

**СЕКЦІЯ 4**

**ТЕОРІЯ І ПРОЕКТУВАННЯ НАНОПРИЛАДІВ І СИСТЕМ  
ВИМІРЮВАННЯ МЕХАНІЧНИХ ВЕЛИЧИН І НАНОПЕРЕМІЩЕНЬ**

УДК 620.179.1.082.5.05; 515.1

**МЕТОД ОБЧИСЛЕННЯ ЛОКАЛЬНОЇ ТОВЩИНИ ПРИ  
КОНТРОЛЮВАННІ ФОРМОВАНИХ ЛИСТІВ МЕТАЛУ**

*Вельган Р., Національний університет "Львівська політехніка", м. Львів, Україна*

Для забезпечення відповідної якості поверхні, форми і міцності деталей з формованої бляхи необхідно визначати розподіл товщини у критичних зонах деталі. Аналізуючи результати вимірювання, потрібно автоматично виявляти дефекти і за обчисленим розподілом товщини у критичних зонах деталі передбачати можливі розриви, завчасно виявляючи послаблення товщини. При цьому, аби окрім вибіркового вимірювання забезпечити також і безпосередню перевірку в процесі серійного виготовлення деталей, метод вимірювання повинен бути швидким, неруйнівним і уможливлувати інтегрування вимірювальної процедури в перебіг процесу.

Оскільки розриви і потоншення часто мають локальний характер, існуючі точкові методи вимірювання товщини, котрі надають вибіркові дані в певних точках деталі, часто не забезпечують бажаної достовірності результатів. Методи паралельного багатоточкового вимірювання з використанням оптичних пристроїв потребують розробки стійких і швидких алгоритмів для точного обчислення шуканих геометричних параметрів. Реалізація одного із алгоритмів розглядається в даній роботі.

Товщина визначається як локальна найкоротша відстань між двома наборами даних, що репрезентують поверхні плоскої деталі, для кожної точки поверхні. Для цього для кожної точки однієї поверхні шукається найближчий сусід на протилежній поверхні. Набори даних попередньо структуровані за допомогою триангуляції Делоні.

Описаний метод дозволяє визначати локальну товщину і її поверхневий розподіл в критичних ділянках деталі. Отримана інформація про товщину, розподілена вздовж поверхні деталі, уможливорює тривимірну кольорокодовану графічну репрезентацію цієї товщини вздовж поверхні деталі (певний колір відповідає певній товщині). Така візуалізація дає змогу легко локалізувати ділянки з найменшою товщиною і знаходити відповідність даних про товщину із ділянкою поверхні. Описаний базовий підхід до визначення локальної товщини обіцяє бути розв'язком актуальних проблем виробництва деталей з формованої бляхи.

Ключові слова: обчислювальна геометрія, геометричне моделювання, товщина, триангуляція Делоні, аналіз результатів оптичних вимірювань.

УДК 681.123, 681.268

## ОГЛЯД ВИТРАТОМІРІВ СИПКИХ МАТЕРІАЛІВ

*Корнева Ю.О., Нікітін О.К., Зайцев В.М., Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна*

В багатьох галузях промисловості, таких як хімічна, металургійна, харчова, сільськогосподарська та ін., використовуються різні види сипких матеріалів, тому точне вимірювання і дозування їх кількості дуже важливо для отримання якісної продукції та контролю. Нижче представлений огляд найбільш поширених типів витратомірів масових витрат сипких матеріалів, побудованих на різних методах перетворень.

*Витратомір з ударною пластиною.* Принцип дії базується на вимірюванні сили удару потоку матеріалу по пластині, що з'єднана з вимірювальним перетворювачем сили. Напрявлений потік формується за допомогою жолобу, по якому матеріал переміщується під дією гравітаційних сил. Швидкість потоку матеріалу при виході з жолобу стала. Серед недоліків, які впливають на точність вимірювання витрат, залежність швидкості потоку від тертя між напрямним жолобом і матеріалом, вплив твердості та розміру зерен на силу удару, залежність параметрів взаємодії від густини матеріалу.

*Витратомір з закругленою пластиною.* Принцип дії базується на вимірюванні відцентрової сили, яка виникає при проходженні потоку матеріалу по пластині, що має деякий радіус закруглення. Сила вимірюється розміщенням за пластиною вимірювальним перетворювачем сили. Перед попаданням на пластину потік проходить напрямний жолоб, швидкість потоку має бути сталою. Недоліками методу є вплив тертя і необхідність регулярного тарування.

*Ваговий конвеєр.* Принцип дії полягає у переміщенні сипкого матеріалу пружною стрічкою, швидкість руху якої вимірюється. Навантажена стрічка проходить над вимірювальним перетворювачем, який вимірює вагу секції стрічки з матеріалом, що знаходиться безпосередньо над ним. Недоліками сучасних вагових конвеєрів є відносно велика відстань між точками завантаження і вивантаження матеріалу, необхідність постійного підтримання у належному стані конвеєрної стрічки.

*Витратомір, побудований на принципі Коріоліса.* Принцип дії полягає у використанні колеса з радіальними перегородками, що обертається з постійною кутовою швидкістю. Сипкий матеріал потрапляє на вимірювальне колесо і під дією відцентрової сили зсковзує, при цьому виникає сила Коріоліса, яка створює пропорційний масовим витратам момент сил, що вимірюється. Цей тип витратоміра позбавлений таких недоліків, як залежність від сил тертя, швидкості потоку, має відносно невеликі габарити. Недоліком такого витратоміра є необхідність тарування для кожного окремого типу матеріалу.

Ключові слова: сипкий матеріал, огляд, витратомір.

УДК 681.123

## ВИТРАТОМІР СИПКИХ МАТЕРІАЛІВ, ПОБУДОВАНИЙ НА ПРИНЦИПІ КОРІОЛІСА

*Корнєва Ю.О., Нікітін О.К., Зайцев В.М., Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна*

Необхідність вимірювання і дозування масової кількості сипких матеріалів виникає при виробництві цементу, пластмас, будівельних матеріалів, продуктів харчування, добрив, зернообробці та ін. Це обумовлює ту увагу, що приділяється обладнанню для вимірювання витрат сипких матеріалів, а саме витратомірам. Основними недоліками більшості витратомірів є залежність параметрів процесу вимірювання від сил тертя, що виникають між сипким матеріалом і елементами конструкції, та необхідність підтримувати сталою швидкість потоку сипкого матеріалу. Масовий витратомір, побудований на принципі Коріоліса, позбавлений цих недоліків.

Основними конструктивними частинами такого витратоміра є вимірювальне колесо з радіальними перегородками, що обертається у конусоподібному корпусі, та двигун, на валу якого закріплене колесо. Сипкий матеріал потрапляє на вимірювальне колесо з жолобу перпендикулярного до площини колеса.

Під дією відцентрової сили сипкий матеріал зісковзує з поверхні колеса і завдяки корпусу, що звужується до низу, рухається до випускного отвору. Під час переміщення матеріалу по площині колеса виникає сила Коріоліса, що створює пропорційний масовим витратам матеріалу момент сили

$$M = \omega \cdot R^2 \cdot \frac{dm}{dt},$$
 де  $\omega$  – швидкість обертання вимірювального колеса,  $R$  – зовнішній радіус колеса. Цей момент вимірюється за допомогою вимірювального перетворювача сили.

В науковій літературі розробниками оприлюднені деякі окремі емпіричні залежності для вибору конструктивних параметрів основних елементів витратомірів, побудованих на принципі Коріоліса, зокрема залежності зовнішнього діаметру вимірювального колеса від типу сипкого матеріалу. Але загальної теорії, яка б допомогла позбутися здогадок при поясненні експериментальних залежностей та емпіризму, на даний час немає. Тому розробка теоретичних основ і принципів побудови вказаних витратомірів є дуже актуальною.

Вирішення цих питань дозволить побудувати математичну модель, яка б описувала фізичні основи процесів взаємодії сипких матеріалів з елементами конструкції, узагальнити результати експериментальних досліджень та надати можливість дослідити метрологічні характеристики таких витратомірів і розробити ефективні методи їх оптимізації.

Ключові слова: масовий витратомір, сипкий матеріал, принцип Коріоліса.

УДК 681.51

## ЕЛЕКТРОННА БІБЛІОТЕКА ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ МЕХАНІЧНИХ ВЕЛИЧИН

*Гераймчук М.Д., Лінський В.С., Камаєв В.С., Національний технічний університет  
України “Київський політехнічний інститут”, м. Київ, Україна*

Спроектована база даних є основою розробляємої інтелектуальної системи проектування засобів вимірювання механічних величин на основі нових інформаційних технологій і використання елементів штучного інтелекту. Вона є електронним аналогом бібліотеки по спеціальності прилади точної механіки. Основою бази являються таблиці, в яких записана вся інформація. Для спрощення роботи користувача створені форми, які дозволяють значно зменшити час пошуку даних. Однією з особливостей бази є зв'язок з текстовим редактором “WORD”, що дозволяє наочно оцінити результати пошуку, та й роздрукувати потрібну інформацію.

При загрузці бази даних автоматично загрузається головна форма бази. Більшість форм є приєднаними до однієї або декількох таблиць і запитів з бази даних. Джерелом запитів форми є поля в базових таблицях. У формах є можливість додавати, видаляти, приховувати або змінювати розміри заголовку, примітки й області даних. Можна також задавати властивості розділів, що визначають вид форми на екрані і при друці. Користувач може переміщувати елементи керування, змінювати їхні розміри й задавати властивості шрифту для елементів.

Кожна з форм має додаткові допоміжні кнопки, які полегшують роботу користувача з вікнами бази даних. При натисканні кнопки-піктограми, на якій зображений аркуш паперу та лупа, з'являється звіт, що містить інформацію про дані, котрі записані у відповідній таблиці. Головна форма бази даних містить додаткові кнопки, наприклад, кнопка “3-D моделі” відкриває додаткову форму, в якій міститься інформація про перетворювачі в графічному режимі. Це дає можливість користувачеві наглядно оцінити вибраний тип датчика.

Електронна бібліотека реалізована в середовищі Access, яке є потужним інструментом, що дозволяє створювати різні прикладні рішення, які можуть легко розширюватися для реалізації нових конструкторських задач.

Однією з позитивних сторін бібліотеки перетворювачів механічних величин є те, що її базу даних можна поповнювати новими матеріалами, а також створювати нові сторінки, не руйнуючи старих даних.

Для полегшення пошуку та зменшення часу на вибір перетворювача розробляється пошукова система.

Ключові слова: електронна бібліотека перетворювачів механічних величин, проектування засобів вимірювання механічних величин.

УДК 681.51:351:787:510.2

## РОЗРОБКА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ПРОЕКТУВАННЯ ВЕКТОРНИХ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАННЯ МЕХАНІЧНИХ ВЕЛИЧИН

*Гераймчук М.Д., Камаєв В.С., Національний технічний університет України  
“Київський політехнічний інститут”, м. Київ, Україна*

В роботі розглядається структура системи автоматизованого проектування нового покоління з використанням нових сучасних інформаційних технологій. При побудові системи використовується якісно новий підхід, оснований на використанні когнітивної комп'ютерної графіки і об'єктно - орієнтованого проектування та програмування. Це дозволяє об'єднати переваги раніше розроблених методів, вирішити проблему автоматизованого проектування векторних засобів вимірювання механічних величин на основі нових інформаційних технологій і використання елементів інтелектуального і штучного інтелекту. Актуальність і новизна побудови автоматизованих систем проектування підтверджується роботами у цьому напрямку на кафедрі вимірювальних інформаційних технологій Санкт-Петербурзького державного технічного університету.

Розглядається схема процесу сквозного автоматизованого проектування засобів вимірювання векторних величин.

В системі використовуються сучасні підходи до реалізації розробляемого продукту з підключенням баз САД – систем і тривимірної графіки, а також спеціалізована електронна бібліотека типових перетворювачів.

Програмна реалізація базується на Об'єктно-Орієнтованому програмуванні з використанням, як стандартних класів Windows32, так і класів, що підключаються з САД-систем. Створена база класів які успадковуються і взаємно перетинаються як аналогія відповідних фізичних величин. Мовою програмування вибрано Borland Builder C++ 6. У даний час відсутні данні спеціалізовані продукти. Використання системи проектування вимірювальних перетворювачів дозволить підвищити якість проектуємої продукції, а впровадження в навчальний процес даної системи проектування дозволить значно підвищити якість підготовки спеціалістів, магістрів, та бакалаврів.

Ключові слова: системи автоматизованого проектування, проектування векторних засобів вимірювання механічних величин.

УДК 621.317

## ОБ ИНФОРМАТИВНОЙ МЕХАНИКЕ

*Никитин А.К., Зайцев В.Н., Национальный технический университет Украины  
“Киевский политехнический институт”, г. Киев, Украина*

В современном понимании общей механикой называется наука о простейших формах движения материи – простых перемещениях реальных тел природы в пространстве и во времени.

Изучение наиболее общих законов механических движений является основной задачей теоретической механики. Основы теоретической механики были заложены более 2500 лет тому назад. Процесс развития этой науки продолжается и поныне. На протяжении всей истории развития механики можно проследить взаимную связь между проблемами теоретической механики и проблемами техники.

Областями механики, кроме теоретической механики, являются механика твердой среды, механика жидкостей и газов, гидромеханика, аэродинамика, теория упругости, сопротивление материалов, строительная механика, прикладная механика, механика машин, теория машин и механизмов, гироскопия, экспериментальная механика.

Экспериментальная механика - это область механики, занимающаяся разработкой методов экспериментального определения напряжений и деформаций в элементах машин и конструкций.

Авторы делают попытку сформулировать основные положения новой области механики – информативной механики.

Объектами изучения информативной механики являются процессы взаимодействия между твердыми телами, жидкостями и газами. Основной целью изучения процессов является определение информативной эффективности процессов взаимодействия данных объектов.

Указанная цель не сформулирована в других областях механики.

Основными разделами информативной механики являются информативная гидростатика, информативная гидродинамика, информативная механика потоков сыпучих материалов и информативные упругие конструкции.

Информативная гидростатика включает вопросы изучения информативных возможностей двух сообщающихся сосудов, информативные возможности поршневых конструкций, месдоз, содержащих упругие элементы.

Информативная гидродинамика включает вопросы информативной эффективности процессов взаимодействия потоков жидкостей (газов) с различными подвижными и неподвижными телами.

Информативная механика потоков сыпучих материалов рассматривает информативные возможности процессов взаимодействия потоков различных сыпучих материалов с элементами технологического оборудования.

Информативные упругие конструкции являются основными при реализации схем измерения веса, силы давления, моментов сил и др., что обуславливает особое значение вопросов оценки их информативной эффективности.

Ключевые слова: механика, область, информативная механика.

УДК 681.2

## НЕЙРОННІ МЕРЕЖІ І ОСОБЛИВОСТІ ЇХ ВИКОРИСТАННЯ ПРИ ОБРОБЦІ ДАНИХ

*Гераїмчук М.Д., Катаєв В.С., Кудряшова О.М., Національний технічний університет України  
“Київський політехнічний інститут”, м. Київ, Україна*

Нейронна мережа являє собою сукупність великого числа порівняно простих елементів – нейронів, топологія з'єднань яких залежить від типу мережі. Щоб створити нейронну мережу для рішення будь якої конкретної задачі, ми повинні вибрати, яким чином варто з'єднувати нейрони один з одним, і відповідно підібрати значення вагових параметрів на цих зв'язках. Вплив одного елемента на інший залежить від установлених з'єднань. Вага з'єднання визначає силу впливу.

Поводження штучної нейронної мережі залежить як від значення вагових параметрів, так і від функції порушення нейронів.

Відомі три основних види функції порушення: гранична, лінійна і сигмоїдальна. Для граничних елементів вихід установлюється на одному з двох рівнів у залежності від того, більший чи менший сумарний сигнал на вході нейрона деякого граничного значення. Для лінійних елементів вихідна активність пропорційна сумарному зваженому входу нейрона.

Для сигмоїдальних елементів у залежності від вхідного сигналу, вихід варіюється безупинно, але не лінійно, у міру зміни входу. Сигмоїдальні елементи мають більше подібності з реальними нейронами, чим лінійні або граничні, але кожний з цих типів можна розглядати лише як наближення.

Після створення топології нейронної мережі, переходять до її навчання, настроювання синопсів нейронної мережі.

За допомогою графіків емулятора нейронної обробки даних можемо проаналізувати результати роботи нейронної мережі. Але для початку необхідно провести процес навчання мережі.

Після того як виконали навчання нейронної мережі за допомогою емулятора обробки даних отримуємо графіки навчання нейронної мережі.

У випадку використання синусоїдальної вхідної функції з графіків визначають наскільки вектори кожного шару відрізняються від функції синусу.

Подальше повторне навчання нейронної мережі проводиться до отримання сигналу більш наближеного до ідеальної функції синусу.

Тоді можемо сказати, що мережа навчена вірно, тобто вона навчена без похибок сприймати вхідний сигнал функції синус.

Ключові слова: нейронні мережі, навчання нейронної мережі.

УДК 534.232.4

## МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ АМПЛИТУДЫ ВЫХОДНОГО СИГНАЛА ПЬЕЗОМАГНИТНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЧИСЛА ОБОРОТОВ

*Шарапов В.М., Мусиенко М.П., Марченко С.В., Государственный технологический  
университет, г. Черкассы, Украина*

Для измерения количества оборотов валов рабочих механизмов перспективным является применение пьезомагнитных преобразователей, которые имеют высокую чувствительность, малую массу и габариты, не требуют источников питания, могут работать при сравнительно больших температурах окружающей среды и т.д.

Одним из недостатков пьезомагнитных преобразователей является сравнительно невысокая амплитуда выходного напряжения. Авторами разработано несколько способов повышения уровня выходного сигнала.

Так, изменением конструкций постоянных магнитов пьезомагнитного преобразователя, в частности, изменением направления их намагниченности, удастся увеличить амплитуду выходного сигнала в 2-4 раза. Эффект достигается за счет изменения картины магнитного поля, происходящего при сращивании магнитных линий.

Применение асимметричного биморфного пьезоэлемента позволяет увеличить амплитуду выходного сигнала пьезомагнитного преобразователя на два порядка. Это объясняется заменой толщинных колебаний пьезоэлемента на изгибные.

Замена металлической пластины биморфного пьезоэлемента пластиной из магнитомягкого материала с высокой магнитной проницаемостью (например, 50НП) позволяет упростить конструкцию пьезомагнитного преобразователя и уменьшить его массогабаритные показатели и стоимость.

Увеличение амплитуды выходного напряжения достигается также при использовании инерционной массы, прикрепленной к пьезоэлементу. Это приводит к увеличению колебаний пьезоэлемента и, следовательно, к увеличению амплитуды выходного напряжения преобразователя в 5-10 раз.

Еще одним методом повышения амплитуды выходного сигнала пьезомагнитного преобразователя является применение так называемого магнитного рефлектора, который представляет собой металлическую пластину, расположенную на определенном расстоянии от магнита преобразователя.

По результатам исследований получено 4 патента Украины.

Ключевые слова: пьезомагнитный преобразователь числа оборотов, амплитуда выходного сигнала, биморфный пьезоэлемент, инерционная масса, магнитный рефлектор.



УДК 534.232.4

## ПЬЕЗОПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ С ДВУХКОНТУРНОЙ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ ОТРИЦАТЕЛЬНОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ

*Шарапов В.М., Мусиенко М.П., Государственный технологический университет,  
г. Черкассы, Украина*

Пьезокерамические преобразователи широко применяются для измерения различных физических величин (силы, давления, параметров вибрации, звуковых полей и др.).

Введение пространственной электромеханической отрицательной обратной связи (ПЭОС) позволяет повысить точность и стабильность преобразователей, расширить их рабочий частотный диапазон. При этом минимум погрешности  $\gamma$  (теоретически до нуля) достигается при условии  $K\beta = 1$ , где  $K$  – коэффициент передачи цепи прямого преобразования, охваченного обратной связью,  $\beta$  – коэффициент передачи цепи обратной связи.

Однако на практике выполнение условия  $\gamma = 0$  труднодостижимо. Одной из причин является невозможность охвата ПЭОС всего объема пьезоэлемента.

Для устранения этого недостатка авторами было предложено ввести дополнительный канал пространственной электромеханической отрицательной обратной связи. Некоторые из вариантов пьезопреобразователей с двумя контурами ПЭОС показаны на рис. 1.

Была построена и описана структурная схема пьезопреобразователей, у которых в цепях обратной связи используются усилители напряжения, получена передаточная функция. В результате анализа этой функции были определены условия повышения точности таких пьезопреобразователей, определены значения коэффициентов усиления согласующих усилителей напряжения, при которых достигается минимум погрешности.

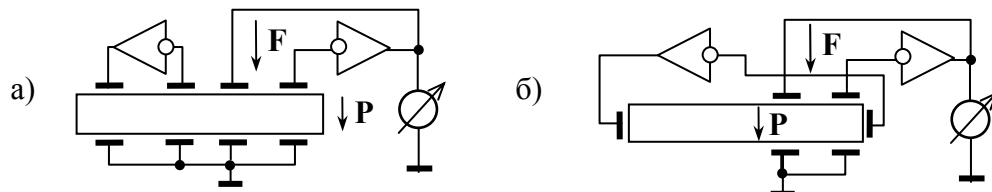


Рисунок 1 – Пьезопреобразователи с двумя контурами пространственной  
электромеханической отрицательной обратной связью

Ключевые слова: пьезокерамические преобразователи, двухконтурная пространственная электромеханическая отрицательная обратная связь.

УДК 534.232.4

## ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ МЕХАНИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН С ПЬЕЗОКЕРАМИЧЕСКИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ В СХЕМАХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ФИЛЬТРОВ

*Шарапов В.М., Трембовецкая Р.В., Государственный технологический университет,  
г. Черкассы, Украина*

Пьезоэлектрические преобразователи широко используются для измерения механических величин (силы, давления, ускорения, массы, угловых скоростей, момента, деформации и т.д.).

Авторами предложены схемы, которые позволяют получить преобразователи с амплитудно-частотной характеристикой тех фильтров, которые используются в качестве основы. Если в стандартную схему фильтра вместо емкостных элементов включить пьезоэлектрические элементы, то в некоторых случаях можно получить преобразователь механических величин с амплитудно-частотной характеристикой соответствующего фильтра. Появляется возможность расширить полосу рабочих частот и линейность АЧХ (для фильтра нижних частот и режекторного), уменьшить частоту среза и увеличить полосу пропускания в сторону нижних частот (для фильтра верхних частот).

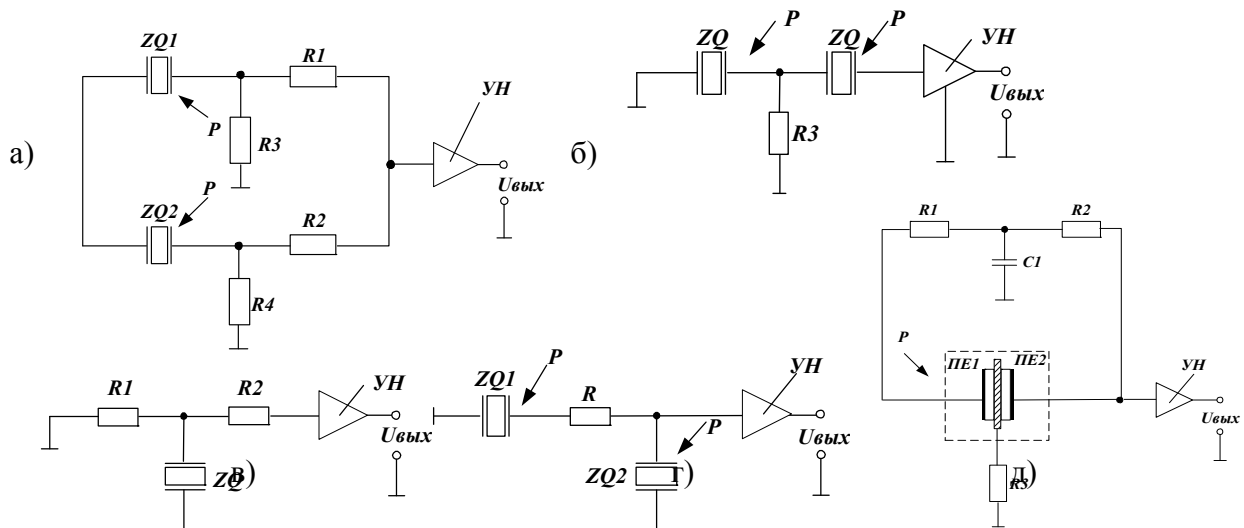


Рисунок 1 – Пьезопреобразователь механических величин в схеме:  
а, б) фильтра верхних частот; в, г) фильтра нижних частот;  
д) режекторного фильтра

Ключевые слова: пьезоэлектрический преобразователь, амплитудно-частотная характеристика, фильтр нижних частот, фильтр верхних частот, режекторный фильтр.

УДК 629.7.081.1

## ЗАМІТКИ З ПИТАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРУ ПОЛЯ ШВИДКОСТЕЙ ПОТОКІВ ПОВІТРЯ У ТРУБОПРОВОДАХ

*Болсун А.С., Національний технічний університет України “Київський політехнічний  
інститут”, м. Київ, Україна*

Інтенсивний розвиток експериментальних досліджень обумовлено випереджуючим розвитком теоретичних вишукувань. Удосконалення теоретичних методів дослідження також потребує неперервного розвитку експериментальних методів дослідження, способів і засобів вимірювання. Поряд з цим за допомогою досконалих методів і засобів дослідження і вимірювання можна віднайти такі раніше невідомі явища і факти, для пояснення яких необхідно залучати теорію.

В даній роботі зроблено спробу вирішення окремих випадків внутрішньої задачі газодинаміки. Під внутрішньою задачею розуміють задачу про рух газу у різного роду трубопроводах та каналах. В результаті розв’язання цього питання повинні бути визначені окремі параметри газового потоку, що рухається по каналу заданої форми, або форма каналу, що забезпечує належну зміну параметрів потоку.

Дослідження поля швидкостей є достатньо актуальною темою для сучасного приладобудування. Немаловажно уявляти, як буде змінюватись поведінка газу або рідини в залежності від форми трубопроводу, певному відношенні його параметрів, наявності у ньому місцевих опорів, яким буде розподіл поля швидкостей поблизу тіл, що знаходяться у потоці.

Результати досліджень можуть застосовуватись для створення частин трубопроводів з необхідними вихідними характеристиками, які могли би бути використані, наприклад, для створення специфічних умов перед вимірювальним пристроями, а також для визначення оптимальної форми каналів газових та парових турбін, реактивних двигунів.

Також можуть застосовуватись для моделювання та проектування аеродинамічних труб великих і малих швидкостей, які використовуються для дослідження літальних апаратів і автомобілів, з метою визначення їх реакції на певний зовнішній вплив та інші.

Для вирішення поставленої задачі було вибрано газодинамічний метод. Інструментом даного метода є трубка Піто, дія якої заснована на залежності тиску в точці гальмування перед затупленим тілом, що поміщене у потік, від швидкості. Перевагою є простота та висока точність результатів вимірювання.

З метою часткового вирішення задач, відмічених вище планується провести дослідження на експериментальній установці, що складається з декількох частин: вузла де задається і створюється певний потік повітря; робочої частини трубопроводу, де знімається динамічний тиск; вузла перетворення тиску в

електричний сигнал, перетворення та подання електронних сигналів на персональний комп'ютер.

Поперечний переріз робочої частини трубопроводу має прямокутну форму, що її варіюємо в процесі дослідження: задаємо певне співвідношення сторін та довжину робочої частини. У якості місцевих опорів вибрано дротові сітки двох типів: з товстого та тонкого дроту.

Результати дослідження приведені у матеріалах доповіді.

Ключові слова: трубопровід, потік, повітря, швидкість, вимірювання.

УДК 629.7.081.1

## **ОГЛЯД З ПИТАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРУ ПОЛЯ ШВИДКОСТЕЙ ПОВІТРЯ У ТРУБОПРОВОДАХ**

*Болсун А.С., Національний технічний університет України “Київський політехнічний  
інститут”, м. Київ, Україна*

Теоретичне вирішення столь важливого питання, як задача про рух газового потоку, можливе лише при цілому ряді спрощуючих припущень. При теоретичному вивченні руху газу як суцільного середовища складають диференціальні рівняння, що є математичним вираженням трьох законів збереження: закон збереження маси, закона збереження кількості руху і закона збереження енергії.

Якщо швидкість руху газу значно менша швидкості звуку в ньому, то стає можливим знехтувати стисливістю газу, і рівняння газодинаміки співпадають з рівняннями, що описують рух нестисливої рідини. У цьому випадку можуть бути застосовані ті методи і заходи, які використовуються в гідродинаміці.

У загальному випадку задачею гідродинаміки є визначення швидкостей і тисків для даного моменту часу у будь-якій точці простору, через який проходить потік рідини (метод Л.Ейлера), або для окремих частинок рідини, що задані початковими умовами (метод Ж.Лагранжа).

Дослідження в області малих дозвукових швидкостей, що були розпочаті Н.Е. Жуковським, Л.Прандтлем, С.А. Чаплигіним та іншими видатними вченим, заклали основу експериментальної аеродинаміки.

Теоретичну формулу для визначення розподілу швидкостей у трубі з круглим перерізом вперше вивів Ж.Пуазейль, а згодом теорію ламінарної течії в трубах розробив Дж.Стокс. Французький вчений Ж.Буссінеск вивів формулу, яка характеризує рух газу у випадках, коли поперечним перерізом труби є еліпс, трикутник і кругове кільце. Також ця формула може бути застосована для визначення швидкості у призматичній трубі.

У аеродинамічних трубах широко застосовуються дротові сітки. Вони мають своєю метою зменшення нерівномірності потоку. Вперше їх застосував у своїх дослідженнях Л.Прандтль. Пізніше подібні дослідження проводилися Х.Драйденом та іншими.

Розвиток методів та створення приладів для дослідження параметрів газових потоків йшов паралельно з розвитком аеро- і гідродинаміки. Технічні засоби вимірювання параметрів газових потоків є складовою частиною більш загального комплексу засобів аеромеханічних досліджень і вимірювань, що включає в себе, окрім вимірювання параметрів потоку, також питання, пов'язані зі створенням нормованих газових потоків, методикою проведення досліджень в них, а також велика кількість спеціальних питань, наприклад, вивчення прикордонного шару, турбулентності, теплопередачі та інше.

На даний час для вимірювання швидкості потоків використовується багато принципово різних методів. Це викликано тим, що багато з них дає задовільні результати лише в певному діапазоні параметрів вимірюваного середовища, так як величина, що реєструється приладом, як правило, залежить не тільки від вимірюваного параметра, але й від інших параметрів середовища.

Ключові слова: трубопровід, потік, повітря, швидкість, вимірювання.

УДК 621.373.826

#### **ВИСОКОСТАБІЛЬНІ МОНОБЛОЧНІ He-Ne ЛАЗЕРИ ДЛЯ ПРЕЦИЗІЙНИХ ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ СУБМІКРОННОГО ДІАПАЗОНУ**

*Клочко О.І., Казенне підприємство “Центральне конструкторське бюро “Арсенал”,  
м. Київ, Україна*

Лазерні вимірювальні системи є одним з високочутливих засобів прецизійних вимірювань в метрології, науково-технічних дослідженнях, виробництві та іншій контрольно-вимірювальній практиці.

Вимірювані характеристики (механічні, геометричні, оптичні, польові тощо) в лазерних системах перетворюється у відповідні зміни оптичних характеристик лазерного випромінювання: оптичної частоти (або різниці частот в диференційно-гетеродинних методах вимірювань), амплітуди, поляризаційних характеристик (еліптичності, кута повороту площини поляризації), орієнтації вісі діаграми направленості оптичного випромінювання.

Найбільш придатними та застосовуваними в таких системах є He-Ne лазери. Але попри те, що такі лазери мають найкращі характеристики для метрологічних застосувань, сукупність характеристик серійно вироблюваних лазерів далеко не завжди задовольняє високим вимогам створення прецизійних приладів і надто в сфері субмікронних та нанометрових вимірювань.

Конструкторське бюро “Арсенал”, маючи досконалу науково-технічну, технологічну та виробничу базу розробки та виготовлення кільцевих лазерів для лазерних гіроскопів, створило з застосуванням цих унікальних доробків гаму високостабільних малогабаритних моноблочних He-Ne лазерів та лазерних модулів для застосувань в прецизійних контрольно-вимірювальних системах

різного призначення, які за своїми характеристиками суттєво перевищують традиційні трубчато-капілярні лазери.

В доповіді надаються характеристики та представляються фотографії кількох типів базових моделей таких лазерів і лазерних модулів: одночастотні стабілізовані лазери (нестабільність частоти  $10^{-6} \dots 10^{-7}$  та  $10^{-8} \dots 10^{-9}$ ); двохчастотні стабілізовані лазери для гетеродинної інтерферометрії з циркулярними ортогональними та лінійними ортогональними поляризаціями випромінювання (нестабільність частоти до  $10^{-9}$ , різниця частот мод - 0,1... 10 МГц, потужність до 1 мВт), що застосовуються в системах вимірювання лінійних переміщень до 30 м з точністю до 0,01 мкм; малогабаритні потужні лазери (до 10 мВт) та ін. Нестабільність вісі діаграми направленості випромінювання всіх моноблочних лазерів – не більше 5 кут.сек. Представлені лазерні випромінювачі з одно-, дво- та трьохмірним контуром генерації. Обговорені можливості створення лазерних моноблочних модулів, що в одному блоці поєднують кілька однотипних або різнотипних лазерних випромінювачів (з довжиною хвилі випромінювання 0,63 мкм, 1,15 мкм, 3,3912 мкм та 3,3922 мкм тощо; або малопотужний He-Ne/I<sub>2</sub> лазер та прив'язаний до нього за частотою потужний He-Ne лазер та ін.) та вимірювальних модулів (лазер в поєднанні з іншими функціональними елементами вимірювальної системи).

Ключові слова: високостабільні моноблочні He-Ne лазери та лазерні модулі, прецизійні контрольно-вимірювальні системи.

УДК 681.51

## **ІНТЕГРАЛЬНІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ, СТАН І НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ**

*Гераїмчук М.Д., Поліщук І.М., Камаєв В.С., Національний технічний університет  
України “Київський політехнічний інститут”, м. Київ, Україна*

Необхідно відзначити, що ринок перетворювачів механічних і тепло - фізичних величин в найбільш розвинених країнах протягом останніх десятиліть має один з найвищих показників темпів росту в приладобудуванні. Так, по даним тільки на 2000 р. обсяг виробництва перетворювачів досяг 13 млрд. дол. Основна частина обсягу (86%) виробництва перетворювачів доводиться на США, Європу і Японію. Обсяг виробництва тільки автомобільних перетворювачів складає 6,2 млрд. доларів.

Це пояснюється досить високим технічним рівнем цих країн і використанням високих сучасних технологій мікро обробки, що дозволяє виготовляти інтегральні акселерометри і інші види перетворювачів малих розмірів і малою ціною.

Спостерігається також домінуюче положення інтегральних перетворювачів тиску, температури, прискорення, ударних навантажень і вібрацій.

Найбільше застосування інтегральних перетворювачів є в ракетно-космічній,

авіаційній, нафтогазовій, металургійній і автомобільній галузях, та атомній енергетиці.

До теперішнього часу розглянуті перетворювачі імпортуються. Це пояснюється дешевизною імпортних перетворювачів, виготовляємих масово, а також уже сформованими виробничими відносинами із закордонними постачальниками. Зайняти цей ринок вітчизняними перетворювачами непросто, але можливо. Природно, це може бути зроблене досить швидко при державній підтримці вітчизняних виробників.

Удосконалення перетворювачів фахівці вбачають у подальшій інтеграції на основі мікроелектронної технології в єдині модулі чутливих елементів різних вимірювальних величин, конструктивних елементів, елементів вимірювальних ланцюгів, схем компенсації і перетворення; у розширенні функціональних можливостей за рахунок мікропроцесорної обробки інформації.

Нові прилади повинні бути уніфіковані не тільки по метрологічним, технічним й експлуатаційним характеристикам, але бажано і по принципу дії.

В завершенні відмітимо, що розвиток перетворювачів механічних і тепло - фізичних величин є однієї з найбільш важливих складових частин розвитку всіх галузей виробництва, тобто визначає розвиток в остаточному підсумку країни.

Ключові слова: інтегральні перетворювачі, стан і напрямки розвитку.

УДК 541.67.142

## **НАНОТЕХНОЛОГІЇ В ВИРІШЕННІ ПРИКЛАДНИХ ЗАДАЧ ЕЛЕКТРОНІКИ ТА ПРИЛАДОБУДУВАННЯ**

*Гераймчук М.Д., Попик А.Л., Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут”, м. Київ, Україна*

Нанотехнології – досить широка область сучасних досліджень, що поки не має чітких меж. В загальному під нанотехнологіями розуміється розробка різного роду нанопристроїв та наномеханізмів на основі молекулярних комплексів на основі хімічних компонентів з керованими структурними і хімічними властивостями. Датою виникнення даного наукового напрямку вважається 1985 рік, коли Н.В. Крото, Р.Ф. Керл, Р.Е. Смоллі під час проведення дослідів з моделювання умов „вуглецевих зірок” виявили молекули, що склалися з 60 та 70 молекул вуглецю. Ці молекули були названі фуллеренами на честь американського архітектора та інженера Річарда Бакмінстера Фуллера (1895-1983), котрий вперше побудував геодезичний купол, що складався з шести- та п'ятикутників.

В 1991 році в продуктах випарювання вуглецю були виявлені нанотрубки. За відкриття і подальше дослідження фуллеренів Н.В. Крото, Р.Ф. Керлу, Р.Е. Смоллі в 1996 році була присуджена Нобелівська премія з хімії. На сьогодні

спектр наноматеріалів розширився. Активно досліджуються структури на основі кремнію, титану, германію.

За даними проведених досліджень Nanoelectronics Research Group при університеті штату Мэриленд нанотрубки за електропровідністю переважають відомі напівпровідникові матеріали. Досліди показали, що опір нанотрубок практично незмінний до 1500° С. Це дозволяє створити високоточні резистори в майбутньому.

Паралельно з дослідженнями самих наноматеріалів, провідними фірмами США, Японії і інших країн проводяться дослідження по розробці різних нових пристроїв і перетворювачів на їх основі для практичного використання. Фахівцями ряду лабораторій (IBM, Hewlett Packard, General Electric) вдалося створити нанодіоди та нанотранзистори. Розробка нанотранзисторів та нанодіодів, які планується використовувати в комп'ютерних мікросхемах дозволить збільшити швидкодію комп'ютерів наближено в два рази.

Перспективним є застосування нанотехнологій в робототехніці (наноробототехніці). Так в Каліфорнійському інституті в Берклі створено працюючий ротор, довжина єдиної лопаті якого не перевищує 300 нм. За вал слугує багат шарова вуглецева нанотрубка. Вченими з університету в Аїті (Японія) створено графітовий підшипник, роль кульок в якому виконували молекули фуллерену. Сила тертя в підшипнику склала менше одної трильйонної Ньютона. Дослідження виявили високу міцність кремнієвих наносфер рівну міцності алмаза.

Ключові слова: нанотехнології і їх використання, наноматеріали.

УДК 621.383

## **ПРИМЕР СКВОЗНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОРПУСНОЙ ДЕТАЛИ В СРЕДЕ ADEM**

*Табакон В.З., Национальный технический университет Украины «Киевский  
политехнический институт», г. Киев, Украина*

В 2004 году кафедре приборостроения Национального технического университета Украины «Киевский политехнический институт» (НТУУ «КПИ») частным предприятием «КАНТ-С» осуществлена поставка разработанного фирмой “Omega ADEM Technologies ltd” лицензированного программного обеспечения CAD/CAM система ADEM версии 7.1 для трех рабочих мест с целью использования в учебном процессе.

В настоящее время система ADEM установлена в лаборатории микропроцессорной техники и САПР (комн. 170-1) кафедры и используется для подготовки бакалавров и специалистов по дисциплине “Системы САЕ/CAD/CAM”, а также в курсовом и дипломном проектировании.



Основное достоинство системы ADEM – преодоление традиционного раздельного решения задач конструктора и технолога, что весьма актуально в условиях жесткой конкурентной борьбы отечественных приборостроителей с их зарубежными коллегами за рынки сбыта.

Подготовка специалистов, имеющих навык использования современного лицензированного программного продукта для компьютеризованного конструирования и технологической подготовки производства, повысит востребованность выпускников кафедры предприятиями приборостроительной отрасли и закрепит лидирующую позицию приборостроительного факультета среди факультетов НТУУ «КПИ» по спросу на выпускников.

Для методического обеспечения дисциплины “Системы CAE/CAD/CAM” разрабатывается учебное пособие “Сквозное проектирование в ADEM”, в котором рассмотрен полный цикл конструирования и технологической подготовки производства корпусной детали, включающий в себя создание трехмерной модели как самой детали так и ее заготовки, получение чертежей, разработку и документирование технологического процесса с получением управляющей программы для станка с числовым программным обеспечением.

Для получения студентами практических навыков разработки технологических процессов производства деталей в настоящее время используется режим моделирования механообработки с визуализацией, однако представляется целесообразным обеспечение кафедральной лаборатории САПР настольными фрезерными 3-хкоординатными мини-станками с числовым программным управлением производства немецкой фирмы «Max Computer», связанными с компьютером стандартным интерфейсом и поставляемыми в учебные заведения Учебно-Инженерным Центром «Экоинвент» (Москва).

Ключевые слова: проектирование, прибор, станок, производство.

УДК 616.833

## ПРИСТРОЇ ДЛЯ ПРОФІЛАКТИКИ І ЛІКУВАННЯ ЗАХВОРЮВАНЬ ХРЕБТА

*Матяш І.Х., Чорнойван О.І., Національний технічний університет України “Київський  
політехнічний інститут”, м. Київ, Україна*

Дослідження показали, що різними захворюваннями хребта страждають до 80 % працездатних людей земної кулі.

Багато років домінували положення про інфекційну або інтоксикаційну природу радикуліту, але вони виявились помилковими.

Одні автори відносять дегенеративно-дистрофічні зміни в хребті до анатомно-біомеханічних чинників, які обумовлені пристосованістю людини до вертикального положення, другі автори вважають причиною хвороби хребта невірне харчування і низьку фізичну активність.

Деякі автори, на основі досліджень вітчизняних і закордонних вчених, вважають, що це захворювання всього організму.

Тому постає необхідність в комплексному лікуванні цієї патології із безпосередньою дією на відповідний орган, хребет і паравертебральні зони.

Одним із таких ефективних засобів взаємодії з другими методами, являються кушетки [1,2], які розроблені на приладобудівному факультеті НТУУ „КПІ” і випускаються в різних модифікаціях. При їх використанні поперечні траверси діють на паравертебральні зони і хребет, переміщуючись в вертикальній площині. Такий рух траверс дозволяє проводити не тільки масаж, а і розтягування хребта. Але на відміну від уже відомих кушеток тут приміняється більш щадячий і комфортний лікувальний режим, що дає можливість одержувати більш глибоке і ефективне розслаблення м’язів спини.

Між траверсами знаходяться вібромолоточки, які коливаються із частотою до 12 Гц. Для зняття м’язкових контрактур і більш ефективного розслаблення м’язів спини на тіло людини можна діяти підігрітим повітрям, температура якого може коливатися від  $+20^{\circ}$  до  $+40^{\circ}$  С.

Переміщення траверс і вібромолоточків здійснюється від електродвигуна, який знаходиться усередині кушетки, при цьому можливо регулювати швидкість переміщення масажної хвилі, і частоти вібрації.

Застосування апаратних методів лікування базується на підході до організму хворого як до єдиної цілої системи, що дозволяє добитись видужання людини без проявлення побічних дій ліків і в більш короткі терміни.

Ключові слова: хребет, кушетка, паравертебральні зони, траверси, вібромолоточки.

#### **Література**

1. Матяш І.Х. та інш. Масажер лікувально-оздоровчий. Патент України 10705А (25.12.96 Бюл. №4)
2. Матяш І.Х. та інш. Кушетка масажно-оздоровлююча. Патент України 15263А (30.06.97 Бюл. №3).

УДК 531.383

### **БАЛІСТИЧНИЙ ГРАВІМЕТР**

*Безвесільна О.М., Киричук Ю.В., Доброжанський І.В., Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут”, м. Київ, Україна*

В геодезії, в геології, в аерокосмічній галузі велике значення мають високоточні вимірювання прискорення сили ваги (ПСВ).

З аналітичного огляду літератури та патентів очевидно, що одним з найкращих є балістичний гравіметр (БГ). Перевагами його є: найвищі точність та швидкодія.

Однак, відомий БГ не автоматизований.

З метою підвищення точності до 0,25 мкГл та формування автоматизованого з'єму вимірювальної інформації, розроблено нові підсистеми інтерферометра, системи обробки інформації.

З метою значного зменшення впливу He-Ne лазера на похибку вимірювання ПСВ, запропоновано використання стабілізованого лазерного випромінювання.

Розроблено рекомендації щодо зменшення похибок вимірювання ПСВ.

Розроблено нові математичні моделі похибки вимірювання ПСВ БГ та представлено її аналіз.

Запропоновано нові принципи побудови основних підсистем БГ.

Вдосконалення балістичного гравіметра досягнуто за рахунок:

- підвищення точності вимірювання шляхом покращення збіжності та збільшення числа врахованих систематичних похибок;
- підвищення результативності вимірювань за рахунок зменшення випадкової похибки;
- автоматизація процесу вимірювання.

Проведено розрахунки деяких основних параметрів He-Ne лазера, а саме: впливу зміни температури та тиску навколишнього середовища на стабільність випромінювання; впливу зміни температури балону газорозрядної трубки; впливу коливань току розряду на стабільність випромінювання.

Розроблено нову програму автоматичної обробки результатів експерименту, яка дозволила автоматизувати процес обчислень похибки, тобто відхилення від еталонного значення. Створення програми суттєво полегшило обробку результатів експерименту, значно скоротило час, потрібний для цього. Створена програма дозволила, на відміну од відомих балістичних гравіметрів, проводити процес документації одночасно з вимірюванням ПСВ.

Подальшими напрямками досліджень є наступні: зменшення впливу навколишнього середовища, оптимізація параметрів лазера, використання більш точних механічних компонентів.

Ключові слова: балістичний гравіметр, лазер, прискорення.

УДК 531.383

## ПРИСТРІЙ ДЛЯ ТОЧНОГО ВИМІРЮВАННЯ КУТІВ

*Безвесільна О.М., Маркін М.О., Національний технічний університет України  
“Київський політехнічний інститут”, м. Київ, Україна*

Дослідження та розробки на основі приладу ГС1Л, які проводяться ПО "Завод "Арсенал" (м. Київ) при участі кафедри приладобудування НТУУ “КПІ”, дозволили підвищити точність вимірювань кутів до 0.3", а також повністю автоматизувати процес вимірювання та документування інформації, покращити метрологічні характеристики гоніометра.

Проблема вимірювання кутів з заданою точністю - одна з найважливіших проблем сучасної вимірювальної техніки. Від точності вимірювання кутів залежить точність та технічний рівень багатьох галузей науки та промисловості.

Аналіз стану сучасної кутовимірювальної техніки дозволяє зробити деякі висновки. Найактуальнішим прикладом в цьому напрямку є результати міжнародних звірень. Згідно звіту про міжнародне звірення WECC MI 2, що проводилось в рамках Євромет, вимірювання кутів в лабораторіях Європи виконуються зі значними похибками.

Наприклад, деякі лабораторії, що приймали участь у міжнародних звіреннях MI2, використовували застарілу техніку, яка непридатна для високоточних вимірювань (вимірювальний мікроскоп, контактний механічний вимірювач та інші прилади). В результаті вимірювання були проведені з великими похибками (до 2 кут. сек.). Крім того, вимірювання з допомогою таких приладів мають низьку достовірність. Внаслідок цього деякі лабораторії вимушені були відкликати результати через низьку достовірність. Інші лабораторії не прийняли участі в звіренні MI2, хоча спочатку подавали заяви.

Подібне становище і в національних лабораторіях, які утримують національні еталони та повинні виконувати вимірювання з найвищою в державі точністю. Наприклад, національна лабораторія Англії (NPL) виконує вимірювання кутів з помилкою 0.3", Франції (IOTA) - 0.6", Канади (NRCCNRC)-1".

В більшості лабораторій вимірювання виконуються з допомогою лімбових приладів з візуальним наведенням та відліком, або з допомогою індексних столів Мора та автоколіматорів. Підвищення точності кутовимірювальних приладів на основі подібної техніки пов'язане з великими технологічними труднощами і майже використало свої резерви. Тому проблема підвищення точності, достовірності та автоматизації вимірювань кутів є актуальною не тільки для України, але й для закордонних країн.

Для підвищення точності вимірювань кутів в Україні проводяться інтенсивні розробки датчиків кута, заснованих на нових фізичних принципах. До них відносяться датчики з використанням ємності, акустичних хвиль та інші. Найбільш досконалими з вищеназваних є датчики з використанням кільцевих лазерів. Потенційні можливості таких датчиків не обмежуються лише вимірюваннями кутів. Датчики можуть бути використані для вимірювання коефіцієнту переломлення світла різних матеріалів, контролю якості оптичних поверхонь та в інших напрямках.

Найбільш перспективним з існуючих датчиків кута з використанням кільцевого лазера є гоніометр ГС1Л, що випускається ПО "Завод "Арсенал" (м. Київ). Замість лімба в ньому використаний кільцевий лазер, а автоколіматор з візуальним наведенням замінений на фотоелектричний автоколіматор. Прилад ГС1Л дозволив автоматизувати процес вимірювання кутів, значно зменшити час вимірювання та виключити суб'єктивні помилки оператора. Похибка вимірювання кутів за допомогою ГС1Л 0.5".

В порівнянні з існуючими типами гоніометрів це - найбільш висока точність. Так гоніометр Goniometer-Spectrometer II німецької фірми «Moller Wedel» має точність до 2"; O.T.I. Precesion Goniometer фірми «Optical Tools for Industry» дозволяє вимірювати кути з похибкою 1-2"; гоніометр-спектрометр ГС 2 (ПО "Арсенал", Україна) має похибку не більше 2"; гоніометр-спектрометр Г5М - не більше 5".

Вимірювання кутів з точністю до 0.3" - це велике досягнення в галузі кутовимірювальної техніки. Зазначена точність перевищує точність вимірювань національних лабораторій деяких країн та багатьох існуючих еталонів кутів.

Дослідження та розробки на основі приладу ГС1Л, які проводяться ПО "Завод "Арсенал" (м. Київ) при участі кафедри приладобудування НТУУ «КПІ», дозволили підвищити точність вимірювань кутів до 0.3", а також повністю автоматизувати процес вимірювання та документування інформації, покращити метрологічні характеристики гоніометра. Це стало можливим завдяки розробкам в наступних напрямках:

1. В напрямку оптичної реєстрації інформації. Застосування простих оптичних вузлів дозволяє використовувати один автоколіматор замість двох ( на відміну від подібних приладів з двома автоколіматорами). Завдяки цьому конструкція гоніометра більш проста та дешева.

2. В напрямку покращання технологічності конструкції. Використання осьової системи у вигляді аеростатичного шпинделя (на відміну від традиційної поворотної платформи з осьовою системою на шарикопідшипниках) дозволило зменшити момент початку руху та збільшити термін служби приладу.

3. В напрямку обміну та обробки інформації. Використано IBM-сумісну ЕОМ, працюючу в системі «Intel», розроблено нове програмне забезпечення.

Ключові слова: гоніометр, вимірювання кутів, лазер.

УДК 531.383

## ДИНАМІЧНО НАСТРОЮВАНИЙ ГІРОСКОП ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ В ЯКОСТІ ГРАВІМЕТРА

*Безвесільна О.М., Коробійчук І.В., Національний технічний університет України  
“Київський політехнічний інститут”, м. Київ, Україна*

Динамічно настроюваний двокільцевий гравіметр має великий коефіцієнт передачі, низький поріг чутливості, високу точність, малі габарити та вагу. Цей прилад доцільно застосовувати при проведенні авіаційних гравіметричних вимірювань.

В ряді праць підкреслюється доцільність використання в якості гравіметрів акселерометрів у зв'язку з тим, що :

- принцип дії акселерометрів і гравіметрів однаковий;
- акселерометри призначені для використання в умовах перевантажень до

10g, температур (–60...+60) °C;

– гравіметри використовуються при перевантаженнях до 1g, в меншому діапазоні температур, при більш сприятливих умовах. Тобто вимоги до акселерометрів, які використовуються в якості гравіметрів, потрібно зменшувати, а не навпаки.

Останнім часом, одними з найбільш перспективних вважаються динамічно настроювані гравіметри. В працях Безвесільної О. М., Нечая С.О. обґрунтовано доцільність використання модифікованого динамічно настроюваного гіроскопа (ДНГ) у якості гравіметра авіаційної гравіметричної системи (АГС), тому що перевагами ДНГ є такі:

- невеликі вага та габарити;
- високі чутливість та точність;
- малий час готовності приладу;
- мала споживча потужність.

Розглянемо основні типи динамічно настроюваних гіроскопів. Якщо ротор приєднується безпосередньо до вала за допомогою однієї пари торсіонів, такий гіроскоп відноситься до типу вібророторів. Схему з одним кардановим кільцем називають однокільцевою.

При такій схемі динамічний збурюючий момент, діючий на відхилений ротор, має складову, яка змінюється зі зведеною частотою обертання вала. Ця складова компенсується конструктивними засобами, коли замість однокільцевої, простішої схеми підвісу ротора, використовують більш симетричну двокільцеву. Існують дві двокільцеві схеми: з послідовним та з паралельним з'єднанням кілець. Схема ДНГ з паралельним з'єднанням кілець знаходить в теперішній час більш широке використання.

Ключові слова: гравіметр, динамічно настроюваний гіроскоп.

УДК 531.383

## ОПТИКОЕЛЕКТРОННИЙ АКСЕЛЕРОМЕТР

*Безвесільна О.М., Олексієнко Г.В., Національний технічний університет України  
“Київський політехнічний інститут”, м. Київ, Україна*

Розглянуто принцип дії та конструкцію оптико-електронного акселерометра, перевагами якого перед відомими акселерометрами є: малі габарити та вага, висока чутливість.

З огляду літератури по акселерометрам видно, що відомі акселерометри мають деякі недоліки, основними з яких є наступні: великі габарити та вага, вартість та низька чутливість.

Вказані недоліки відсутні у оптико-електронних акселерометрів. Тому в подальшому розглянемо його конструкцію та принцип дії (в лабораторії 168-а кафедри приладобудування зроблено експериментальну установку для

дослідження характеристик ОА).

Принцип дії оптико-електронного акселерометра (ОА) ґрунтується на фізичному явищі відбиття світлового променя від поверхні. Тобто на основі того, що кут відбивання променя дорівнює куту падіння.

Інерційною масою даного акселерометра є стальний паралелепіпед із дзеркальною поверхнею, закріплений на двох паралельних циліндричних кварцових балках. На визначеній відстані від центра інерційної маси розташована оптопара. Вона представляє собою світло діод та фотоприймач, розташовані на одній підложці.

У стані спокою світловий промінь зі світлодіода, відбившись від дзеркальної поверхні інерційної маси, попадає рівно в центр фотоприймача. Тобто в цьому випадку на фотоприймач попадає максимум світлової енергії. Під дією прискорення інерційна маса буде відхилятися від положення рівноваги на деякий кут  $\theta$ . При цьому кут падіння світлового променя, а як наслідок, і кут відбивання будуть змінюватись. При цьому на фотоприймач буде падати менший світловий потік і на виході акселерометра буде спостерігатись інша напруга.

Корпус акселерометра має форму полого циліндра з технологічним отвором діаметром 7 мм, перпендикулярним до осі корпусу 1. У корпусі встановлюється центруюча металева прокладка 5, яка призначена для того, щоб чутливий елемент акселерометра знаходився точно в центрі корпусу. Центруючи прокладка має канавки радіусом 0,10 мм, в які вкладаються циліндричні кварцові балки діаметром 0,2 мм. Потім балки притискаються елементом заземлення 6, на поверхні якого також виготовлені такі самі канавки. Далі елементи 5 та 6 прикручуються до корпусу 1 двома гвинтами 9. На іншому кінці кварцових балок 8 закріплена (приклеєна) інерційна маса 4, що має форму паралелепіпеда і одну дзеркальну поверхню. Така конструкція чутливого елемента дозволяє переміщуватись інерційній масі лише по одній координаті.

У корпусі мається отвір, у якому приклеєна муфта кріплення 7. В елементі 7 знаходиться оптопара 10. Її положення виставляється точно посередині інерційної маси. З протилежного боку в корпусі є отвір для мікрометричного гвинта. Корпус 1 за допомогою різьби вкручується в основу 2. В основі знаходяться три отвори для гермовводів, котрі призначені для відкачки повітря і підключення до оптопари вихідного відлікового пристрою.

Також в основі маютьься чотири отвори для закріплення акселерометра на пересувній системі. Далі вся конструкція закривається кришкою 3. В основі є кругла канавка, в яку входять краї кришки. Краї мають зовнішню та внутрішню фаски, що полегшує установку кришки, але, в той же час, вона міцно утримується в пазах основи.

Ключові слова: акселерометр, оптико-електронний, інерційна маса.

УДК 621.436

## **ОЦЕНКА ТОКСИЧНОСТИ ГАЗОВЫХ ВЫБРОСОВ ДИЗЕЛЬНЫХ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ**

*Дубинец В.И., Бирюк В.А., Мухин О.Я., Национальный технический университет  
Украины “Киевский политехнический институт”, г. Киев, Украина*

Одним из основных источников загрязнения воздушного бассейна является автомобильный транспорт. В 2004 году выбросы вредных веществ от автотранспорта в Украине, по оценкам Госкомгидромета, составили 35 млн.т.

Основными причинами сложной экологической обстановки является:

1. отсутствие надлежащего контроля на предприятиях за соблюдением нормативов государственных стандартов по токсичности и отработавших газов транспортных средств;
2. слабый контроль за качеством реализуемого моторного топлива;
3. отсутствие достаточной нормативной базы, низкий эффект экономического механизма управления охраной окружающей среды на транспорте.

В настоящее время разрабатываются мероприятия по снижению загрязнения атмосферы выбросами автомобильных двигателей, включающие в себя:

1. создание двигателей с малотоксичным рабочим процессом;
2. изыскание видов топлив и присадок к ним;
3. разработку и производство антитоксичных устройств, способствующих снижению токсичности существующих типов двигателей.

Проведенный анализ литературных данных показал, что для транспортных средств, в Украине, выбросы вредных веществ составляют 55%. Распределение выбросов среди передвижных источников оценено следующим образом: автомобильный транспорт - 86,5%, самолеты и железнодорожный транспорт - по 1,6%, морской - 2,8%. Доля оксида углерода в выбросах транспортных средств составляет 78,2%, оксидов азота - 10,3%, углеводородов - 8,8%.

В Германии доля транспортных средств в общем объеме промышленных выбросов составила 60%, в том числе: по оксиду углерода - 59,2%, по оксидам азота 57,3%, по углеводородам - 76,8%, по пыли - 10,7%, по диоксиду серы - 3,6%. При этом выбросы от автомобильного транспорта были значительно выше, чем от железнодорожного: по оксиду углерода в 10 - 15 раз, по оксидам азота - в 5 - 8 раз, по углеводородам - в 30 - 60 раз.

Во Франции доля автотранспорта в загрязнении окружающей среды оценивается: по оксиду углерода - 70%, по оксидам азота - 30%, по углеводородам - 45%, по диоксиду серы - 5%, по свинцу - 90%.

Оксиды углерода, азота, серы, углеводороды, взвешенные частицы представляют собой продукты сгорания топлива, которое сжигается в двигателях транспортных средств.



Оценка токсичности двигателей и исследование влияния регулировок, организации рабочего процесса и применение конструкции двигателя, а также системы каталитической нейтрализации на токсичность в основном производятся экспериментально.

До настоящего времени большинство разработок, связанных с определением выбросов загрязняющих веществ передвижными источниками, выполнялось для автомобильного транспорта. Существует ряд методов расчета выбросов загрязняющих веществ автомобильным транспортом (по расходу топлива, по транспортной работе, по пробегу, с использованием токсической характеристики автомобильного двигателя и др.), каждый из которых имеет свои достоинства и недостатки.

Однако единые утвержденные методики расчета выбросов загрязняющих веществ передвижными источниками в настоящее время в Украине отсутствуют, что представляет определённые трудности при их определении.

«Инновационный центр прецизионных технологий «Сенсор» ведёт поиск оптимального метода расчёта выбросов загрязняющих веществ дизельных грузовых автомобилей.

Ключевые слова: экология, выхлопные газы, атмосферные выбросы, токсичность.

УДК 531.768

#### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИКРОАКСЕЛЕРОМЕТРОВ ДЛЯ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ КОМПРЕССОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ НЕФТЕГАЗОХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ

*Козловский С.А., Национальный технический университет Украины “Киевский  
политехнический институт”, г. Киев, Украина*

По территории Украины пролегают тысячи километров магистральных нефтегазохимических трубопроводов.

В процессе их эксплуатации наблюдается износ и старение элементов оборудования, уменьшение запаса прочности, разрушение напряженных элементов, что в свою очередь может привести к повреждениям, авариям и загрязнению окружающей среды.

В связи с вышеизложенным, для обеспечения безопасной эксплуатации ныне действующего оборудования все с большей остротой встает вопрос его технического диагностирования.

В практике диагностирования компрессорного оборудования известны и получили распространение различные методы определения их технического состояния: органолептические методы, визуальный осмотр с помощью эндоскопов, параметрическая диагностика, трибодиагностика и другие.

Для контроля технического состояния узлов машинного оборудования и трубопроводов нагнетателей наиболее информативным является вибрационный метод. Он основан на использовании информации, содержащейся в колебательных процессах. Любой дефект какого-либо узла, который подвергается механическому воздействию со стороны движущихся частей или потока пульсирующего газа может быть обнаружен в процессе анализа значений вибрации измеряемой в контрольных точках работающего оборудования.

Основными датчиками вибрации являются акселерометры: их выходной сигнал (виброускорение) можно легко подвергнуть однократному или двукратному интегрированию и получить виброскорость, либо вибросмещение.

На сегодняшний день наиболее целесообразно использовать микроакселерометры. Такие датчики разработаны на базе технологии поверхностной микромеханики удачно сочетающейся с микроэлектронной технологией. К их достоинствам относится не только микроразмеры а и весомое увеличение точностных характеристик.

Также существенным преимуществом является легкость снятия и обработки информации благодаря применению специализированных процессов для цифровой обработки выходных сигналов датчиков.

Диагностическая система, использующая в качестве первичного преобразователя микроакселерометр, позволяет осуществить контроль состояния оборудования, автоматическое диагностирование оборудования с указанием неисправного узла и вида неисправности, прогнозирование его нормального функционирования с выдачей информации о времени и объеме ремонтных работ.

Ключевые слова: микроакселерометр, нефтегазохимические производства.

УДК 531.71.08

## **ПОСТРОЕНИЕ СИСТЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ В ГИБКИХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМАХ**

*Иволгина Т.А., Национальный авиационный университет, г. Киев, Украина*

В настоящее время в связи с усложнением задач автоматизированного измерения сложнопрофильных поверхностей возникает необходимость создания эффективных систем измерения и обработки информации экспериментальных исследований.

Погрешность измерения множества деталей в гибких производственных системах (ГПС) связана с погрешностью измерительных роботов (ИР), технологическими характеристиками измеряемых деталей и характером взаимодействия измерительной системы и деталей в процессе измерения.

Установление этой связи позволит формализовать решение ряда задач, возникающих при построении информационных систем (ИС).

Дисперсія восстановления функции поверхности  $i$ -ой детали на участке  $S_i (i=1,2)$  в любой точке при пространственных частотах расположения точек измерения по указанным соответствующим индексам осей координат  $W_{xl}, W_{yl}$ , меньше соответствующих частот. Найквиста  $W_{xil}, W_{yil}$ , определяется энергией  $E_{il}$  на оставшемся участке частот функции поверхности:

$$\sigma_{pil}^2 = E_{il}(W_{xil}, W_{xl}, W_{yil}, W_{yl})$$

Энергию функции поверхности разобьем на три части. Первая определяет энергию функции поверхности до пространственных частот точек измерения  $W_{xl}, W_{yl}$ , вторая на участках пространственных частот между  $W_{xl}, W_{yl}$  и  $W_{kxl}, W_{kyl}$ , а третья обуславливает одну из составляющих погрешностей.

Дисперсия характеризует геометрическую составляющую погрешности измерения и определяется выражением:

$$\sigma_0^2 = \sigma_{M1}^2 + \sigma_{M2}^2. \quad (1)$$

Дифференцируя (1) по  $X_i, Y_i$  на участках  $S_i$  и приравнявая производные нулю, получаем две системы уравнений

$$\frac{d\sigma_{Mi}^2}{dX_i} = 0; \quad \frac{d\sigma_{Mi}^2}{dY_i} = 0. \quad (2)$$

Решая их при условиях

$$\frac{d^2\sigma_{Mi}^2}{dX_i^2} < 0, \quad \frac{d^2\sigma_{Mi}^2}{dY_i^2} < 0,$$

находим значения координат оптимального в смысле минимума погрешности положения точек измерения.

Полученное количество точек измерения и их расположение обеспечивают заданное значение геометрической составляющей погрешности измерения, их следует принимать за основу при разработке ИС.

Ключевые слова: сложнопрофильные поверхности, погрешность.

УДК 621.315.592

## СПОСІБ ГРАДУЮВАННЯ ДІОДНИХ СЕНСОРІВ ТЕМПЕРАТУРИ

<sup>1)</sup>Яганов П.О., <sup>2)</sup>Шварц Ю.М., <sup>1)</sup>Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут”, м. Київ, Україна; <sup>2)</sup>Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є.Лашкарьова Національної Академії наук України, м. Київ, Україна

У роботі розглядається спосіб встановлення термометричної характеристики (ТМХ) діодного датчика без дотримання вимоги сталості прямого струму.

Кремнієві вимірювальні перетворювачі температури на основі р-п переходу використовують для вимірювання температур в діапазоні 4,2 К – 450 К. Їх

відрізняє висока точність вимірювання (до  $\pm 0,01$  К), малі теплова інерційність (до  $10^{-1}$  с) і термічний опір (до 360 К/Вт). Завданням сучасної термометрії є забезпечення градування сенсора з точністю, що максимально відповідає фізичним можливостям первинного вимірювального перетворювача.

Відомо, що ТМХ кремнієвих діодних сенсорів температури має істотну нелінійність у вузькому діапазоні температур 4,2 К ... 20 К, у той час як у діапазоні температур від 20 К і до 450 К ця залежність квазілінійна. Прагнення одержати апроксимуючу функцію у всьому вимірюваному діапазоні приводить до необхідності використовувати, наприклад, ортогональні поліноми Чебишева ступеня від 218 і вище [1]. У той же час, температурні сенсори для діапазону вимірюваних температур від 77 К до 450 К є досить затребуваним, якщо їхнє представлення ТМХ містить низьку похибку.

Відомий двохточковий або трьохточковий метод градування ТМХ діодних сенсорів фірми Lake Shore має середню методичну похибку градування  $\pm (0,15 \dots 0,5)$  К на різних відрізках температурного діапазону 4,2 К ... 420 К, яка визначається методом інтерполяції. При цьому вимірювання температури вимагає забезпечення постійності струму, що протікає в електричному колі сенсора, на рівні 10 мкА  $\pm 0,05\%$  [2]. Ця обставина висуває спеціальні жорсткі вимоги до апаратних можливостей використання сенсора. Як показують дослідження, використання методу багатофакторного аналізу експериментальних даних дозволяє побудувати високоточну апроксимаційну функцію ТМХ без дотримання вимоги сталості прямого струму діодного сенсора.

Розглядається спосіб апроксимації ТМХ діодного датчика на основі методу багатофакторного аналізу в діапазоні температур, де залежність вихідного сигналу датчика квазілінійна.

Згідно цього методу в якості інформативних факторів, за допомогою яких встановлюють значення вимірюваної температури, розглядають падіння напруги на датчику  $U_D$  та струм  $I$  у колі. ТМХ датчика представляють апроксимуючим рівнянням виду  $T_{\text{mod}}(U_D, I) = b_0 + b_1 U_D + b_2 I + b_{12} U_D I$  в області температур 200 ... 420 К. Коефіцієнти  $b_i$  розраховують за результатами проведеного пасивного (непланового) експерименту з матричного рівняння  $B = (X^T X)^{-1} (X^T Y)$ , де  $X$  – матриця умов експерименту,  $X^T$  – транспонована матриця  $X$ ,  $B$  – матриця коефіцієнтів,  $Y$  – матриця результатів (матриця станів) [3]. Стабільність струму в колі не є обов'язковою. З метою недопущення саморозігріву струм у колі обмежувався значеннями  $1 \text{ мкА} < I < 100 \text{ мкА}$ .

Результати моделювання ТМХ, отримані при дослідженні діодного датчика температури серії ДТ-450 (ІФН НАНУ), свідчать, що в діапазоні температур 200 К ... 450 К термометрична апроксимаційна характеристика датчика температури моделюється рівнянням  $T_{\text{mod}}(U_D, I)$  з дисперсією моделювання  $\sigma^2 = 0,008 \dots 0,05$  та абсолютною похибкою апроксимації  $\sigma = \pm (0,08 \dots 0,2)$  К. Число дослідів  $N = 26$  з рівномірним кроком  $\Delta T = 10$  К.

Метод може бути використаний для моделювання характеристик будь-яких багатofакторних технічних систем, в яких зміна значень факторів, що визначають стан системи, відбувається одночасно.

Ключові слова: температура, діодний датчик, градування.

#### **Література**

1. Иващенко А.Н., Шварц Ю.М. Аппроксимация термометрических характеристик кремниевых диодных сенсоров температуры. – «Оптоэлектроника и полупроводниковая техника», 2003, вып. 38, с. 61 – 70.
2. Dodrill B.C., Krause J.K., Swinehart P.R., Wang V.// Performance Characteristics of Silicon Diode Cryogenic Temperature Sensors. “Applications of Cryotronic Technology”, 1991, No 10, p. 85-107.
3. Спиридонов А.А. Планирование эксперимента при исследовании технологических процессов. – М.: Машиностроение, 1981. – 214 с.

УДК 531.7

### **РОЗРОБКА ПРЕЦИЗІЙНИХ КООРДИНАТНО–ВИМІРЮВАЛЬНИХ МАШИН З ВИКОРИСТАННЯМ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ**

*Кочеткова О.В., Національний авіаційний університет, м. Київ, Україна*

Проектування прецизійних координатно-вимірювальних машин (КВМ), що характеризуються високим рівнем інтелектуалізації вимірювання геометричних розмірів деталей, значно відрізняється від проектування автоматизованих систем контролю високої точності.

В останні роки структури штучних нейронних мереж (НМ) викликають підвищену зацікавленість і застосовуються в різноманітних областях науки і техніки, в залежності від їх основних функціональних властивостей, що сприяє розвитку нейрокомп'ютерної техніки і її використанню для обробки вхідної інформації.

Розроблено нову прецизійну КВМ з підвищеними метрологічними характеристиками на штучних НМ, що дозволяє з високою точністю та швидкістю проводити вимірювання прецизійних деталей та провести аналіз просторового руху вимірювального наконечника при подоланні перешкод.

Оптимальна траєкторія вимірювального наконечника визначається як безпечний маршрут ( $M$ ), що забезпечує мінімум функціоналу

$$\Phi(M) = \sum_j \left( k_1 d_{i_j, i_{j+1}} + k_2 \left| f_{i_{j-1}, i_j, i_{j+1}} \right| \right),$$

де  $k_1 \geq 0$ ,  $k_2 \geq 0$  – константи, що характеризують енергетичні витрати на переміщення і поворот;  $d_{i_j, i_{j+1}}$  – довжина  $j$ -ї ділянки руху з точки  $i_j$  у точку  $i_{j+1}$  поверхні;  $f_{i_{j-1}, i_j, i_{j+1}}$  – кут повороту в точці  $i_j$  при переході від  $(j-1)$ -ї ділянки до  $j$ -ї.

Для вибору оптимального маршруту пропонується використовувати мережу Хопфілда як один із класичних типів НМ. Параметри нейромережі визначаються елементами матриці  $W$ , що характеризує стан мережі, і енергетичною функцією  $E$ , що відповідає як даній матриці, так і мінімізованого функціоналу, тобто значення функції повинне задовольняти умовам формування матриці і зменшуватися при зменшенні вихідного функціоналу.

Використання мереж Хопфілда дозволяє вибирати оптимальний маршрут вимірювального наконечника КВМ при скануванні по вимірюваній деталі з надлишковістю ступенів вільності та з високою точністю позиціювання і роботою в екстремальних ситуаціях, включаючи обхід перешкод.

Розроблена нова функціональна структура координатних-вимірювальних машин з використанням штучних нейронних мереж, побудованих на принципах самонавчання комп'ютерних програм, що дозволяє з високою точністю і швидкодією здійснювати вимірювання геометричних розмірів об'єктів з обходом довільної кількості перешкод.

Ключові слова: координатно-вимірювальні машини, нейронні мережі.

УДК 531.7

## **АВТОМАТИЧНИЙ КОНТРОЛЬ ТУРБІННИХ ЛОПАТОК ГАЗОТУРБІННИХ ДВИГУНІВ**

<sup>1)</sup>Налісний М.Б., <sup>2)</sup>Борковська Л.О., <sup>1)</sup>УМГ “Черкаситрансгаз”, м. Черкаси, Україна;

<sup>2)</sup>Національний авіаційний університет, м. Київ, Україна

На сучасному етапі розвитку технології високоточного вимірювання координат точок поверхні, по якій можна відтворити поверхню турбінної лопатки (геометрії пера, хвостовика та полиці), проводять за допомогою інтегрованої інтелектуальної координатно-вимірювальні машини, що забезпечує в єдиному комплексі розв'язання задач багатоцільової і багаторівневої оптимізації траєкторії обходу турбінної лопатки.

Спеціальне програмне забезпечення дозволяє в реальному масштабі часу проводити обробку, відображення, реєстрацію результатів вимірювань, їх збереження в базі даних. Одним з важливих видів обробки результатів вимірювань є відтворення фактичної тривимірної поверхні по вимірювальним даним. Для цього використовується метод сплайнової апроксимації, згідно якого будуються трикутники, що з'єднують суміжні найближчі точки поверхні вершин трикутників. Потім застосовується сплайнова аппроксимация симплексним методом. Сплайн-функція при цьому визначається за формулою:

$$f(P) = \sum_{i=1}^N a_i g_i(P) + \sum_{k=1}^q b_k n_k(P),$$

де  $P$  - точка апроксимації;  $a_i$ ,  $b_k$  - постійні коефіцієнти сплайнової апроксимації;

$g_i(P)$ ,  $n_k(P)$  - квадратичні поліноми, які зв'язані з вершиною кута та з середньою точкою ребра відповідно;  $i$  - номер вершини симплексу;  $N$  - кількість вершин апроксимуючих трикутників;  $k$  - номер ребра симплексу;  $q$  - кількість ребер апроксимуючих трикутників.

Мінімальна кількість точок для відновлення аналітичного еталону поверхні у сплайнній геометрії має вигляд

$$N_{\min} = n_s \cdot n_l,$$

де  $n_s$  – кількість параметрів, що описують аналітичну частину,  $n_l$  – кількість частин поверхні.

Для практичного розв'язання задач вимірювання: досліджується взаємовплив на точність вимірювання форма головки датчика, а також кривизна і напрямок нормалі поверхні об'єкту.

В статті розробимо математичну модель похибки вимірювання турбінної лопатки, визначено кількість точок контрольного перетину математичної моделі і відповідна їм кількість точок вимірюного перетину. Розроблено алгоритми автоматичного вимірювання турбінних лопаток та контрольних обходів математичної моделі.

Ключові слова: сплайн-функція, турбінні лопатки.

УДК 621.531

## АЛГОРИТМ ФУНКЦІОНУВАННЯ КООРДИНАТНО-ВИМІРЮВАЛЬНОЇ МАШИНИ НА ОСНОВІ СУЧАСНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

*Руднєва М.С., Національний авіаційний університет, м. Київ, Україна*

Розроблена концепція інтелектуальних систем [1] використовується при синтезі систем керування та обробки інформації нового покоління. В рамках цієї концепції складна система керування координатно-вимірювальною машиною (КВМ) розробляється як функціональна система, що сприяє досягненню заданої координати вимірювання та виступає в тому числі, і як системостворюючий фактор.

Інтелектуальна система керування, що реалізує механізм саморегуляції, являє собою сукупність технічних засобів і програмного забезпечення. Така система працює у взаємозв'язку з оператором-метрологом автономно, реалізована системою реального часу, і тому здатна на основі апіорної інформації та вимірювань параметрів стану при наявності мотивації синтезувати мету, приймати рішення про характер дії системи і знаходити раціональні способи досягнення мети.

Вимогами до алгоритмів інформації [2] є відклик на будь-які непередбачені зовнішні та внутрішні дестабілізуючі фактори на протязі прогнозованого стану системи.

Для одержання повної інформації про стан системи, необхідно розглядати не тільки вимірювані параметри КВМ, але і змінні параметри стану.

Основна ціль дослідження полягає у розробці методики для побудови оптимальної структури вимірювального комплексу КВМ, до складу якої входять датчики та вимірювальні системи, а також алгоритмічне забезпечення та блок тестування.

При управлінні КВМ основним джерелом інформаційно-вимірювальних сигналів є вимірювальний комплекс.

Основними вимогами до цього комплексу є точність вимірювання об'єкту та завадостійкість.

Виходячи з вищенаведеного, можна визначити алгоритм функціонування вимірювального комплексу:

- з датчиків інформація поступає в блок основної бази знань;
- блок тестування проводить перевірку функціонування всіх підсистем КВМ та здійснює тестування на точність;
- експертна система проводить оцінювання результатів вимірювання стану об'єкту;
- на основі оцінки стану системи приймається рішення про готовність КВМ до вимірювання датчиком лінійних переміщень та визначається алгоритм управління виконуючими органами;
- здійснюється закон управління вимірювальною головкою;
- інформаційно-вимірювальні дані про об'єкт вимірювання поступають та накопичуються в основній базі знань.

В КВМ задача ідентифікації [3] зводиться до алгоритму, де проводиться розпізнавання образів які вже надані в базі знань.

Запропонована система вимірювання геометричних розмірів об'єктів, в тому числі відхилення від форми та розташування поверхонь, представляє собою вимірювальний комплекс, що має алгоритм вибору найбільш достовірної інформації та алгоритм оцінювання стану системи.

Наведена оптимальна структура дозволяє забезпечити найбільш ефективний режим роботи інтелектуального вимірювального комплексу на кожному етапі.

Ключові слова: алгоритм, координатно-вимірювальні машини.

#### **Література**

1. Пупков К.А., Неусыпин К.А. Выбор оптимальной структуры измерительного комплекса. // Изв.вузов. Приборостроение. – 1998. – Т.41, №1-2. – С.34-39.
2. Цыпкин Я.З. Информационная теория идентификации. – М.: Наука.-Физ.мат.лит. – 1995. – 336 с.
3. Шередеко Ю.Л., Марусяк А.В. Способ корректного сведения задачи идентификации к задаче распознавания образов // УСиМ. - 2002.–№5–С.5-12.



УДК: 681.12.08: 621.317.39.084.2

## ВИБІР ОСНОВНИХ ГЕОМЕТРИЧНИХ І КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ ЗАЛІЗНИЧНИХ ВАГІВ

*Погуляйко О.М., Національний технічний університет України “Київський політехнічний  
інститут”, м. Київ, Україна*

Для залізничних вагів із класичним вантажоприймальним елементом у вигляді платформи основне значення має її геометрична форма, при чому це стосується як вагів для статичного зважування, так і вагів для зважування в русі.

Класичним і надійним способом зважування залізничних вагонів є статичне зважування. Вантажоприймальні платформи вагів для статичного зважування повинні бути спроектовані таким чином, щоб зважуваний на них вагон вміщався на платформу цілком (відповідно до діючого стандарту заборонене зважування вагону в статичному режимі по частинах). Визначення оптимальної комбінації кількості і довжини вантажоприймальних платформ, що задовольняла б усім вимогам вагонів, що зважуються, і враховувала б частоту їхнього проїзду через ваги, завжди було основною проблемою статичного зважування. Необміркований вибір як визначального параметра максимальної довжини вантажоприймальної платформи вагів відповідно до вагону найбільшої довжини не в змозі вирішити проблем, пов'язаних з розчіпленням і переміщенням вагонів. У випадку дуже великої кількості вагонів, що підлягають зважуванню і при інтенсивному русі потягів, коли неможливо скористатися статичним способом зважування, варто використовувати зважування в русі.

При зважуванні залізничними вагами у русі вибір оптимальних розмірів вантажоприймальних платформ і їхніх комбінацій у багато разів складніше, ніж при статичному зважуванні. Час перебування вагона на вагах визначається не тільки розмірами вантажоприймальної платформи вагів і розмірами вагона, що зважується, але і розмірами вагонів, сусідніх по відношенню до того, що зважується. Це викликає проблему, пов'язану з впливом на результат зважування вагона, що знаходиться на вагах, впливу на ваги попереднього і наступного вагонів.

Для швидкого зважування твердих речовин (вугілля, руда, брухт) придатні одно-, дво- платформенні ваги зі зважуванням по частинах, при контрольному вхідному зважуванні використання таких вагів цілком обґрунтоване й ефективне. При застосуванні таких вагів проблеми довжини вантажоприймальної платформи і рухливих осей не настільки критичні, і на таких вагах з довжиною платформи від 5 до 6 м можна зважувати майже усі двох-, чотирьох- і шестивісні вагони. Але у цьому випадку дуже неприємним обмеженням є заборона на зважування рідких матеріалів, у яких під час руху відбувається зміна положення центру ваги внаслідок переливання рідини що обумовлено діючими державними стандартами.

Зазначених вище недоліків можна уникнути використовуючи багатоплатформені динамічні ваги, що дозволяють проведення усіх видів зважування. Якщо програмне забезпечення дозволяє, то можна з успіхом комбінувати швидке зважування по візках вагонів зі зважуванням цілих вагонів чи поєднувати з найбільш надійним статичним зважуванням.

При розробці вагів, призначених для зважування цілих вагонів, необхідно виходити з можливих розмірів усіх вагонів, що зважуються, і з періодичності їхньої появи на вагах.

Якщо вибрати мінімальний часовий інтервал для зважування, рівний 0,5 с, то набирає сили правило: неможлива універсальна комбінація з двох або чотирьох вантажоприймальних платформ, що дозволяє здійснювати зважування усіх вагонів будь-якої довжини з необхідною похибкою! Завжди доводиться шукати компромісне рішення. Наприклад проводити оптимізацію довжини платформи за критерієм максимальної кількості типів вагонів, що можна зважувати на цій платформі.

Ключові слова: вага, залізничні ваги, вантажоприймальна платформа.

УДК 539.25

## **ОЦІНКА СПОТВОРЕНЬ ПРИ ДОСЛІДЖЕННІ ПОВЕРХОНЬ НА НАНОМЕТРОВОМУ РІВНІ МЕТОДОМ СКАНУЮЧОЇ ЗОНДОВОЇ МІКРОСКОПІЇ**

*<sup>1)</sup>Литвин О.С., <sup>1)</sup>Литвин П.М., <sup>2)</sup>Чеховський С.А., <sup>1)</sup>Інститут фізики напівпровідників ім. В.Є. Лашкарьова Національної академії наук, м. Київ, Україна; <sup>2)</sup>Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, Україна*

Скануюча зондова мікроскопія (СЗМ) в усіх її технічних реалізаціях стала незамінним інструментом дослідження поверхонь на нанометровому чи навіть атомному рівнях. Метод дозволяє одержувати твердотільним зондом зображення із роздільною здатністю до 0,1 нм. Але, як і більшість неруйнівних методів контролю, він є непрямим. Тому виникає проблема відповідності СЗМ-зображення реальній поверхні, оскільки саме зображення одержується шляхом математичного моделювання процесів, що виникають при русі зонда по або біля поверхні.

Причини спотворення реальної поверхні при її відтворенні в СЗМ наступні:

- спотворення, зумовлені сканером: нелінійна залежність видовження п'єзоелектричного матеріалу від прикладеної напруги, гістерезис, дрейф, старіння матеріалу;
- неоптимальні параметри сканування: крок та швидкість сканування, підсилення сигналу, тиск голки на поверхню;
- спотворення, привнесені некоректною цифровою обробкою даних;
- накладання неконтрольованих фізичних взаємодій зонд-поверхня;
- геометрія зонду.

Внесок тієї чи іншої з вищеназваних причин СЗМ-зображення залежить від типу поверхні, режиму сканування чи апаратного виконання самого мікроскопа.

У випадку, коли вістря зонду співрозмірне з елементами поверхні, то точками дотику можуть бути всі точки поверхні вістря, тобто його геометрія може значно обмежувати роздільну здатність мікроскопу у горизонтальній площині та спотворювати дані про реальні форми та розміри поверхневих структур.

Можливі два способи усунення впливу скінченних розмірів зонда на зображення: виготовлення зондів з надмалими розмірами вістря (радіус близько 1 нм) та застосування такого методу реконструкції експериментально отриманих СЗМ-зображень, який знімає внесок геометрії вістря в зображення рельєфу поверхні зразка.

Проаналізовано існуючі підходи до оцінки форм і розмірів зондів та реконструкції поверхонь при СЗМ. Встановлено, що існують феноменологічні критерії, за якими можна оцінити ступінь спотворення рельєфів різного типу (наноstrukturована або нанопориста поверхня) та коректність її реконструкції.

Ключові слова: скануюча зондова мікроскопія, рельєф поверхні, зонд.

УДК 681.2

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНИХ МЕХАНІЗМІВ НА ЇХ МІЦНІСТЬ І ТОЧНІСТЬ

*Матяш І.Х., Кравченко О.С., Національний технічний університет України «Київський  
політехнічний інститут», м. Київ, Україна*

В даний час приводів приладів і слідкуючих систем, які включають циліндричні, конічні і черв'ячні передачі, а також планетарні і диференціальні механізми, пред'являються значні вимоги по точності і плавності передачі руху, їх довговічності і надійності.

На вказані параметри особливо впливають кінематичні похибки, мертвий хід, а особливо в динамічному режимі – моменти інерції і пружний мертвий хід. Якщо циліндричні, конічні і черв'ячні передачі достатньо досліджені, то планетарні і диференціальні механізми розраховуються по спрощеним залежностям.

На кафедрі приладобудування проведені роботи по дослідженню конічних диференціальних механізмів. Проведений аналіз моментів і сил, які діють в конічному диференціальному механізмі.

Однією з основних пар в цих механізмах являються сателіти – водила. Тому особлива увага приділена по визначенню величини сил і моментів, діючих в цих парах. Одержані аналітичні залежності, які визначають втрати в зубчатих зачепленнях і в опорах.

Визначені втрати в сонячних колесах, що дозволило більш точно визначити коефіцієнт корисної дії конічних диференціальних механізмів.

Одержані аналітичні залежності дозволяють проводити розрахунок як окремих елементів так і в цілому конічних диференціальних механізмів на міцність і точність.

Розроблені пакети прикладних програм для розрахунку моментів інерції, кінематичної похибки, мертвого ходу від зазорів та пружного мертвого ходу прецизійних редукторів з допомогою ЕОМ.

Ключові слова: сила, крутний момент, момент тертя, гіроскопічний момент, момент інерції, кутова швидкість, дільний діаметр зубчатого колеса, кут тертя, кут дільного конуса, модуль зачеплення, число зубців, передаточне відношення.

УДК 621.383

#### **ПОРЯДОК РАСЧЕТА БАЛКИ В MECHANICAL DESKTOP POWER PACK**

*Табачков В.З., Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», г.Киев, Украина*

Расчет балки в Mechanical Desktop Power Pack производится в два этапа:

- первый – определение момента инерции поперечного сечения балки,
- второй – построение линии прогиба балки и эпюры изгибающего момента.

Исходными данными для первого этапа являются:

- 1) черновой набросок поперечного сечения балки, представляющий собой замкнутый контур,
- 2) угол, задающий направление действия нагрузочных сил в плоскости поперечного сечения.

Результат расчета первого этапа представляется именованной таблицей, содержащей величины моментов инерции поперечного сечения балки относительно главных осей, координаты центра масс в пользовательской системе координат и площадей поперечного сечения балки.

В качестве исходной информации для второго этапа используются:

- 1) полученная на первом этапе именованная таблица,
- 2) линия, изображающая продольное сечение балки,
- 3) типы ( подвижная, неподвижная, плавающая и жестко защемленный конец ) и координаты опор ,
- 4) типы ( сосредоточенная, распределенная ), координаты приложения и величины нагрузок,
- 5) координаты приложения и величины изгибающих моментов,
- 6) характеристики ( предел прочности, модуль упругости и коэффициент Пуассона ) материала.

Результатом второго этапа являются: график линии прогиба балки, эпюра изгибающего момента, значения сил, действующих в опорах, и таблица,

включающая результаты первого и второго этапов расчета:

- 1) максимальный прогиб балки,
- 2) максимальный изгибающий момент,
- 3) предел прочности и модуль упругости материала,
- 4) коэффициент запаса прочности балки,
- 5) масштабы линии прогиба балки и эпюры изгибающего момента.

Автоматизация расчета балки в Mechanical Desktop Power Pack позволяет в сжатые сроки выполнить проектные расчеты упругих элементов приборов и широко используется студентами кафедры приборостроения Национального технического университета Украины «Киевский политехнический институт» в курсовом и дипломном проектировании.

Ключевые слова: проектирование, прибор, балка, упругий элемент.

УДК 528.541

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ОШИБОК КОМПЕНСАЦИИ В ЖИДКОСТНОМ СТАБИЛИЗАТОРЕ ПОДВЕСНОГО ТИПА**

*Сафарян В.А., Киевский институт менеджмента и информационных технологий  
при Национальном авиационном университете, г. Киев, Украина*

Общий коэффициент компенсации  $K_{об}$  в жидкостном стабилизаторе подвешного типа определяется двумя параметрами- коэффициентом механической компенсации  $K_m$  и коэффициентом оптической компенсации  $K_o$ . Изменение  $K_{об}$ , а следовательно появление ошибки в положении линии визирования может быть вызвано несоответствием как  $K_m$  так и  $K_o$  расчётным значениям. Ошибка вызванная оптическим коэффициентом в основном определяется температурным коэффициентом показателя преломления налитой в сосуд жидкости  $\Delta n$ , а механическая составляющая определяется геометрическими параметрами подвески  $a, b, c, h$ , положением центра тяжести  $L$  сосуда с жидкостью относительно верхней базы подвески,  $c$ , углом наклона сосуда  $\alpha$ .

Используя законы равновесия материальных тел, автором определена формула зависимости коэффициента механической компенсации от этих параметров.

$$K_m = \frac{4 \cdot a \cdot b^2 \cdot c - 2 \cdot a^2 \cdot c \cdot h \cdot \alpha}{4 \cdot b^2 \cdot c^2 + A^3 \cdot c - 2 \cdot a \cdot h \cdot \alpha \cdot c \cdot A + 4 \cdot \left( L - \frac{R}{n} \right) \cdot A^2 \cdot h}, \quad (1)$$

здесь  $(a, b, c, h)$ - геометрические параметры подвески;  $A = (a - c)$ ;  $\alpha$ - угол наклона корпуса прибора в рад.;  $L - R/n \approx M$  – центр инерции системы подвеса;  $L$ - расстояние от верхней базы подвески  $c$  до Ц.Т. сосуда с жидкостью;  $R$ -радиусу сферического основания сосуда;  $n = P_1/P_2$ , где  $P_1$  и  $P_2$  – соответственно вес сосуда и жидкости.

Источником ошибки в положении линии визирования может быть несоблюдение геометрических размеров самой подвески. Дифференцируя формулу (1) по этим параметрам можно определить влияние каждой из них на величину  $K_m$ , а также общую ошибку как сумму частных.

Ключевые слова: коэффициент механической компенсации, коэффициент оптической компенсации, геометрические параметры подвески, ошибки компенсации.