; s – скалярна частина кватерніона; v – векторна частина кватерніона $v = a \cdot i + b \cdot j + c \cdot k$.

Іноколи кватерніон зручно подавати як набір чотирьох чисел, як число та 3D-вектор, як гіперкомплексне число з трьома уявними одиницями i, j, k , що може бути записано у вигляді

$$q = [s, a, b, c] = [\text{scalar}, (\text{vektor})] = [s, (a, b, c)] = s \cdot 1 + (a \cdot i + b \cdot j + c \cdot k) = s + v. \quad (3)$$

Під час описання поворотів кватерніон подають у вигляді [5]

$$q(v, \omega) = \cos \frac{\omega}{2} + v \cdot \sin \frac{\omega}{2}, \quad (4)$$

де v – одиничний вектор, співнаправлений з віссю повороту; ω – кут повороту.

Важлива особливість кватерніонів полягає в тому, що підмножиною кватерніонів є дійсні числа $(s,0,0,0)$; комплексні числа $(s,a,0,0)$; вектори в тривимірному просторі $(0,a,b,c)$ (рис. 1), а під час виконання дій множення кватерніонів не виконується закон комутативності [4, 7, 10], тобто $q_1 \cdot q_2 \neq q_2 \cdot q_1$.

Відповідно до зазначеного, базисні елементи i, j, k кватерніона можуть бути інтерпретовані як базисні вектори декартової системи координат у тривимірному просторі [5]. Причому довжина вектора $v = a \cdot i + b \cdot j + c \cdot k$ кватерніона q у тривимірному просторі визначається за формулою (5). Цей вектор виходить з початку координат O в точку M з координатами a, b, c (рис. 2). Тому

$$|v| = \sqrt{a^2 + b^2 + c^2}, \quad (5)$$

де v – векторна частина кватерніона (2); a, b, c – координати точки M , що задає напрямок вектора (рис. 2).

Множину кутових орієнтуючих рухів, необхідних для переведення системи координат x, y, z , зв'язаної з ОВ, із ПОП в КОП щодо абсолютної системи координат X, Y, Z з базисом i, j, k доцільно розглядати як окрему загальну функцію, наприклад, кутових орієнтуючих рухів, яку за аналогією з [21, 17], можна подати як перетворення $\Omega(v; \omega): C \rightarrow (v; \omega)$ кінцевої множини переміщень ОВ, що упорядковуються у просторі C , в кінцеве наперед задане положення $(v; \omega)$, де v, ω – відповідно вектор відносних поворотів та кутові координати ОВ, що орієнтуються.

Очевидно, що між загальною функцією кутових переміщень $\Omega(v; \omega)$ та складовими $\{f_i | i = n, v, vn, pn, zn\}$ відомої функції орієнтування f_{op} [17, 9] існує відповідність $H_u: \Omega(v; \omega) \rightarrow f_i$, що дає можливість формалізовано подати параметри кутових переміщень в складі формалізованого опису функції орієнтування та функціонально узгодити ПО та ОВ щодо автоматичного орієнтування останніх [15].

Загальна функція кутових орієнтуючих рухів $\Omega(v; \omega)$ може бути описана сукупністю параметрів, що визначають положення ОВ щодо абсолютної системи координат:

$$\Omega(v; \omega) \rightarrow [\Omega_1(\varphi); \Omega_2(\theta); \Omega_3(\psi)], \quad (6)$$

де $\Omega_1(\varphi), \Omega_2(\theta), \Omega_3(\psi)$ – параметри, що описують поворот ОВ щодо осей X, Y, Z абсолютної системи координат на кути φ, θ, ψ відповідно.

Параметри, що формують загальну функцію кутових орієнтуючих рухів $\Omega(v; \omega)$ відповідно до (4), можна подати відповідними кватерніонами:

$$\begin{aligned} \Omega_1(\varphi) &\rightarrow q_1(v; \varphi) = \cos \frac{\varphi}{2} + i \cdot \sin \frac{\varphi}{2}, \\ \Omega_2(\theta) &\rightarrow q_2(v; \theta) = \cos \frac{\theta}{2} + j \cdot \sin \frac{\theta}{2}, \\ \Omega_3(\psi) &\rightarrow q_3(v; \psi) = \cos \frac{\psi}{2} + k \cdot \sin \frac{\psi}{2}. \end{aligned} \quad (7)$$

З врахуванням вищезазначеного результатом деякої послідовності кутових переміщень ОВ в абсолютній системі координат X, Y, Z , є поворот ОВ на деякий кут $\omega \in (\varphi, \theta, \psi)$ щодо осі, що колінеарна одиничному вектору v (рис. 2). Причому загальна функція кутових орієнтуючих рухів $\Omega(v; \omega)$ може бути подана кватерніоном виду (4), а послідовність кутових орієнтуючих рухів, що

описуються відповідними параметрами повороту, – добуток відповідних кватерніонів.

Формалізований опис загальної функції кутових орієнтуючих рухів дає змогу структуровано подати сукупність параметрів, що визначають положення ОВ відносно абсолютної системи координат, та безпосередньо визначати геометричні характеристики переміщень ОВ в такий спосіб:

$$\Omega(v; \omega) \rightarrow \{ \{ [\Omega_1(\varphi) \nabla 1] \wedge [< \Omega_2(\theta) \wedge \Omega_3(\psi) > \nabla < \Omega_3(\psi) \wedge \Omega_2(\theta) >] \} \nabla \{ [\Omega_3(\psi) \nabla 1] \wedge [< \Omega_2(\theta) \wedge \Omega_1(\varphi) > \nabla < \Omega_1(\varphi) \wedge \Omega_2(\theta) >] \} \nabla [\Omega_1(\varphi) \wedge \Omega_3(\psi)] \nabla [\Omega_3(\psi) \wedge \Omega_1(\varphi)] \}, \quad (8)$$

де \wedge, ∇ – математичне позначення логічних функцій кон'юнкції та виключної диз'юнкції відповідно [12].

Наприклад, запропонований формалізований опис загальної функції кутових орієнтуючих рухів ОВ із ПОП у КОП щодо векторів i на кут $\varphi=10^0$, j на кут $\theta=27^0$ та вектора k на кут $\psi=40^0$ відповідно до рис. 3 має такий вигляд:

$$\Omega(v; \omega) \rightarrow [\Omega_1(\varphi) \wedge \Omega_2(\theta) \wedge \Omega_3(\psi)]. \quad (9)$$

Для цього прикладу процес переведення ОВ з ПОП у КОП шляхом здійснення послідовних кутових орієнтуючих рухів (9) може бути поданий у вигляді добутка трьох кватерніонів q_1, q_2, q_3 , що відповідають параметрам $\Omega_1(\varphi), \Omega_2(\theta), \Omega_3(\psi)$ виразу (10), які формують загальну функцію кутових орієнтуючих рухів:

$$\begin{aligned} \Omega_1(10) &\rightarrow q_1(v; \varphi) = \cos \frac{10}{2} + i \cdot \sin \frac{10}{2}, \\ \Omega_2(27) &\rightarrow q_2(v; \theta) = \cos \frac{27}{2} + j \cdot \sin \frac{27}{2}, \\ \Omega_3(40) &\rightarrow q_3(v; \psi) = \cos \frac{40}{2} + k \cdot \sin \frac{40}{2}. \end{aligned} \quad (10)$$

З врахуванням вищезазначеного для розглядуваного прикладу загальна функція кутових орієнтуючих рухів ОВ за формулою (9) може бути описана загальним кватерніоном:

$$\begin{aligned} q(v; \omega) &= q_1 \cdot q_2 \cdot q_3 = \left(\cos \frac{10}{2} + i \cdot \sin \frac{10}{2} \right) \cdot \left(\cos \frac{27}{2} + j \cdot \sin \frac{27}{2} \right) \cdot \left(\cos \frac{40}{2} + k \cdot \sin \frac{40}{2} \right) = \\ &= \cos 25,43^0 + (0,158 \cdot i + 0,189 \cdot j + 0,350 \cdot k) \cdot \sin 25,43^0 = \\ &= q(0,158 \cdot i + 0,189 \cdot j + 0,350 \cdot k; 50,86) \equiv \Omega(v; 50^0 52'). \end{aligned} \quad (11)$$

Тобто результатом виконаних орієнтуючих рухів є поворот на $50,86^0$ навколо осі, колінеарної до вектора v , напрямком якого відповідно до (5), задається точкою $M(0,158; 0,189; 0,350)$ (рис. 3).

Отже, враховуючи властивості кватерніонів, застосування їх для формалізованого опису кутових орієнтуючих рухів ОВ дає змогу безпосередньо визначати геометричні характеристики цих переміщень: вісь обертання, кут повороту та його складові.

Довільні приклади формалізованих описів загальної функції кутових переміщень $\Omega(v, \omega)$ за кутових орієнтуючих рухів ОВ щодо базису $1, i, j, k$ абсолютної правої декартової системи координат X, Y, Z на кут φ, θ, ψ відповідно та кут повороту ОВ ω як результат здійснених переміщень наведені в табл. 1.

ПОП	КОП
$\Omega(v; 50^0 52') \rightarrow [\Omega_1(10^0) \wedge \Omega_2(27^0) \wedge \Omega_3(40^0)]$	

а	б
---	---

Рис. 3. Приклад формалізованого опису кутових орієнтуючих рухів ОВ під час переведення з ПОП у КОП

Таблиця 1

Довільні приклади формалізованих описів орієнтуючих рухів ОВ за вторинного орієнтування

Значення кутів повороту ОВ щодо абсолютної системи координат			Результат поворотів			Формалізований опис загальної функції кутових переміщень	
			ω	Положення вектора v щодо базису абсолютної системи координат X, Y, Z			
φ^0	θ^0	ψ^0		i	j	k	$\Omega(v; \omega) \rightarrow [\Omega_1(\varphi); \Omega_2(\theta); \Omega_3(\psi)]$
5	5	5	9	0,45	0,45	0,42	$\Omega(v; 9) \rightarrow [\Omega_1(5^0) \wedge \Omega_2(5^0) \wedge \Omega_3(5^0)]$
7	7	7	12° 47'	0,64	0,64	0,57	$\Omega(v; 12^\circ 47') \rightarrow [\Omega_1(7^0) \wedge \Omega_2(7^0) \wedge \Omega_3(7^0)]$
10	27	40	50° 52'	0,158	0,189	0,350	$\Omega(v; 12^\circ 47') \rightarrow [\Omega_1(10^0) \wedge \Omega_2(25^0) \wedge \Omega_3(40^0)]$
60	25	70	82° 5'	0,5070	-0,1269	0,3967	$\Omega(v; 82^\circ 5') \rightarrow [\Omega_2(25^0) \wedge \Omega_1(60^0) \wedge \Omega_3(70^0)]$
60	25	70	101° 52'	0,5070	-0,1269	0,5736	$\Omega(v; 101^\circ 52') \rightarrow [\Omega_1(60^0) \wedge \Omega_2(25^0) \wedge \Omega_3(70^0)]$
60	25	70	101° 52'	0,2923	0,4333	0,5736	$\Omega(v; 101^\circ 52') \rightarrow [\Omega_3(70^0) \wedge \Omega_1(60^0) \wedge \Omega_2(25^0)]$
60	25	70	82° 5'	0,2923	-0,1269	0,5736	$\Omega(v; 82^\circ 5') \rightarrow [\Omega_1(60^0) \wedge \Omega_3(70^0) \wedge \Omega_2(25^0)]$
60	25	70	101° 52'	0,5070	0,4333	0,3967	$\Omega(v; 101^\circ 52') \rightarrow [\Omega_2(25^0) \wedge \Omega_3(70^0) \wedge \Omega_1(60^0)]$
90	90	-	120	0,5	0,5	0,5	$\Omega(v; 120) \rightarrow [\Omega_1(90^0) \wedge \Omega_2(90^0)]$
-	90	90	120	-0,5	0,5	0,5	$\Omega(v; 120) \rightarrow [\Omega_3(90^0) \wedge \Omega_2(90^0)]$
50	40	-	63° 17'	0,397	0,31	0,145	$\Omega(v; 63^\circ 17') \rightarrow [\Omega_1(50^0) \wedge \Omega_2(40^0)]$
-	50	30	57° 52'	0,11	0,409	0,236	$\Omega(v; 57^\circ 52') \rightarrow [\Omega_2(50^0) \wedge \Omega_3(30^0)]$
53	53	-	74	0,399	0,399	0,199	$\Omega(v; 74) \rightarrow [\Omega_1(53^0) \wedge \Omega_2(53^0)]$

Як зрозуміло із виразу (9) та рис. 3, досягнення кінцевого орієнтованого положення ОВ є результатом виконання послідовних поворотів ОВ щодо відповідних базисних векторів на деякий кут. Очевидно, що технічна реалізація вказаних дій може бути виконана різними конструкціями ПО, що виконують підфункцію вторинного орієнтування f_s [9]. Це передбачає логічний формалізований взаємозв'язок загальної функції кутових переміщень $\Omega(v; \omega)$ із відомою функцією орієнтування f_{op} [9, 15, 17], що може бути використаний в подальшому за автоматизованого вибору ПО. *Таблиця 2*

Порівняльний аналіз запропонованого та відомих методів формалізованого опису орієнтуючих рухів ОВ за вторинного орієнтування

НАЗВА МЕТОДУ АВТОР	Табличний метод [0, 0, 0, 0]	Кінцево-автоматний метод [3]	Метод з використанням кутів Ейлера [14]
ОПИС МЕТОДУ			
1	2	3	4
ВИХІД НІ ДАНІ	форма подання	φ (град), γ (град), β (град)	φ (град), θ (град), ψ (град)

	коментар	кути, що описують ПОП	Дев'ятиелементний одновимірний масив, в якому послідовні трійки елементів визначають положення осей власної системи координат ОВ	кути, що описують ПОП
РЕЗУЛТАТ	форма подання	$\cos \alpha_x=0, \cos \alpha_y=0, \cos \alpha_z=0$		φ (град), θ (град), ψ (град)
	коментар	напрямні косинуси, що описують КОП	Дев'ятиелементний одновимірний масив, в якому послідовні трійки елементів визначають зміну положення осей власної системи координат ОВ щодо базової	кути, що описують КОП
ЕТАП ВИЗНАЧЕННЯ СОП	I	Визначення умови ПОП: $i_1 \times i_0 \neq 0; j_1 \times j_0 = 0; k_1 \times k_0 \neq 0;$ $\cos \alpha_x \neq 0; \cos \alpha_y = 0; \cos \alpha_z \neq 0;$ $r \neq 0.$	Визначення та опис ПОП за допомогою масиву	Задавання значень кутів $\varphi, \theta,$ та напрямку орієнтуючих рухів для переміщення з ПОП у КОП
	II	Визначення загальної матриці обертання, що відображає орієнтуючі рухи ОВ	Визначення та опис КОП за допомогою масиву	Визначення загальної матриці обертання, що відображає орієнтуючі рухи ОВ з використанням кутів φ, θ, ψ
	III	Визначення напрямних косинусів $\cos \alpha_x, \cos \alpha_y, \cos \alpha_z$	Формалізоване подання СОП	Визначення значень кутів φ, ψ КОП
	IV	Визначення умови КОП: $i_1 \times i_0 = 0; j_1 \times j_0 = 0; k_1 \times k_0 = 0;$ $\cos \alpha_x = 0; \cos \alpha_y = 0; \cos \alpha_z = 0;$ $r = 0.$	–	Як наслідок невизначеної структури формалізоване подання СОП неможливе
	V	Формалізоване подання СОП	–	–
ОБЧИСЛЮВАЛЬНІ ПОКАЗНИКИ		24 операції множення, 15 операцій додавання, 3 операції визначення арккосинусів кутів [2,10]	–	30 операцій множення, 15 операцій додавання, 3 операції визначення арккосинусів кутів [10,14]

1	2	3	4
НЕДОЛІКИ	-5 відсутність системності в описанні орієнтуючих рухів ОВ -6 можливість опису орієнтуючих рухів тільки з кутом повороту ОВ кратним 90^0 -7 ускладнення алгоритму визначення складу орієнтуючих рухів -8 ускладнення визначення функціонального зв'язку ПО та ОВ щодо їх автоматичного орієнтування	-9 відсутність системності в описанні орієнтуючих рухів ОВ -10 можливість опису орієнтуючих рухів тільки з кутом повороту ОВ кратним 90^0 -11 ускладнення визначення функціонального зв'язку ПО та ОВ щодо їх автоматичного орієнтування	-12 збитковість вихідної та підсумкової інформації -13 ускладнення алгоритму визначення складу орієнтуючих рухів

Таблиця 3

Приклади формалізованого опису орієнтуючих рухів ОВ за вторинного орієнтування за відомими та пропонованим методами

МЕТОД	ПОП	КУТ ПОВОРОТУ, КРАТНИЙ
	ФОРМАЛІЗОВАНИЙ ОПИС ОРІЄНТОВАНИХ ПОЛОЖЕНЬ	
Табличний метод	$\varphi = 90^0, \theta = 90^0, \psi = 90^0,$ $i_1 \times i_0 \neq 0; j_1 \times j_0 = 0; k_1 \times k_0 \neq 0;$ $\cos \alpha_x \neq 0; \cos \alpha_y = 0; \cos \alpha_z \neq 0;$ $r \neq 0$	ПОП → КОП: $(-k, j, i)$
Кінцевоавтоматний метод	X Y Z	ПОП → КОП: $(B, eor, C).and.$
Метод використання кутів Ейлера	$\varphi = 90^0, \theta = 0^0, \psi = 90^0, \alpha_x = 180^0$	ПОП → КОП: структура формалізованого опису
Метод використання теорії кватерніонів	$\varphi = 90^0, \theta = 0^0, \psi = 90^0$	ПОП → КОП: $\Omega(v; 120) \rightarrow \{ \Omega_1(90^0) \wedge$

Продовження табл. 3

	КУТ ПОВОРОТУ ДОВІЛЬНИЙ	
Табличний метод	–	–
Кінцевоавтоматний метод	–	–
Метод використання кутів Ейлера	$\varphi = 60^0, \theta = 0^0, \psi = 45^0$	ПОП→КОП: структура формалізованого опису
Метод використання теорії кватерніонів	$\varphi = 60^0, \theta = 0^0, \psi = 45^0$	ПОП→КОП: $\Omega(v; 73^0 42') \rightarrow [\Omega_1(60^0)]$

Порівняльний аналіз пропонованого та відомих методів формалізованого опису орієнтуючих рухів ОБ за вторинного орієнтування та приклади застосування кожного з методів для опису цих рухів з кутом, кратним 90^0 , та на довільний кут наведено в табл. 2 та 3.

Висновок. Формалізований опис кутових орієнтуючих рухів на основі теорії кватерніонів дає змогу формалізовано описати будь-які кутові переміщення ОБ за їх вторинного орієнтування, визначити склад та геометричні характеристики цих переміщень, функціонально узгодити ОБ з ПО з перспективою формалізованого опису та побудови моделі СООБ загалом, що дасть змогу автоматизувати вибір ПО для автоматичного орієнтування ОБ та оптимальну кількість етапів (позицій) автоматичного орієнтування під час синтезу ГВС. Крім того, пропонований метод вигідно відрізняється від відомих методів формалізованого опису орієнтуючих рухів ОБ за їх вторинного орієнтування тим, що дає можливість створення змістовного формалізованого опису з лаконічною, інформативною та однозначною структурою, забезпечує зручність „людської” та автоматизованої обробки, можливість опису орієнтуючих рухів ОБ на довільний кут та може відображати функціональний взаємозв’язок ПО та ОБ щодо автоматичного орієнтування останніх. Абсолютно нескладна програмна реалізація вказаного підходу, наприклад, із застосуванням загальнодоступного програмного продукту MS Excel, уможливило створити підручний матеріал для застосування пропонованого методу проектувальником під час наближених розрахунків відповідних елементів роботизованих механоскладальних технологій. Запропонований метод формалізованого опису орієнтуючих рухів ОБ на основі теорії кватерніонів дає змогу досить оптимістично розглядати проблеми формалізованого опису ПО з використанням єдиних змістовних одиниць на основі теорії кватерніонів.

1. *Introductory robotics / J.M. Selig. – Prentis Hall International (UK) Ltd, 1992. – 152 с.*
2. *Автоматизированные системы технологической подготовки робототехнического производства / Л.С. Ямпольский, О.М. Калинин, М.М. Ткач. – К., 1987.*
3. *Автоматизированный выбор роботов по кинематическим требованиям сборочной технологии / В.Н. Давыгора, В.А. Кирилович. – К., 1991.*
4. Балк М.Б. и др. *Реальные*

применения мнимых чисел. – К., 1988. 5. Ватульян А.О. Кватернионы // Соросовский образовательный журнал. – Соросов, 1999. – № 5. – С. 117–120. 6. Гавриш А.П., Ямпольский Л.С. Гибкие производственные системы: Учебник. – К., 1989. 7. Кантор И.Л., Солодовников А.С. Гиперкомплексные числа. – М., 1973. 8. Кирилович В.А., Лапковский С.С. Определение состава ориентирующих движений при автоматизированном проектировании роботизированных технологических процессов сборки // Праці Житомирського філіалу КПІ. Серія А. Техніка. – Житомир, 1993. – Вип. 1. – С. 156 – 160. 9. Кирилович В.А., Черепанська І.Ю. Формалізований опис функції орієнтування об'єктів роботизованих механоскладальних виробництв // Вісник ЖДТУ. – Житомир, 2005. – №1 (32). – С. 145 – 154. 10. Кураш А.Г. Курс высшей алгебры. – М., 1975. 11. Медвидь М.В. Автоматические ориентирующие загрузочные устройства и механизмы. – М., 1963. 12. Сигорский В.П. Математический аппарат инженера. – К., 1975. 13. Стенін О.А., Лапковский С.В., Стеніна М.О. Вивчення складу орієнтуючих рухів деталей // Вісник ЖІТІ. – Житомир, 2003. – №1 (24). – С. 171 – 181. 14. Фу К., Гонсалес Р., Ли К. Робототехніка / Пер. с англ. – М., 1989. 15. Черепанська І.Ю. До питання формалізації систем об'єктів механоскладальних роботизованих виробництв: Збірник наукових праць Житомирського військового орденів Жовтневої Революції і Червоного Прапора інституту радіоелектроніки ім. С.П. Корольова. – Житомир, 2004. – №8. – С. 116 – 123. 16. Черепанська І.Ю. Фасетне кодування пристроїв орієнтування роботизованих механоскладальних виробництв. Сучасні проблеми гуманізації та гармонізації управління: Матеріали 5-ї Міжнародної міждисциплінарної науково-практичної конференції / Харків: Українська Асоціація “Жінки в науці та освіті”, Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна, Житомирський інститут підприємництва та сучасних технологій, 2004. 17. Черепанська І.Ю. Формалізація орієнтуючих пристроїв роботизованих механоскладальних виробництв: Збірник тез доповідей III Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених “Крок у майбутнє”. – К., 2003. – С. 70 – 71. 18. Шабайкович В.А. Ориентирующие устройства с программным управлением: Технологические основы проектирования. – К., 1981. 19. Шабайкович В.А. Программное ориентирование деталей. – Львов, 1983. 20. Щукин В.М. Проектирование изделий в соответствии с требованиями автоматизированной сборки. – М., 1985.

УДК 621.518

А.Є. Березяк

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра метрології, стандартизації та сертифікації

СТАН СТАНДАРТИЗАЦІЇ ПОСЛУГ ТЕЛЕФОННОГО ЗВ'ЯЗКУ ЗАГАЛЬНОГО КОРИСТУВАННЯ В УКРАЇНІ

© Березяк А.Є., 2006

Розглянуто стан нормативно-технічного забезпечення послуг телефонного зв'язку загального користування в Україні, приділено увагу проблемам процесу стандартизації у цій галузі.

It was observed the normative-technical providing of services of the phone connection for general using in Ukraine, the attention was paid to problems of the process of standartization in this branch.

Вступ. Розширення Європейського Союзу (ЄС) створює якісно нову ситуацію на шляху до подальшого технічного, економічного та соціального розвитку України. Кордони України стають