

ДЕЯКІ АСПЕКТИ ГЕОМЕТРИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ НАВІГАЦІЙНИХ ПРИЛАДІВ НА ПРИКЛАДІ ВОЛОКОННО- ОПТИЧНИХ ГІРОСКОПІВ

Вірченко Г.А., д.т.н., професор,

Іванов С.В., к.т.н., доцент

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

(м. Київ, Україна)

***Анотація** – одним із прогресивних сучасних напрямків створення безплатформних інерціальних навігаційних систем є технологія застосування волоконно-оптичних гіроскопів. Це обумовлено такими корисними властивостями зазначених приладів як мала маса й габарити, висока точність і надійність, широкий діапазон вимірюваних куткових швидкостей, невелика вартість, незначне споживання енергії і т. д. Тому вдосконалення існуючої методології проектування наведених виробів становить доволі актуальну задачу. У даній публікації розглянуто деякі аспекти геометричного моделювання вказаних технічних об'єктів. Запропоновано узагальнені теоретичні засади щодо розроблення комплексного підходу до їх формоутворення. Окреслено типові вимоги стосовно належних засобів комп'ютерного проектування та конструювання. Визначено перспективні задачі проведення подальших досліджень у даному науковому напрямку.*

***Ключові слова** – волоконно-оптичні гіроскопи, геометричне моделювання, навігаційні прилади, комплексне комп'ютерне формоутворення, системи автоматизованого проектування.*

Постановка проблеми. Покращення технічних характеристик навігаційних приладів, зокрема волоконно-оптичних гіроскопів (ВОГ), становить важливу проблему сучасного розвитку засобів керування рухом кораблів, літаків, ракет тощо. Один із напрямків підвищення якості зазначених технічних об'єктів полягає в широкому застосуванні різноманітних систем автоматизованого проектування, базовою складовою яких є геометричне моделювання. Тому належне вдосконалення відповідних методів, способів, прийомів та алгоритмів комп'ютерного формоутворення становить важливу науково-прикладну задачу.

Аналіз останніх досліджень. Відомості стосовно принципів роботи ВОГ подано у виданні [1], де наведено основні характеристики цих навігаційних приладів. Праці [2, 3] присвячено безпосередньому проектуванню ВОГ. Зокрема, оцінці впливу параметрів елементів ВОГ з

відкритою петлею зворотного зв'язку на точність вимірювання та порівняльному аналізу ефективності видів намотки волокна чутливого елемента в умовах змінювання температури. Опис сучасного підходу до конструювання навігаційних приладів подано в публікації [4]. Дослідження [5] містить базові теоретичні положення методології структурно-параметричного геометричного моделювання, розробленої науковою школою прикладної геометрії КПІ імені Ігоря Сікорського.

Формулювання цілей статті. Метою даної праці є викладення концепції узагальнених геометричних моделей для комп'ютерного проєктування навігаційних приладів. Зазначений підхід сприятиме покращенню якості даної промислової продукції.

Основна частина. Перш ніж перейти до конкретних ілюстрацій процесів розроблення ВОГ, розглянемо деякі базові положення автоматизованого проєктування у приладобудуванні та методології структурно-параметричного формоутворення технічних об'єктів [5].

Для моделювання багатьох технічних систем характерне застосування двох діалектичних процесів – *аналізу* та *синтезу*, ітераційним результатом яких є проведення оптимізації проєктованого виробу. При цьому розв'язуються задачі визначення належної структури об'єкта та необхідних параметрів його елементів. Проаналізованим аспектам цілком задовольняє структурно-параметричне геометричне моделювання. Загальні принципи даної методології (комплексного підходу, варіантності, оптимальності, універсальності й уніфікації, відкритості та розвитку) пропонується доповнити новим принципом *ієрархічності*. Це доволі важливо для приладобудування, де процеси проєктування мають відповідну суттєву властивість. Остання полягає в доцільності застосування описів модельованих виробів у вигляді кількох ієрархічних рівнів з належними зв'язками між ними.

На основі використовуваного блочно-ієрархічного методу проєктування варто напрацювати *концепцію об'єктно-орієнтованого геометричного моделювання*. Її переваги полягають у структуризації засобів формоутворення відповідно до визначених класів об'єктів, зменшення трудомісткості розроблення за рахунок наслідування властивостей на різних рівнях ієрархії і т. д. Важливим є також виділення певних типових стадій, етапів, проектних процедур і рішень, їх уніфікація та узагальнення. При блочно-ієрархічному підході у проєктованій системі виділяють кілька рівнів. На верхньому застосовують загальний її опис, а на нижніх – більш докладний щодо окремих блоків. У приладобудуванні найбільш характерними є: *системний рівень* (загальні задачі – структурні схеми тощо); *макрорівень* (окремі пристрої, вузли і т. д. – принципіві та функціональні схеми, складальні кресленики тощо); *мікрорівень* (проєктування окремих деталей і т. д.).

На рис. 1, як приклад, показано структурну схему ВОГ згідно з дослідженням [2], де SLD – суперлюмінісцентний діод, PINFET –

спектрально та поляризаційно нечутливий квадратичний фотоприймач. Дана публікація містить також належні *аналітичні й алгоритмічні* моделі.

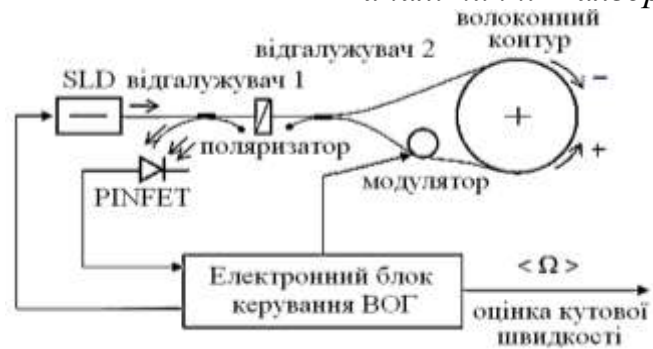
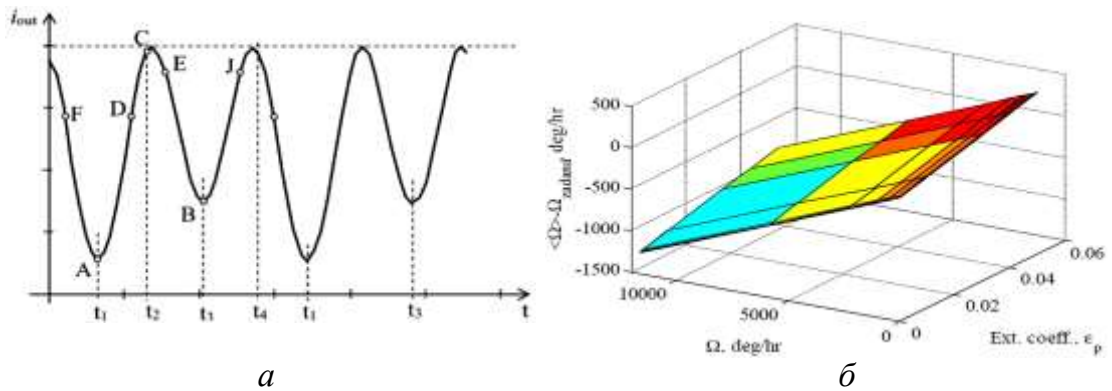


Рис. 1. Схема ВОГ з відкритою петлею зворотного зв'язку

У геометричному аспекті для виконання проектного аналізу використовуються графіки у дво- та тривимірному просторі, див. рис. 2.



а

б

Рис. 2. Графічні моделі у дво- та тривимірному просторі [2]:

- а – вихідний сигнал PINFET змінювання $i_{out}(t)$ струму протягом часу;
- б – залежність абсолютної похибки кутової швидкості Ω від коефіцієнта ϵ_p екстинкції поляризатора

Рис. 3 відповідно до статті [3] ілюструє види намотки котушки ВОГ.

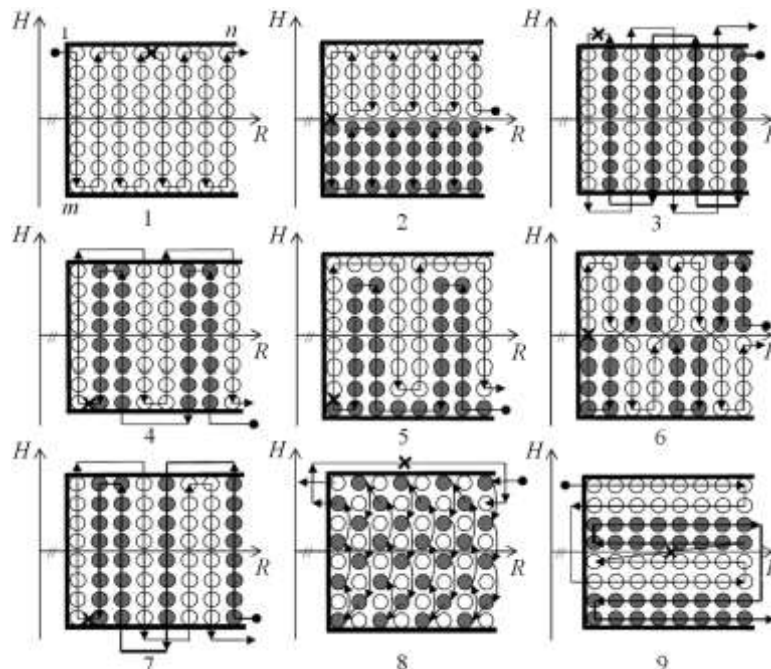


Рис. 3. Структурно-параметричні варіанти намотки котушки ВОГ

Кожний із наведених різновидів має свої переваги та недоліки. Відомо, що виконання аналізу великого числа проектних варіантів забезпечує обрання найкращого з них. У такий спосіб підвищується якість створюваної продукції. Продуктивним засобом реалізації вказаної процедури є застосування структурно-параметричного формоутворення.

Розв'язання диференціальних рівнянь розробленої в публікації [3] аналітичної моделі та побудова потрібних графіків здійснювалася в середовищі математичного пакета Matlab. Для цього зручні також схожі комп'ютерні програми, такі як Maple, Mathcad тощо. Для розроблення різноманітних схем придатні системи автоматизованого проектування AutoCAD, Splan, P-CAD, SolidWorks, NX, CATIA та ін. У трьох останніх, зокрема, ефективно реалізується описане у виданні [4] на прикладі пакета Creo параметричне твердотільне конструювання навігаційних приладів, проведення розрахунків механічних характеристик методом скінченних елементів, швидке прототипування, а також опрацювання технологічних процесів виготовлення продукції.

Отже, видно, що розроблення навігаційних приладів потребує узагальнених геометричних моделей, які забезпечують комплексне комп'ютерне формоутворення. Під останнім мається на увазі застосування геометричних даних як спільної основи для всіх стадій життєвого циклу виробів приладобудування.

Висновки. У даній публікації проаналізовано деякі аспекти геометричного моделювання навігаційних приладів на прикладі волоконно-оптичних гіроскопів у середовищі сучасних систем автоматизованого проектування. Окреслено перспективи проведення подальших наукових досліджень.

Бібліографічний список

1. Філатов Ю.В. Волоконно-оптический гироскоп. СПб.: ЛЭТИ, 2003. 52 с.
2. Іванов С.В. Вплив параметрів елементів волоконно-оптичного гіроскопа з відкритою петлею зворотного зв'язку на точність вимірювання. *Східно-Європейський журнал передових технологій*. 2016. №1/9(79). С. 16–24.
3. Іванов С.В. Порівняльний аналіз ефективності видів намотки волокна чутливого елемента волоконно-оптичного гіроскопа в умовах зміни температури. *Наукові вісті Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут"*. 2016. № 1. С. 99–106.
4. Евстифеев М.И., Елисеев Д.П. Современный подход к конструированию навигационных приборов. *Труды МАИ*. 2017. Вып. 97. 15 с.
5. Ванін В.В., Вірченко Г.А. Визначення та основні положення структурно-параметричного геометричного моделювання. *Геометричне та комп'ютерне моделювання*. 2009. Вып. 23. С. 42–48.