



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

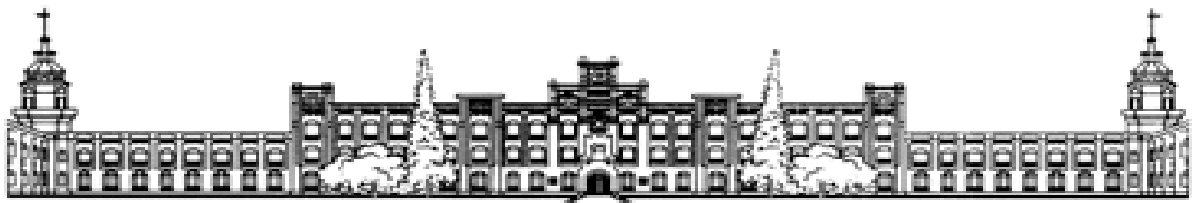
ПРИЛАДОБУДІВНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

II Всеукраїнська науково-технічна конференція студентів  
та аспірантів

# «ПОГЛЯД У МАЙБУТНЄ ПРИЛАДОБУДУВАННЯ»

10 квітня 2009 р.  
м. Київ, Україна

**ЗБІРНИК ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ**



Київ  
2009

# СЕКЦІЯ 1

## ТЕОРІЯ ТА ПРАКТИКА НАВІГАЦІЙНИХ ПРИЛАДІВ І СИСТЕМ

УДК 621.45:629.78

*Е.А. Степанов, Н.И. Бурау д.т.н., проф., зав. кафедри  
Национальный технический университет Украины «КПИ»*

### **ИССЛЕДОВАНИЕ МИРОВОГО РЫНКА ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ ТВЕРДОТЕЛЬНЫХ НОСИТЕЛЕЙ ИНФОРМАЦИИ**

На современном этапе развития науки и техники старые технологии хранения информации являются реальным ограничением для решений многих информационных задач. В истории наблюдается тенденция замены материалов передачи данных, от простейших рисунков и до технически сложных устройств, состоящих из многочисленного количества деталей. Человек задался вопросом сконструировать долгосрочный способ передачи информации для использования в качестве хранилища данных, что и привело к созданию книги. В дальнейшем возникает необходимость не только сохранения, но обработки имеющейся информации. С появлением вычислительных машин человек применяет в качестве носителя информации перфокарту и магнитную пленку. К сожалению, последние были не долговечны и передавали недостаточное количество данных. Уменьшение ЭВМ до размеров бытовых приборов привело к их широкому применению для задач различного уровня. Для данных использовали оптические диски CD и сложное механо - электрическое устройство HDD (винчестер). Проблемой дисков является сложность подготовки к работе с ними, а также легкость повреждения информации. Винчестер, не смотря на все усовершенствования, до сегодняшнего времени подвержен износу из-за хрупкости носителя и его сложности в изготовлении. На смену пришли носители информации, представляющие собой микроплаты из транзисторов, соединенных в соответствии с определенным алгоритмом. Проблемой стало создание подобных схем, содержащих большое количество информации. Тем не менее, достоинство данной конструкции привело к развитию технических возможностей, что, в конечном итоге позволило создать устройства твердотельных энергонезависимых носителей информации.

Внедрение твердотельных носителей информации произвело к появлению новой ниши, ведущие мировые компании-разработчики микропроцессорной техники предлагают новые разработки таких устройств. Устройства имеют различное применение и распространение, они отличаются архитектурой, способом переноса и хранения данных. В докладе анализируются изделия компаний Atmel, STMicroelectronics, Transcend, Samsung, Fujitsu и др., которые разработали устройства основанные на Flash , SRAM, NVRAM , PSM, EPROM и SERIAL NVM памяти, надежно защищающие информацию и применяющиеся в различных отраслях.

УДК 621.45:629.78

*І.М. Леонтєв, , Н.І Бурау, д.т.н., проф., зав. кафедри  
Національний технічний університет України «КПІ»*

### **ОРГАНІЗАЦІЯ ТА АРХІТЕКТУРА FLASH – ПАМ'ЯТІ**

На сьогоднішній день у світі йде швидке впровадження інформаційних технологій в системи керування повітряним рухом. Дана робота безпосередньо стосується впровадження сучасних накопичувачів інформації на переносних носіях, типу Flash – пам'яті. Flash-пам'ять – це особливий вид енергонезалежної з можливістю перезапису напівпровідникової пам'яті. На відміну від багатьох інших типів напівпровідникової пам'яті, комірка Flash-пам'яті не містить конденсаторів, а складається з одного транзистора особливої архітектури.

Історично Flash-пам'ять походить від ROM (Read Only Memory) пам'яті і функціонує як RAM (Random Access Memory). Flash-пам'ять (Flash Erase EEPROM) використовує відмінний від EEPROM тип комірки – транзистора. В останнє десятиріччя у світі випускаються мікросхеми Flash-пам'яті, в яких одна комірка зберігає два біта інформації. Така технологія зберігання двох і більше біт в одній комірці отримала назву багаторівневої комірки - (MLC - Multi Level Cell). В технології MLC використовується аналогова природа комірки пам'яті.

Найбільше розповсюдження отримали мікросхеми з організацією зв'язків між комірками Flash-пам'яті по типу NOR і NAND.

У архітектурі NOR комірки працюють у спосіб, подібний до EPROM. Вона є єдиним типом пам'яті, що працює на двох різних напругах. Найбільш пристосована для зберігання коду програм (PC BIOS, сотові телефони), є найкращою заміною звичайному EEPROM.

Найбільш придатним для застосувань, що орієнтовані на блочний обмін, та в якості заміника жорстких дисків, є тип пам'яті NAND (доступ довільний, але невеликими блоками (кластерами), послідовний інтерфейс).

Архітектура AND забезпечує послідовний доступ до комірок, це дещо нагадує NOR і NAND, комбінуючи їх найкращі властивості. Тип пам'яті DiNOR також комбінує властивості NOR і NAND. Доступ до комірок довільний, використовується особливий метод стирання даних, який попереджує перепалювання комірок, що сприяє збільшенню довговічності пам'яті.

Нещодавно з'явилися мікросхеми Flash-пам'яті, що забезпечують одночасні запис та стирання (RWW - Read While Write или Simultaneous R/W) у різні блоки пам'яті.

У доповіді проаналізовано особливості організації та архітектури Flash-пам'яті, загального принципу їх роботи.

УДК 629.78.05.001.2

*М.В. Голуб, студент; Ю.В. Степанковський, к.т.н., доцент*

*Національний технічний університет України*

*“Київський Політехнічний Інститут, м. Київ, Україна*

## **ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ВИКОНАВЧИХ ОРГАНІВ МОМЕНТНОГО МАГНІТОПРИВОДА**

Метою дослідження являється порівняльний аналіз по масі та енергоспоживанню виконавчих органів моментного магнітопривода (ВО ММ).

В даний час використовуються різні системи орієнтації штучного супутника Землі (ШСЗ). Системи з реактивними двигунами мають найбільші функціональні можливості, але вони не можуть бути використані для довготривалих задач, тому що використовують робоче тіло, яке не відновлюється. Одним із варіантів керування орієнтацією ШСЗ являється використання ММ, що використовує для своєї роботи електричну енергію, яку можна поповнювати за рахунок сонячних батарей. Оскільки маса і енергоспоживання системи орієнтації є досить обмеженими, то постає задача мінімізації маси та енергоспоживання.

Проведено порівняльний аналіз котушок без сердечника та електромагнітних ВО ММ, при цьому порівняння проводилось по потрібній масі. Враховувалось, що потрібна маса включає і еквівалентну масу джерела живлення.

Розглянуто методику розрахунку ВО ММ у вигляді котушки без сердечника, в результаті чого було отримано розрахункові співвідношення, які дозволяють обчислити масу та енергоспоживання.

Для електромагнітних ВО ММ на основі кривих намагнічування матеріалів проведено розрахунки маси та енергоспоживання для трьох матеріалів сердечника – пермалоя 50Н, пермендіюра та електротехнічної сталі, на основі створеного програмного забезпечення. Показано, що з точки зору мінімізації сумарної маси системи доцільно працювати на ділянці перегину кривої намагнічування, для сучасних характеристик сонячних батарей.

В процесі дослідження показано, що з точки зору потрібної маси електромагнітні ВО ММ не мають великих переваг над котушками без сердечника, але в процесі удосконалення сонячних батарей цей висновок може бути переглянутим.

*Ключові слова:* системи орієнтації, моментний магнітопривід, штучний супутник Землі, крива намагнічування.

УДК624.04:681.3

*Ю.В. Кльофа, Н.І. Бурау, д.т.н., проф., зав. кафедри  
Національний технічний університет України «КПІ»*

## **МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ КОНСТРУКЦІЙ ІНЖЕНЕРНИХ СПОРУД**

Проблема безпечної експлуатації інженерних об'єктів стає з кожним роком все актуальнішою. Це пов'язано з тим, що їх старіння відбувається швидше, ніж оновлюється діагностична техніка та створюються методики

проведення діагностичних робіт. Тому для складних інженерних споруд актуальною задачею є створення їх динамічних моделей та встановлення залежностей параметрів, що характеризують їх технічний стан (ТС) від множини параметрів пошкоджень, які зароджуються та розвиваються в елементах конструкцій споруд.

В загальному випадку в якості діагностичних моделей складних об'єктів використовують системи алгебраїчних чи диференціальних рівнянь, регресійні, логічні співвідношення, функціональні та структурні схеми, що дозволяють пов'язати параметри ТС з вібраційними чи віброакустичними характеристиками об'єкту.

Для розв'язання проблеми прямого динамічного розрахунку конструкцій використовують два основних методи: пряме інтегрування та розкладання за власними формами. Метод розкладання за власними формами застосовується тільки в рамках лінійного розрахунку, а методи ж прямого інтегрування носять загальний характер і можуть застосовуватись для розв'язання всіх задач динамічного розрахунку конструкцій. Діагностична модель об'єкту повинна встановити функціональну залежність між простором станів об'єкту та простором діагностичних ознак.

На сьогоднішній день для моделювання багатьох інженерних споруд використовується метод скінчених елементів; оскільки просторова дискретна трьохвимірна розрахунково-динамічна модель, яка застосовується в ньому, здатна найбільш повно врахувати всі особливості реального об'єкту при врахуванні багатьох факторів: конструктивних навантажень, взаємозв'язків між елементами, сейсмічного впливу та ін. Причому, моделювання складних просторових об'єктів в основному проводиться за методом вільних коливань, який дозволяє визначати власні форми та частоти коливань, області найбільших напружень, що є необхідною інформацією для розробки методів і засобів визначення технічного стану контрольованих об'єктів. В роботі представлені результати моделювання окремих елементів конструкцій (балки, перекриття) за методом скінчених елементів. Отримані результати дозволяють визначити параметри напружено-деформованого стану елементів конструкцій, оцінити поточний ТС та запропонувати методи його контролю.

УДК 621.45:629.78

*І. В. Єщенко, Н.І. Бурау, д.т.н., проф., зав. кафедри  
Національний технічний університет України «КПІ»*

## **ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ТА ВІДНОВЛЕННЯ ІНФОРМАЦІЇ У НАКОПИЧУВАЧАХ ТИПУ FLASH-ПАМ'ЯТІ**

Невід'ємною частиною систем реєстрації та обробки навігаційної і діагностичної інформації сучасних літальних апаратів (ЛА) є накопичувачі інформації. Розвиток та вдосконалення систем керування і діагностики ЛА висувають такі вимоги до накопичувачів інформації: максимальний корисний об'єм, мінімальні габаритні розміри, повинен забезпечувати зберігання всього прийнятого інформаційного потоку, внутрішній контроль справності та якості записаної інформації.

Реалізація такого накопичувача може бути виконана на основі Flash-пам'яті. Для цього необхідно дослідити існуючі на сьогоднішній день у світі технічні рішення та алгоритми із збереження інформації на твердо тільних переносних носіях, провести аналіз переваг та недоліків, проаналізувати можливості відновлення файлової структури при частковому пошкодженні. До найбільш поширених на практиці карт пам'яті відносяться CompactFlash (CF), MultiMedia Card, SD Card, Memory Stick, SmartMedia, XD-Picture Card, PC-Card (PCMCIA чи ATA-Flash).

Усі пристрої Flash-пам'яті мають обмеження по кількості циклів перезапису. Іноді операційні системи (ОС) комп'ютерних пристроїв виконують запис даних в одну й ту саму область, що призводить до більшого виробітку ресурсу окремих секторів пам'яті.

Фізичне пошкодження призводить до пошкодження транзисторів, з яких складаються елементарні комірки пам'яті – кластери. В такому разі першим кроком відновлення може бути форматування Flash-пам'яті. Якщо порушена файлова структура USB Flash-пам'яті, то для відновлення інформації зчитується образ носія, проводиться аналіз і сканування для відновлення файлової структури. Переважна більшість випадків зникнення інформації з носіїв Flash-пам'яті пов'язані з пошкодженням логічної структури даних. Для відновлення інформації використовуються спеціальні реанімаційні утиліти.

В доповіді наведено результати аналізу сучасних переносних носіїв інформації типу Flash-пам'яті, порівняльний аналіз найбільш поширених карт пам'яті: CompactFlash (CF), MultiMedia Card, SD Card, Memory Stick, SmartMedia, XD-Picture Card, PC-Card (PCMCIA чи ATA-Flash). Наведено дані про сучасні програмні продукти, які використовуються для відновлення файлової структури та перенесення інформаційних файлів у разі часткової втрати працездатності Flash-мікросхем.

УДК 531.383

*О.В. Кривицький, студент, Ю.М. Рудик, кандидат технічних наук.*

*Національний технічний університет України*

*«Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна*

## **МОДЕРНІЗАЦІЯ ГІРОСКОПІЧНОГО БЛОКУ ТАНКОВОГО СТАБІЛІЗАТОРА**

Проведено аналіз конструкції танкового гіростабілізатора.

На основі проведеного аналізу конструкції гіростабілізатора, були розроблені методи підвищення точності системи стабілізації.

Проведена модернізація конструкції блоку шляхом застосування сучасної елементної бази.

Системи гіроскопічної стабілізації різних видів використовуються в навігаційних приладах та системах управління літаків і кораблів, а також в системах орієнтації антен, телескопів та інших приладів, встановлених на рухомих об'єктах та об'єктах військової техніки.

У даній роботі, в якості системи гіроскопічної стабілізації, була розглянута система автоматичного регулювання, яка забезпечує на рухомому

об'єкті збереження орієнтації деякого тіла (платформи) відносно системи координат, осі якої деяким чином орієнтовані у просторі. Також було складено та детально розглянуто рівняння руху одноосьового індикаторного гіростабілізатора, оцінено похибку стабілізації та похибку викликану моментом сил сухого тертя, виконана оцінка вимог до параметрів та запасу стійкості системи стабілізації, забезпечена необхідна точність при заданих показниках якості процесу регулювання, побудована бажана ЛАХ системи стабілізації. Розглянуті особливості роботи системи стабілізації з датчиками кутової швидкості.

*Ключові слова:* одноосьовий індикаторний гіростабілізатор, система гіроскопічної стабілізації.

УДК 681.515.2

*Патратій В., студент; Богом'я В.І., к.т.н., с.н.с.,  
Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна*

## **ОПЕРАТОРНИЙ МЕТОД АНАЛІЗУ Й СИНТЕЗУ ЛІНІЙНИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ**

Коригувальні пристрої забезпечують необхідну точність системи та прийнятний характер перехідних процесів, тобто якість регулювання.

Застосування коригувальних пристроїв спрямовано на введення в алгоритм керування похідних та інтегралів від помилки й зовнішніх впливів. При цьому диференціювання й інтегрування може здійснюватися або у всьому частотному діапазоні роботи системи, або на деякому його інтервалі.

Найбільш універсальним і ефективним методом підвищення точності є збільшення загального коефіцієнта підсилення системи автоматизованого керування. Це можна зробити за рахунок введення в систему додаткових підсилювачів. Однак при збільшенні загального коефіцієнта підсилення система наближається до границі стійкості. При деякому граничному значенні коефіцієнта підсилення система може стати нестійкою. Таким чином, корегуючі пристрої повинні не тільки збільшити коефіцієнт підсилення системи, але й одночасно підвищувати запас стійкості.

У роботі було проведено аналіз об'єкту керування; отримано рішення задачі стабілізації, у тому числі побудовано передатна функція коригувального пристрою; синтезовано система автоматизованого керування; за допомогою програми Matlab побудована електронна модель коригувального пристрою та проведено дослідження розробленої системи керування.

УДК 531.383

*Б.О. Головацька, студентка; керівник – Ю.Ф. Лазарєв, к.т.н., доцент  
НТУУ «Київський Політехнічний Інститут»*

## **МОДЕЛЮВАННЯ ПОВОДЖЕННЯ МАЯТНИКА ФУКО**

Маятник Фуко був створений французьким фізиком Леоном Фуко для доведення обертання Землі навколо осі полюсів. У спрощеній постановці задача теоретичного дослідження поведінки маятника Фуко, відносно

поверхні Землі, розглядається у багатьох літературних джерелах, зокрема, - у [1]. У докладі порівнюються різні форми подання рівнянь відносного руху маятника Фуко. Складена більш повна математична модель руху математичного маятника, встановленого на поверхні Землі, з врахуванням власного обертання Землі, широти місця розташування маятника. Враховано також вплив моментів сил тертя на рух маятника. На основі цієї моделі складена програма чисельного інтегрування рівнянь цієї моделі у комп'ютерній системі MatLab. Проведено моделювання за цією програмною моделлю. Виявлена залежність параметрів руху маятника від початкових умов, довжини маятника, широти місця.

Створена модель може допомогти в проектуванні і найбільш ефективному застосуванні маятників Фуко в цілях демонстрування обертання Землі. Крім того, створену модель за своєю структурою схожа з математичними моделями де-яких гіроскопічних приладів таких, як осциляторні гіроскопи, і тому може стати у пригоді при вивченні їх поводження, і виявлення їх похибок.

#### *Література:*

1. Лойцянский Л. Г., Лурье А.И. Курс теоретической механики, т. 2, Динамика / учебное пособие. – М.: ГИТТЛ, 1955. – 596 с.
2. Сивухин Д. В. Общий курс физики: Учеб. пособие для вузов., т.1. Механика. – М.: ФИЗМАЛИТ, 2006. – 560 с.
3. Халфман Р. Динамика. – М.: Наука, 1972. – 568 с.

УДК 531.383

*І. В. Васильковський, студент; керівник – Ю.Ф. Лазарєв, к.т.н., доцент, В. Ю.*

*Битяк, студент*

*НТУУ “Київський Політехнічний Інститут”*

### **ДОСЛІДЖЕННЯ РУХУ УЗАГАЛЬНЕНОГО ГІРОМАЯТНИКА**

Розглянута математична модель гіроскопічного приладу, який є проміжною ланкою між маятниковим гірокомпасом і гіромаятником. Він відрізняється від вказаних тим, що зсув центру мас приладу відносно точки підвісу здійснений не у напрямку кінетичного моменту гіроскопа (як у гіромаятника) і не в перпендикулярному напрямку (як у маятничого гірокомпаса), а в проміжному напрямку. У подальшому такий прилад називається узагальненим гіромаятником.

Складені рівняння руху, проаналізований власний рух, а також рух при хитах основи. Показано, що у часткових випадках рух узагальненого гіромаятника збігається з відомими рухами маятничого гірокомпаса або гіромаятника.

Створена програмна модель у середовищі комп'ютерної системи Matlab, яка реалізує чисельне інтегрування складених рівнянь. Проведено моделювання за цією моделлю. Воно показало адекватність створеної моделі, яка підтверджується збігом результатів з відомими у часткових випадках.



Виявлені нові особливості руху узагальненого гіромаятника. Наведені результати досліджень можуть бути застосовані як у проектуванні нових гіроскопічних приладів, так і у навчальному процесі.

*Література*

1. Булгаков Б. В. Прикладная теория гироскопов. - М.: МГУ, 1976. – 400 с.
2. Одинцов А. А. Теория и расчет гироскопических приборов. Учебник. – К.: Вища школа, 1985. – 392 с.

УДК 629.7

*Лакоза С.Л., Мелащенко О.М.*

*НТУУ «КПІ», ПБФ, Кафедра ПСОН, м. Київ, Україна*

**ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ОЦІНЮВАННЯ ОРІЄНТАЦІЇ ТВЕРДОГО  
ТІЛА ЗА ДІЇ ЛІНІЙНИХ ПРИСКОРЕНЬ**

Розвиток мікроелектромеханічних (MEMS) технологій дав новий поштовх розвитку задач синтезу високоефективних і точних алгоритмів визначення орієнтації твердого тіла, що пов'язано з можливістю комплексування системи не надто точних датчиків і їхньою інформаційною надлишковістю за відносної дешевизни комплексу.

Задача визначення орієнтації твердого тіла є основною при керуванні рухом наземних, повітряних, морських об'єктів, при розв'язанні задач стабілізації положення. Також досить актуальною ця задача є для інерціальних систем віртуальної реальності.

Комплексування даних полягає в комбінуванні інформації від різних датчиків і дає змогу, обробляючи дані разом, значно підвищити точність оцінювання потрібних величин, на відміну від розрізненого використанні доступної інформації.

Доповняльний фільтр, який розглядається в доповіді, є кватерніонним втіленням фільтрів, побудованих на основі використання кутів Ейлера; в ньому використовується три типи датчиків для отримання інформації про орієнтацію об'єктів: тривісний акселерометр, тривісний датчик кутової швидкості (ДКШ) і тривісний магнітометр.

ДКШ, виконані за MEMS-технологією характеризуються значним дрейфом. Для коректування виміряної кутової швидкості у горизонтальній і вертикальній площинах використовуються дані з акселерометрів та магнітометрів. Для цього в доповіді розглядається кватерніонний фільтр Калмана, що являє собою послідовний рекурсивний алгоритм оцінювання кватерніону орієнтації. Особливістю даного алгоритму є те, що його модель вимірювань є лінійною у кватерніонній формі запису.

Суттєвою проблемою при визначенні орієнтації об'єкта є вплив лінійних прискорень. Це пов'язано з тим, що за наявності прискорень акселерометри вимірюють не дійсну, а уявну вертикаль. В алгоритмі фільтра для зменшення похибки від дії великих прискорень реалізовано архітектуру вибору коректної моделі. Для визначення прискореного руху твердого тіла використовується умова відхилення норми модуля вектора прискорення від одиниці з врахування рівня шуму датчиків.

*Ключові слова:* визначення орієнтації твердого тіла, доповняльний фільтр, фільтр Калмана.

УДК 531

*Філоненко К. В., студентка, Лазарєв Ю. Ф., к. т. н., доцент  
НТУУ "Київський політехнічний інститут"*

## **МОДЕЛЮВАННЯ ПОВОДЖЕННЯ КОЛИВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ З ВНУТРІШНІМ ТЕРТЯМ**

При аналізі руху реальних механічних коливальних систем виникає потреба враховувати вплив на поведінку цих систем внутрішнього тертя, що виникає в матеріалі тіл, що деформуються. Характерною особливістю внутрішнього тертя є його незалежність від швидкості деформування. При цьому теоретичний опис сил дисипації стає доволі складним, бо сила опору стає залежною не тільки від амплітуди деформування, але й від предісторії деформування (завдяки реологічним властивостям). Особливо важко, але у той же час і важливо, описати процес деформування при нестационарних циклах коливань, коли амплітуда циклічного деформування змінюється з часом.

Більшість теорій внутрішнього тертя описують процес циклічного сталого деформування (Давиденков Н. Н., Сорокін Е. С.). Для опису нестационарного циклічного деформування найбільш вдалою і загальною виявляється теорія побудована О. Ю. Ішлинським. Вона спирається на статистичний опис кількості

волокон у поперечному перерізі елемента, що деформується, з однаковими значеннями модуля пружності.

На основі цієї теорії був побудований теоретичний опис процесу циклічного, але не стаціонарного деформування і створена програмна модель такого процесу. Теоретично було розглянуто три види розподілу кількості волокон рівномірний, лінійний і квадратичний. Знайдені формули деформування при цих законах розподілу для випадку нестационарного циклічного деформування. У якості прикладу у програмі реалізовано лінійний розподіл деформування волокон, що починається з недеформованого стану пружного елемента. Результати моделювання достатньо точно описують реальний процес деформування.

#### Література

1. Давиденков Н. Н. О рассеянии энергии при вибрациях // ЖТФ, т. VIII, вып. 6, 1938
2. Сорокин Е.С. К теории внутреннего трения при колебаниях упругих систем // Академия строительства и архитектуры СССР. ЦНИИ строительных конструкций. – М.: Госстройиздат, 1960. – 131 с.
3. Ишлинский А. Ю. Некоторые применения статистики к описанию законов деформирования тел // Изв. АН СССР, ОТН, № 9, 1944
4. Лазарев Ю. Ф. Исследование динамической точности торпедных гироскопов направления // Диссертация на соискание ученой степени к. т. н. – К.: КПИ, 1971. – 190 с

УДК 621.317.4

*Кучер В.В., Мелащенко О.М.*

*Національний технічний університет України*

*«Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна.*

## **ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ АЛГОРИТМІВ КАЛІБРУВАННЯ МАГНІТОМЕТРІВ**

Магнітометри – прилади, які використовуються для того, щоб виміряти модуль і напрям вектора індукції магнітного поля. В авіації зазвичай використовується пара одновісних магнітометрів, встановлених перпендикулярно один до одного, або тріада магнітометрів, встановлена ортогонально. Знаючи вектор індукції магнітного поля Землі в координатах, пов'язаних з об'єктом, обчислюється кут між напрямком поздовжньої осі об'єкту і магнітним північним полюсом Землі. Чим точніше вимірювання магнітометра, тим, відповідно, точніше визначення параметрів орієнтації рухомого об'єкту. Похибки, що виникають під час вимірювання вектору магнітної індукції призводять до неможливості точного визначення орієнтації. Процес калібрування включає в себе визначення цих похибок з метою їх подальшої компенсації.

Традиційний метод калібрування магнітометрів є дуже рутинною процедурою, яка називається «повертання». Вона пов'язана з вимірюванням

та обертанням об'єкту, який містить магнітометр, через положення, в яких відомі точні параметри.

В даній доповіді виконується порівняння стандартного методу калібрування та методу калібрування, що використовує підхід нелінійного оцінювання. На відміну від стандартного методу, цей алгоритм не залежить від місцеположення об'єкту. Цей метод базується на тому факті, що безпомилкове вимірювання місцеположення двох взаємо-перпендикулярних магнітометрів – коло. Радіус цього кола рівний величині горизонтальної складової локального вектору магнітної індукції Землі. Величина радіусу змінюється із зміною широти. Зміна вектора магнітної індукції в залежності від широти добре відома і точно змодельована.

Проаналізувавши методи калібрування та порівнявши їх між собою можна зробити висновок, що метод нелінійного оцінювання є набагато простішим у використанні і дозволяє точно оцінити похибки магнітометрів. Робастність другого методу була доведена експериментально навіть при наявності значних шумів датчиків. Інше доведення робастності нелінійного оцінювання - те, що досить навіть малої частини еліпсоїда місцеположення, щоб процес оцінювання працював.

*Ключові слова:* магнітометр, визначення орієнтації, калібрування.

УДК531.383(07)

*А.О. Антонюк, студентка, В.В. Мелешко, кандидат технічних наук, доцент.*

*Національний технічний університет України*

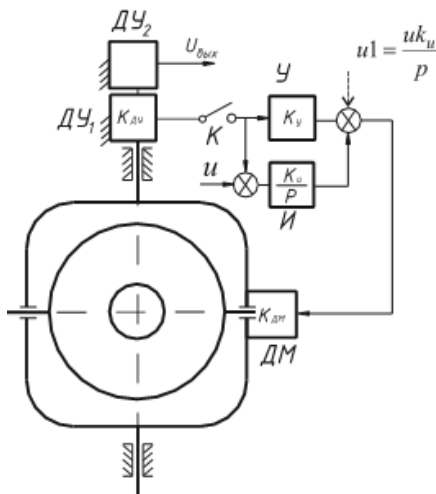
*“Київський політехнічний інститут”*

### **КАЛІБРУВАННЯ ДРЕЙФУ ГІРОСКОПА НАПРЯМКУ**

Гіроскоп напрямку (ГН) – це гіроскопічний прилад, що заснований на використанні триступеневого гіроскопа з горизонтальним положенням головної осі, що контролює зміни курсу рухомого об'єкта. За відсутності зовнішніх моментів гіроскоп стає вільним, тобто зберігає початково-задану орієнтацію, відносно інерціальної системи координат. Отже, щодо земної системи він буде обертатися з швидкістю, рівною і протилежно направленою до абсолютної швидкості повороту земної системи координат. Тому, для збереження заданої орієнтації в опорній системі координат необхідно забезпечити азимутальну та горизонтальну корекції.

Для досягнення більшої точності в ГН використовують схему із запам'ятовуванням і компенсацією уходу гіроскопа. Схема складається з підсилювача та інтегратора, увімкнених паралельно (т.з. ізодрома). На виході інтегратора запам'ятовується електричний сигнал, який використовується для компенсації уходу гіроскопа напрямку.

Структурна схема системи показана на рис.



Введення інтегратора супроводжується появою нової завади - дрейфу інтегратора, який в літературі при розрахунках ГН не враховано.

Врахуємо дрейф нуля інтегратора у схемі та отримаємо такі формули :

$$\alpha = \left[ -k_{\text{дв}} \left( k_y + \frac{k_n}{p} \right) + u \frac{k_n}{p} \right] \cdot k_{\text{дм}} \cdot \frac{1}{Hp} + \frac{M_{\text{п}}}{Hp} - \frac{\omega \sin \varphi}{p}$$

В усталеному стані , тобто при  $p=0$  :

$$\alpha_{\text{уст}} = -\frac{u}{k_{\text{дв}}}$$

Напруга на виході ізодрому в усталеному стані :

$$U_{\text{ізуст}} = \frac{-M_{\text{п}} + H\omega \sin \varphi}{k_{\text{дм}}}$$

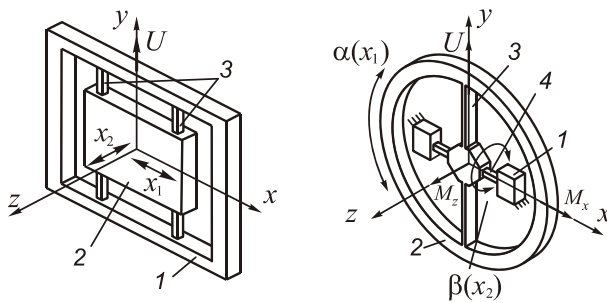
Дрейф нуля інтегратора не впливає на значення напруги - він компенсується поворотом гіроскопа на кут  $\alpha_{\text{уст}}$ , який не дорівнює 0.

УДК 531.383

*Т.С Житнік, студент, П.М. Бондар, канд. техн. наук, доцент  
Національний технічний університет України  
"Київський політехнічний інститут", м. Київ, Україна*

## ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ СТАТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК МІКРОМЕХАНІЧНИХ ГІРОСКОПІВ R-R ТА L-L ТИПІВ.

В роботі проведений порівняльний аналіз амплітудних та фазових статичних характеристик одномасового та дискового мікромеханічних гіроскопів (ММГ). Схеми досліджуваних вимірювачів показані на рисунку.



Параметри дискового ММГ на відміну від одномасового суттєво залежать від геометрії чутливого елемента, який являє собою плоский диск, у якого відсутня екваторіальна площина симетрії. Завдяки цьому вид його статичних характеристик залежить від співвідношення

екваторіальних моментів інерції диска і дещо відрізняється від аналогічних характеристик одномасового ММГ.

В результаті чисельного моделювання одержані графіки амплітудних та фазових характеристик ММГ обох типів. Показано, що характеристики  $x_2 = f(U)$  та  $\varphi = f(U)$  дискового ММГ мають більшу лінійну ділянку, тобто більший діапазон вимірювань порівняно з одномасовим при заданій величині коефіцієнта передачі.

Проведені дослідження впливу співвідношення між екваторіальними моментами інерції диску на характер вихідного сигналу ММГ.

Ключові слова: мікромеханічний гіроскоп, частотні характеристики, екваторіальний момент інерції.

## Література

1. И.В. Балабанов Обобщённая математическая модель одномассовых микромеханических гироскопов//IV международная научно-техническая конференция «Гиротехнологии, навигация, управление движением конструирование авиационно-космической техники»: Сборник докладов. Часть 1/К.:НТУУ «КПИ», 2003.
2. V.A. Apostolyuk, Logeeswaran V.J., F.E.H. Tay. Analytical Design of Coriolis Vibratory Gyroscopes//Proceeding of Symposium Gyro Technology 2002, Stuttgart, Germany. pp. 2.0-2.15.
3. Бугров Д.И.. Одноосный вибрационный гироскоп// Фундаментальная и прикладная математика, 2005, том 11, № 8, –с. 149—163.

УДК 531.383

*Куліков І.П.*

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна*

### **ВПЛИВ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ПЕРЕШКОД НА РОБОТУ МІКРОМЕХАНІЧНОГО АКСЕЛЕРОМЕТРА.**

Останнім часом мікромеханічні акселерометри широко використовуються в техніці. Тому дуже важливим являється дослідження впливу різних зовнішніх факторів на роботу таких приладів. Зокрема, такими зовнішніми факторами являються електромагнітні поля різної природи походження. Метою роботи було оцінити вплив деяких видів магнітних полів на основні параметри мікромеханічного акселерометра.

На кафедрі приладів і систем орієнтації та навігації були проведені експериментальні дослідження впливу постійного та змінного магнітних полів на роботу акселерометра. Проведено спостереження їх впливу на такі параметри акселерометру як нульовий сигнал, масштабний коефіцієнт та інші. У ході експериментів з акселерометром ADXL203EB виробництва компанії Analog Devices Inc., похибки вихідного сигналу не перевищили похибки, зазначеної у паспорті. Цей факт, обумовлений конструктивною схемою та принципом дії даного мікро акселерометра, не можна розповсюджувати на інші прилади. Математичний інструмент, який було використано для даних, дає можливість успішно його для аналізу впливу електромагнітних конструктивні аналізу випробувальних його для аналізу впливу полів на принципово інші схеми мікроакселерометрів.



Мал. Експериментальна установка

УДК 531.383

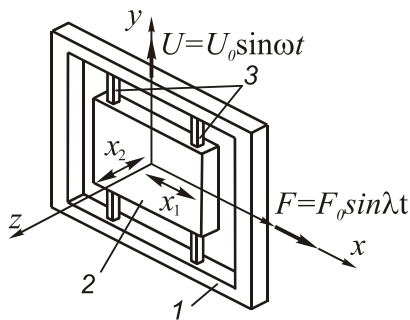
К.В. Лошкарьова, студент, П.М. Бондар, канд. техн. наук, доцент

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут", м. Київ, Україна

## АНАЛІЗ ЧАСТОТНИХ ХАРАКТЕРИСТИК МІКРОМЕХАНІЧНОГО ГІРОСКОПА

В роботі наведені результати дослідження залежності смуги пропускання одномасових осциляторних гіроскопів *l-l* типу від основних динамічних параметрів – співвідношення парціальних частот та коефіцієнті демпфування по осях первинних та вторинних коливань. Схема досліджуваного приладу показана на рисунку.



При побудові амплітудно-частотної характеристики був врахований вплив вторинних коливань інерційної маси на амплітуду первинних коливань (коливань збудження). Досліджено також вплив амплітуди кутової швидкості на вид цих характеристик.

Одержана формула відносної похибки коефіцієнта передачі, обумовленої коливальним характером руху основи із частотою  $\omega$ .

Показано, що у вихідному сигналі ММГ присутня як корисна складова, синфазна вимірюваній кутовій швидкості, так і завада, зсунута по фазі на  $90^\circ$  щодо вимірюваної кутової швидкості (квадратурна складова сигналу). Одночасно корисний сигнал і сигнал завади зсунуті по фазі на  $90^\circ$  і по частоті модуляції  $\lambda$ . Амплітуда квадратурної складової має значну величину й при великій частоті коливань  $\omega$  може навіть перевищувати амплітуду корисного сигналу.

Показано, що зменшення відношення парціальних частот первинних та вторинних коливань при резонансному приводить до істотного збільшення відносної похибки, тобто до зменшення динамічного діапазону вимірів. Так, зменшення відношення частот з 1,2 до 1,05 при припустимій нелінійності характеристики 1% зменшує динамічний діапазон учетверо.

**Ключові слова:** мікромеханічний гіроскоп, частотні характеристики, парціальна частота.

### *Література*

1. Бугров Д.И.. Одноосный вибрационный гироскоп// *Фундаментальная и прикладная математика*, 2005, том 11, № 8, –с. 149—163.
2. Евстифеев М. И. Погрешности микромеханического гироскопа на вибрирующем основании // *Гироскопия и навигация.*—2002.—№ 2 (37).—с. 19—25.

УДК 621.375

*З.В. Ганкевич, студентка, П. М. Бондар, канд.техн. наук, доцент  
Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут",  
м. Київ, Україна*

## **АНАЛІЗ СХЕМ ПОБУДОВИ ДАТЧИКІВ КУТОВОЇ ШВИДКОСТІ НА ОСНОВІ ХВИЛЬНОГО ТВЕРДОТІЛЬНОГО ГІРОСКОПА**

В роботі наведені результати аналізу особливостей роботи хвильового твердотілого гіроскопа (ХТГ) в режимі датчика кутової швидкості (ДКШ).

Існує два методи побудови ХТГ, який працює в режимі ДКШ – метод прямого вимірювання та компенсаційний.

При реалізації першого методу використовується розімкнений контур зворотного зв'язку, другого – замкнений.

У режимі розімкненого зворотного зв'язку, одна з мод коливань (збуджувана мода) збуджується з задалегідь заданою амплітудою. Обертання відносно осі чутливості, у цьому випадку, приводить до порушення другої моди (вимірювана мода). Амплітуда вібрації вимірюваної моди пропорційна вимірюваній кутовій швидкості.

У ХТГ, що працює в режимі силового зрівноважування хвилі (компенсаційний метод), реалізується контур, що утримує кут повороту стоячої хвилі на фіксованому значенні. Збуджувана мода коливань підтримується на заданому значенні амплітуди, а вібрація, що виникає у вимірюваній моді в результаті інерціального обертання приводиться в нуль. Сила, необхідна для обнуління вимірюваної моди вібрації, у цьому випадку, пропорційна вхідній кутовій швидкості.

Наведені переваги компенсаційної схеми. Так при прямому вимірюванні виникає необхідність компромісу між шириною смуги частот і чутливістю, так як збільшення розподілення мод по частоті і збільшення демпфування призводить до меншого значення усталеного відгуку на дану кутову швидкість. Цей компроміс усувається при реалізації компенсаційного методу, який кращий з точки зору сприйняття людиною і в результаті є більш точним.

Розглянуто загальний пристрій керування ХТГ в режимі ДКШ.

*Ключові слова:* Резонатор, мода коливань, кутова швидкість, силове зрівноважування, контур зворотного зв'язку.

### *Література*

1. Lynch D.D. Vibrating Gyro analysis by method of averaging//2<sup>nd</sup> Saint-Petersburg Intern. Konf. On Gyroscopic Technology and Navigation/ - Saint-Petersburg, 1995. - P. 26 – 34.



2. Журавлев В.Ф. Основы теории новых гироскопических датчиков семейства «Обобщенный маятник Фуко»// Вестник МГТУ им. Баумана. Сер. «Приборостроение, 2003, №1. с.3 – 25.

УДК 621.375

*С.В. Кучер, студент, П. М. Бондар, канд.техн. наук, доцент  
Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут", м.  
Київ, Україна*

## **ВПЛИВ ГЕОМЕТРІЇ ПІВСФЕРИЧНОГО РЕЗОНАТОРА ХВИЛЕВОГО ТВЕРДОТІЛЬНОГО ГІРОСКОПА НА ЧАСТОТНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ**

При проектуванні хвильових твердотільних гіроскопів велика увага приділяється віброзахисту конструкції, для чого необхідно забезпечити рознесення частот елементів конструкції та частоти робочої моди коливань чутливого елемента. Ці частоти визначаються геометрією резонатора, способом його кріплення та залежать від якості виготовлення.

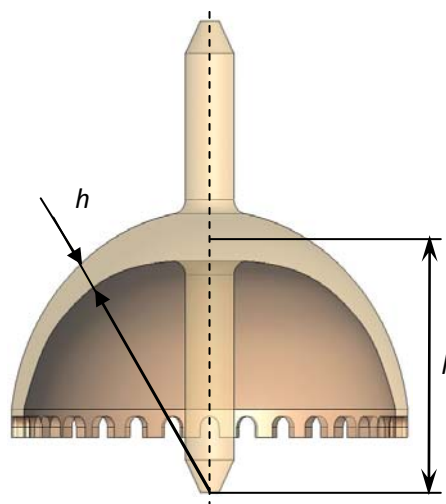


Рис. 1

Задачу визначення частот робочих мод коливань від неідеальності форми резонатора доцільно вирішувати за допомогою численного методу досліджень, оскільки використання аналітичних методів майже не можливе через складності та наближеності моделі.

У роботі були розглянуті наступні фактори:

- Різновтовщинність резонатора;
- ексцентриситет відносно ніжки резонатора (рис.1).

В результаті досліджень отримані графіки залежності частот від різновтовщинності  $f(h)$ , де  $h = h_0 / 4(1 + \cos\theta)^2$ , та від ексцентриситету  $f(l)$ , де  $l$  – зміщення закріплення півсфери від нижнього кінця ніжки. Одержані результати дають змогу підібрати розміри резонатора так, щоб частота робочої моди коливань не збігалася з частотами елементів конструкції ХТГ.

*Ключові слова:* резонатор, мода коливань, датчик кута, ХТГ, різновтовщинність, ексцентриситет, власна частота.

*Література:*

Матвеев В.А., Липатников В.И., Алехин А.В., Проектирование волнового твердотельного гироскопа – М.:1998,-168с

УДК 519.6

*Литвиненко В.В., студентка, Лазарев Ю.Ф., к.т.н., доцент.*

*Національний технічний університет України*

*«Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна*

## **ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ФІЛЬТРАЦІЇ СИГНАЛІВ ЗАШУМЛЕНИХ ВИПАДКОВИМ ПРОЦЕСОМ**

Задача викликана потребою зменшення впливу випадкових похибок вимірювання складових прискорення і кутової швидкості на результуючі похибки безплатформової інерціальної навігаційної системи (БІНС).

На практиці для вирішення цієї задачі можна використовувати як просте згладжування (лінійне або нелінійне) по 3, 5, 7 точках або поліноміальну апроксимацію. Застосовують поліноми порівняно невисокого степеня, не вище п'ятого, тому що при більш високих степенях система нормальних рівнянь може виявитись погано обумовленою.

Виявлення особливостей процесу згладжування і можливих його похибок здійснювалося шляхом моделювання за програмними моделями у системі Matlab. При цьому окремо досліджувався вплив лінійного згладжування по 3, 5, 7 точках, апроксимації поліномами другого і третього порядків та поліномами Чебишева 2-го та 3-го порядків, а також комбінованого згладжування по 5 точках з апроксимацією поліномом заданого порядку. Були досліджені похибки фільтрації і вплив на них кількості точок опитування, інтервалу обробки. При цьому корисний сигнал був обраний як синусоїдальний з амплітудою рівною 1, а інтенсивність шуму дорівнювала 0,1. Результати експериментів були статистично оброблені.

Експерименти показали наступне: найменші похибки серед методів лінійного згладжування дає згладжування по 5 точках; похибки апроксимації мало залежать від степеня поліному, а це дозволяє використовувати для фільтрації поліноми другого або третього степеня; застосування поліномів Чебишева дає деякий вииграш лише у кількості обчислень, але похибки залишаються тими самими; при комбінації методів найкращі результати дають поєднання апроксимації поліномом 2-го порядку зі згладжуванням по 5 точках; середні значення похибок мало залежать від кількості точок на інтервалі опитування, а максимальна похибка становить близько 0,01; середні квадратичні відхилення похибок зменшуються при збільшенні кількості точок (найбільше значення похибки приблизно становить 0,07, а найменше – близько 0,01).

Проведені дослідження дають змогу висновувати, що застосовуючи згадані методи фільтрації можна зменшити випадкову складову похибки вимірювачів приблизно у 10 разів.