

**СЕКЦІЯ 4**  
**ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ, ТЕОРІЯ І ПРОЕКТУВАННЯ**  
**СИСТЕМ ВИМІРЮВАННЯ МЕХАНІЧНИХ ВЕЛИЧИН, МІКРО І**  
**НАНОПРИСТРОЇВ**

УДК 681.5

**ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННИЙ ДАТЧИК КУТА ДЛЯ СИСТЕМ НАВЕДЕННЯ**  
**ВЕЛИКОГАБАРИТНИХ АНТЕННИХ СИСТЕМ НА КОСМІЧНІ АПАРАТИ**

*Паламар М.І., Чайковський А.В., Тернопільський державний технічний університет*  
*ім. І. Пулюя, м. Тернопіль, Україна*

**Вступ.** Одним з найважливіших вузлів забезпечення точності наведення антенної системи (АС) і слідкування за космічними апаратами (КА) є датчики кутового положення осей АС. Для забезпечення надійного прийому/передачі інформації для АС з діаметрами рефлектора більше 5 метрів необхідно відслідковувати КА з дискретністю одиниці кутових минут. Особливостями кутових відлікових пристроїв таких АС є те, що вони повинні видавати абсолютне значення кута, забезпечувати високі динамічні параметри відліку для АС супроводу низькоорбітальних КА, зручність юстування АС, передавати дані на великі відстані (більше 100 м), бути надійними і стійкими до кліматичних факторів. З існуючих кутових датчиків досить важко підібрати такі, що комплексно відповідають перерахованим критеріям.

**Структура і алгоритм роботи датчика.** На кафедрі приладів і контрольно-вимірювальних систем ТДТУ розроблена конструкція, електронна схема і програмний алгоритм функціонування датчика кута, принцип роботи якого базується на розпізнаванні спеціального штрихового коду нанесеного на обертовий диск. Світловий потік поступає на дві однострокові інтегральні фотоматриці (1\*128 пікселів), розміщені на діаметрально протилежних сторонах вздовж хорди диску, дані від яких обробляються мікроконтролером вмонтованим в датчик. Внаслідок програмної обробки комбінації секторів різної ширини, нанесених на зовнішнє кільце полімерного диску і спроектованих на фотолінійку, мікроконтролер визначає абсолютне значення кута повороту валу і передає результати в блок керування через послідовний інтерфейс типу RS485. Запропонована схема зменшує вимоги до оптичної системи датчика порівняно з растровими або багатоканальними схемами. Завдяки конструктивним особливостям та програмним алгоритмам обробки мінімізуються ряд похибок механічних вузлів (перекося валу, зміщення диску, ексцентриситет). Роздільна здатність такого датчика становить 20 кутових секунд.

В доповіді розглянута функціональна схема, конструкція датчика, проведено метрологічний аналіз основних джерел похибок розробленого датчика, а також приведені результати моделювання і експериментальних досліджень дослідного взірця.

**Висновки.** Використання мікроелектроніки, первинної обробки інформації за спеціальними алгоритмами у самому датчику в поєднанні з прецизійною механікою дає змогу підвищити точність, надійність вимірювання кутових положень та здешевити конструкцію антенних систем.

Ключові слова: мікроелектроніка, датчики кутового положення.

УДК 681.2; 681.5

## ОПОРНО-ПОВОРОТНИЙ ПРИСТРІЙ ДЛЯ СИСТЕМ НАВЕДЕННЯ ВЕЛИКОГАБАРИТНИХ АНТЕННИХ СИСТЕМ НА КОСМІЧНІ АПАРАТИ

*Паламар М.І., Хомяк А.В., Паламар А.М., Тернопільський державний технічний університет  
ім. І. Пулюя, м. Тернопіль, Україна*

**Вступ.** Важливим напрямом розвитку приладобудування для сучасного інформаційного суспільства є створення та широке впровадження космічних інформаційних систем, зокрема систем дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) з космосу для вирішення народногосподарських задач. Для ефективного впровадження технологій ДЗЗ, крім космічного сегменту необхідні технічні засоби прийому та оперативного доступу до даних ДЗЗ, первинним джерелом яких на землі є антенні станції (АС) прийому інформації із космічних апаратів (КА). Від особливостей конструкції опорно-поворотного пристрою (ОПП) в значній мірі залежить ефективність динамічних параметрів АС та принципи побудови системи керування.

**Структура ОПП і алгоритм керування.** Найбільше поширення в практиці ДЗЗ набули двохосьові ОПП азимутально-кутомісного типу, в меншій мірі двохкутомісного (карданного) типу. Проте усім двохосьовим кінематичним схемам ОПП притаманні особливості, що виникають при перетині траєкторії супроводжуваного КА напрямку нерухомої (першої) осі обертання. Поблизу цієї точки швидкість обертання відносно нерухомої осі різко зростає, а в самій точці перетину прямує до нескінченності. Так як прискорення і швидкість обертання приводів ОПП обмежені, то в зазначених районах утворюються «мертві» зони супроводу КА і виникають перерви в зв'язку.

На кафедрі приладів і контрольно-вимірювальних систем ТДТУ у співпраці з Харківським науково-дослідним інститутом радіотехнічних вимірювань і ДНТП «Техас-К» в рамках проекту EgyptSat-1 розроблена конструкція трьохосьового ОПП, в якому відсутні «мертві» зони супроводу і значно зменшується швидкість супроводу для траєкторій КА близьких до зеніту. Особливістю ОПП є те, що в конструкцію введена додаткова азимутальна вісь з кутом нахилу  $\gamma \cong 15^\circ$  відносно основної прямої, яка має діапазон обертання у горизонтальній площині як і у основної азимутальної осі  $\pm 170^\circ$ .

В доповіді розглядаються особливості конструкції, приведена модель АС та особливості системи керування, пов'язані з перетворенням координат азимутально-кутомісного типу у трьохосьові координати АС.

**Висновки.** Використання трьохосового ОПП із спеціальними алгоритмами керування АС дає змогу значно зменшити вимоги до швидкодії електроприводів ОПП, підвищити точність наведення і супроводу КА. Розроблена конструкція АС пройшла успішні випробування в Центрі управління і випробування космічних засобів (м. Євпаторія) і знаходиться на етапі передачі її Єгипетським замовникам в м. Каїрі.

Ключові слова: антенні станції, космічні апарати.

УДК 614.841

## ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ НАВИГАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ НА ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВАХ

*Мусяенко М.П., Томенко В.И., Черкасский государственный технологический университет,  
г. Черкассы, Украина*

В различных передвижных системах (транспортных средствах) важным аспектом является информация о местоположении транспортного средства, а также информационное обеспечение между различными объектами и диспетчерским (информационным, связующим) центром.

В последнее время происходит бурное развитие новых типов информационных технологий, в частности – навигационных и коммуникационных беспроводных технологий передачи информации. Новые типы связи имеют значительно расширенные функциональные возможности и являются очень перспективными для применения на транспортных средствах.

Целью работы являлось разработка элементов теории и практики автоматизации построения мобильных навигационно-коммуникационных систем на основе использования новых типов беспроводных информационных технологий.

В работе были систематизированы имеющиеся типы беспроводных технологий стандартов GSM, WLAN – Wi-Fi, WiMax, WPAN – BlueTooth, ZigBee и других догигагерцовых частот ISM диапазона.

Предложена математическая модель тракта распространения радиоволн, которая позволяет учитывать несколько самых главных параметров – высоты антенн, тип окружающих поверхностей, расстояния, тип технологии, которая применяется.

Кроме того, в работе впервые были разработаны и исследованы топологические модели и методы построения коммуникационных систем на транспортных средствах при применении беспроводных технологий локальных и персональных сетей, которые учитывают профиль и характер местности.

Разработаны и исследованы навигационные, коммуникационные и навигационно-коммуникационные модели автоматизированной связи между транспортными средствами и с отдаленными информационными центрами, которые учитывают привязку к местности.

Выполнена программная и аппаратная реализация разработанных научных положений

Таким образом, полученные теоретические и практические результаты позволяют проектировать навигационно-коммуникационные системы с использованием транспортных средств на основе применения современных технологий беспроводной передачи данных.

Ключевые слова: навигационно-коммуникационные системы, беспроводные технологии, транспортные средства.

УДК 681.586

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК БИМОРФНОГО ПЬЕЗОКЕРАМИЧЕСКОГО СКАНЕРА ДЛЯ НАНОМИКРОСКОПОВ

*Шарапов В.М., Филимонов С.А., Черкасский государственный технологический университет, г. Черкассы, Украина*

Пьезоэлектрический сканер используется для создания точных систем микропозиционирования, в частности, он применяется в сканирующей зондовой микроскопии.

Для калибровки пьезокерамических сканеров используются специальные тестовые решетки. Для этого разработанный пьезокерамический сканер должен быть установлен в наномикроскоп, что является недостатком этого метода.

Разработана установка для исследования характеристик биморфного пьезокерамического сканера. Схема этой установки представлена на рисунке.

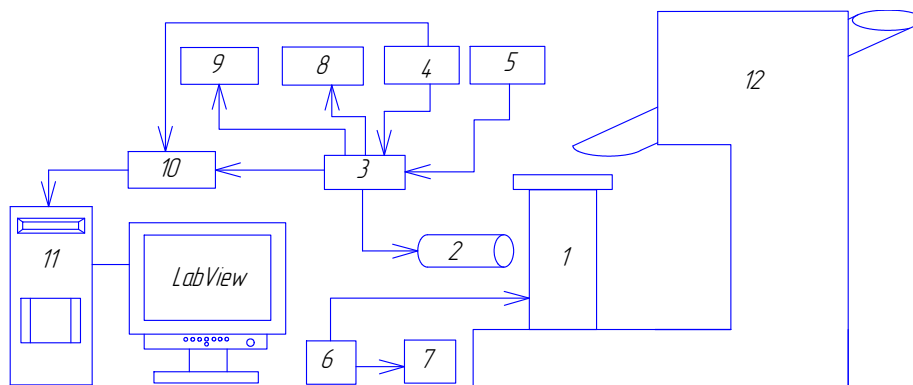


Рис. Схема установки для диагностики пьезокерамического сканера:

1 – биморфный пьезоэлемент; 2 – емкостной датчик; 3 – система для преобразования показаний датчика (СППД); 4 – блок питания; 5 – генератор ГЗ-109; 6 – генератор ГЗ-109; 7 - частотомер ЧЗ-34; 8 – милливольтметр ВЗ-41; 9 – осциллограф С1-83; 10 – система передачи данных на компьютер; 11 – компьютер; 12 – микроскоп

Основными элементами схемы являются – емкостной датчик, откалиброванный при помощи микроскопа, СППД и система передачи данных на компьютер.

СППД включає в себе мостову схему, яка живиться від змінного напруги з частотою 100 кГц, до якої підключаються усилитель і пиковий детектор. Система передачі даних на комп'ютер здійснюється за допомогою мікроконтролера PIC16F688 через RS232. Отримані дані обробляються за допомогою LabView 8.2.

Розроблена установка дозволяє спростити проведення калібрування пьезокерамічного сканера.

Ключові слова: наномікроскоп, дослідження характеристик пьезокерамічного сканера.

УДК 621.398

## АПАРАТНО-ПРОГРАМНИЙ МОДУЛЬ ВИМІРЮВАННЯ АКУСТИЧНИХ СИГНАЛІВ

*Ходак С.В., Яганов П.О., Національний технічний університет України  
„Київський політехнічний інститут”, м. Київ, Україна*

У роботі представлено апаратно-програмне рішення задачі вимірювання акустичного сигналу з використанням сучасних технологій комп'ютерного проектування LabVIEW.

Інтенсивний розвиток автоматизованих систем контролю та управління технологічними процесами викликає потребу в пристроях вимірювання різноманітних фізичних величин. Однією з задач сучасного приладобудування є створення систем контролю стану акустичного середовища.

Технологія створення сучасних комп'ютерних систем збору та обробки даних взагалі і акустотехнічних систем зокрема широко використовує принцип модульності. Тому розробка окремих підсистем, що допомагають вирішувати локальні задачі і які легко інтегруються в апаратно-програмні комплекси автоматизованих систем, розширюючи їхні функціональні можливості, є актуальною задачею.

В роботі розглянуто проект апаратно-програмного модуля, що вимірює, візуалізує та архівує акустичні сигнали. В якості датчика акустичного сигналу використано електретний мікрофон МКЕ-389-1. Аналоговий сигнал з виходу мікрофона надходить на вхід підсилювача на базі мікросхеми LM 358, а далі на мікроконтролер AT 89C2051, де здійснюється аналогово-цифрове перетворення сигналу. Модуль вимірює акустичний сигнал рівня 33 ... 140 дБ в діапазоні частот 20 ... 4000 Гц. Зв'язок з комп'ютером здійснюється за допомогою послідовного інтерфейса RS – 232, апаратна частина якого реалізована на мікросхемі ADM 232. В середовищі LabVIEW 7.1 виконано графічне програмування інтерфейсу користувача модуля для вимірювання акустичних сигналів.

Прилад може входити до складу віртуального пульта оператора системи збору даних, забезпечуючи безперервний контроль стану акустичного середовища. Спеціальна програма обробки даних веде моніторинг середньодобових

показників сигналу та його екстремальних значень. Протокол результатів записують у файл, який може бути відкритий як безпосередньо програмою в середовищі LabVIEW, так і одним з розповсюджених редакторів електронних таблиць, наприклад, Notepad, Excel.

Модуль може бути використаний у складі виробничих систем збору даних, діагностичних, дефектоскопічних акустичних систем, автоматизованих систем контролю та управління технологічними процесами.

Ключові слова: апаратно-програмний модуль, комп'ютерні системи, програмне графічне середовище LabVIEW, віртуальний пульт оператора.

УДК 621.785.375:620.152

## ВИКОРИСТАННЯ ПРИНЦИПУ ІНВЕРСІЇ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ КОНТРОЛЮ КОМПЛЕКСНИХ ПОКАЗНИКІВ ЦИЛІНДРИЧНОСТІ

*Чередников І.О., Національний авіаційний університет, м. Київ, Україна*

При заданій надійності машин і апаратів для підвищення терміну служби деталей необхідно при їх виготовленні і збірці комплексно забезпечити потрібну службовим (функціональним) призначенням тонність лінійних і кутових розмірів, форми і взаємного розташування поверхонь окрім фізико-механічних характеристик і шорсткості. При контролі точності обробки процес вимірювання повинен бути побудований відповідно до тієї операції, точність якої перевіряється. В процесі експлуатації форма поверхонь деталі може змінитися. Для підвищення якості вузлів іноді проводять навмисне спотворення форми деталей при виготовленні. Наприклад, вкладиші корінних підшипників колінчастого валу деяких двигунів мають не циліндрову, а гіперболічну форму, що забезпечує торкання з валом по всій довжині підшипника при деформації валу під час роботи.

Дійсні поверхні деталей, отримані з похибками обробки і зміряні з похибкою вимірювання згідно принципу інверсії переносяться на похибки функціонування (експлуатації), тому рекомендується контроль деталей проводити в умовах тотожних експлуатаційним. Для цього вимірювальні бази повинні співпадати з «експлуатаційними» - конструкторськими (*принцип єдності баз*); схема вимірювання повинна відповідати схемі робочих рухів деталей, що дотримується, наприклад, при однопрофільному контролі зубчатих коліс. [1]. В цьому відношенні активний контроль в процесі обробки повністю відповідає *принципу інверсії*, оскільки вимірювана деталь координується від тих же технологічних баз і контроль проводиться при тому ж русі деталі. Погрішність вимірювання не переважних чисел для їх значень. повинна виходити за поле допуску і повинна бути малою в порівнянні з погрішності виготовлення (не більше 20% при середній і низькій точності і не більше 35% для відповідальних поверхонь деталей високої точності). Для розрахунків відповідальних деталей необхідно знати не тільки середні значення параметрів і їх граничні відхилення але і характеристики їх розподілу. Тому перспективні прилади для серійних вимірювань, що пока-

зують на шкалах відразу середні значення і середні квадратичні відхилення розмірів[2]. Для нормування граничних відхилень форми і розташування поверхонь (ГОСТ 10356) встановлено 12 ступенів точності і ряд переважних чисел для їх значень.

Відхилення форми повинні регламентуватися комплексними показниками, оскільки вони, характеризуючи сукупність відхилень, що зустрічаються, дозволяють найповніше обмежувати відхилення форми і більш обґрунтовано встановити вимоги до точності форми виходячи з експлуатаційного призначення деталі. ГОСТ 10356 вводить диференційовані і комплексні показники відхилень форми.

Ключові слова: відхилення форми, точність, принцип інверсії.

#### Література

1. Голего н.Л. Технологічні заходи щодо боротьби із зносом в машинах. -М.: Машинобудування, 1961-194с.
2. Машини і стенди для випробування деталей/Под ред. Д.Н.Решетова.- М.: Машинобудування, 1979-343с.

УДК 53.089

## ВПЛИВ ДЕФОРМАЦІЇ ЗОНДА НА ТОЧНІСТЬ ВИМІРЮВАННЯ РОЗМІРІВ ОБ'ЄКТІВ ЗОНДОВИМ МІКРОСКОПОМ

*Задорожній Р.О., Національний авіаційний університет, м. Київ, Україна*

В основі атомно-силової мікроскопії (АСМ) лежить взаємодія зонда і зразка. Характер цієї силової взаємодії в загальному випадку достатньо складний, оскільки визначається геометричними і фізичними властивостями зонда, а також властивостями зразка. Інформацію про досліджувану поверхню зразка в АСМ можна одержати тільки з деформації зонда під впливом сил взаємодії зонд-зразок.

Для метрологічного забезпечення вимірювань в нанодіпазоні є необхідним відстежування і систематизація можливих механізмів виникнення похибок, що приводять до спостереження помилкових або спотворених властивостей досліджуваного об'єкту, яке може бути обумовлене, наприклад, деформацією зонда. Ці похибки, як правило, легко враховуються на якісному рівні при інтерпретації результатів, проте для кількісних оцінок і методів відновлення реальної геометрії об'єктів з найбільшою достовірністю необхідно знати їх параметри. Найбільш повне знання про природу взаємодії зонда і поверхні об'єкта дозволяє з найбільшою вірогідністю дати опис такої взаємодії з урахуванням всіх відомих складових і запропонувати найбільш коректну оцінку невизначеності, яку можна приписувати еталонному засобу вимірювання.

Сила, що діє на зонд, найчастіше має не тільки вертикальну складову, але й компоненти, що лежать у горизонтальній площині. Тому вістря зонда може відхилятися не тільки уздовж осі  $O_z$ , але у двох інших напрямках,  $O_x$  і  $O_y$ . Верти-

кальну складову  $F_Z$  називають нормальною силою, поперечну  $F_X$  і поздовжню  $F_Y$  – латеральними силами. Оскільки в АСМ про силу впливу зразка на зонд судять по деформації останнього, то для визначення сили необхідно знати жорсткість деформацій зонда в різних напрямках.

Пружні властивості зонда повністю описуються п'ятьма параметрами. Знайти всі компоненти тензора можна, знаючи геометричні характеристики зонда, а також його константу жорсткості. Рішення цієї задачі дозволяє оцінити мінімальну достовірну роздільну здатність у вимірюваннях.

В цілому для опису взаємодії зонда та зразка дотепер використовуються приблизні модельні теорії і методи, які дозволяють лише якісно погодити в реальному дослідженні розрахункові та експериментальні дані. Це ще раз підтверджує актуальність і важливість створення еталонних систем для метрологічного забезпечення вимірювань у нанодіапазоні при всій складності та багатofакторності проблем.

Ключові слова: атомно-силова мікроскопія, зонд.

УДК 531

## ВИМІРЮВАННЯ СКЛАДНИХ ПРОСТОРОВИХ ПОВЕРХОНЬ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ТРИАНГУЛЯЦІЙНОГО ЛАЗЕРНОГО МЕТОДУ

*Льченко В.М., Національний авіаційний університет, м. Київ, Україна*

Для вимірювання геометричних параметрів складних просторових поверхонь деталей доцільно використовувати безконтактні лазерні триангуляційні методи. При контролі гладеньких поверхонь досягається висока точність вимірювання на відміну від вимірювання цими методами параметрів шорстких поверхонь складної форми з різноманітними коефіцієнтами відбиття, що викликає значні похибки. Це обумовлено розсіюванням та впливом дзеркальної складової відбитого променя. Проведено дослідження впливу шорсткості поверхні деталі на розсіювання, виникнення дзеркальної складової у відбитому сигналі та на точність вимірювання геометричних параметрів деталей із складною просторовою поверхнею.

У відбитому лазерному промені від шорсткої поверхні завжди присутнє розсіяне випромінювання. При цьому інтенсивність та направленість розсіяного світла залежить від властивостей поверхні. Зображення точки, що знаходиться на шорсткій поверхні буде чітким, якщо максимальна різниця ходу променів, що передають зображення цієї точки, не перевищує  $\lambda/4$ , або  $2h \cos \psi \leq \lambda/4$ , де  $h$  – висота шорсткості;  $\psi$  – кут падіння променів;  $\lambda$  – довжина хвилі падаючого випромінювання. При застосуванні триангуляційного методу точкою на поверхні є пляма лазерного випромінювання на об'єкті. При цьому чіткість зображення плями на фотоприймачі, а також положення її центру залежить від шорсткості поверхні. Також, при відбитті від шорсткої поверхні виникає інтерференційної



картини на фотоприймачі та спекли, що впливає на точність вимірювань. Встановлення взаємозв'язку шорсткості поверхні з параметрами лазерного променя дає можливість використання триангуляційного методу на шорстких поверхнях складної форми. Для шорсткої поверхні дзеркальне відбивання променя відбувається при певному куті падіння, при менших кутах стає можливим дифузне відбивання. Під час роботи триангуляційного вимірювача з шорсткими поверхнями кут падіння, при якому відбувається дифузне розсіювання, суттєво зменшується, що призводить до значної похибки вимірювання. Внаслідок цього рельєф з ділянками, на яких кут падіння більше критичного, не може бути вимірний достатньо точно. Кут триангуляції  $\varphi_T$  визначається зі співвідношення  $\varphi_T = \arctg(d/b)$ , де  $d/b$  – відношення відстані від вимірюваного об'єкту  $d$  до бази триангуляційного вимірювача  $b$ . Дане відношення є основним параметром, який характеризує триангуляційний метод.

Ключові слова: дифузне розсіювання, лазерні триангуляційні методи.

УДК 531.7

#### АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ДИАГНОСТИКИ ГАЗОТУРБИННЫХ УСТАНОВОК

<sup>1)</sup>Квасников В.П., <sup>2)</sup>Уваров С.В., <sup>1)</sup>Национальный авиационный университет, г. Киев, Украина, <sup>2)</sup>УМГ “Донбастрансгаз”, г. Донецк, Украина

В настоящее время при разработке автоматизированных систем диагностики и прогнозирования остаточного ресурса промышленных объектов все большую актуальность приобретает анализ сигналов с целью выделения информативных параметров, на основании которых создается база знаний для настройки системы.

Реальные сигналы в большинстве случаев являются квазидетерминированными, т. е. они являются функциями ряда случайных и неслучайных параметров на некотором интервале времени. В связи с этим актуальной является задача фильтрации сигналов с целью повышения их информативности. Кроме того, точность прогноза повышается с увеличением количества входных параметров системы, что в свою очередь достигается комплексным использованием методов контроля.

Применение большого количества методов резко усложняет настройку системы при практически неизменной точности прогноза, поэтому разработка новых технологий обработки информации с целью выделения совокупности характеристик, несущих информацию об исследуемом объекте, с использованием современных математических моделей способствует повышению эффективности работы автоматизированной системы технической диагностики.

На современном этапе существуют системы НК, основанные на использовании различных методов. Принцип действия каждого из них основан на измерении той или иной физической величины и установлении эмпирической корреляции

ляционной зависимости с физико-механическими характеристиками исследуемого металла. В зависимости от измеряемой структурно-чувствительной характеристики материала методы НК прочностных свойств можно разбить на три группы: механические, акустические и электромагнитные.

При определении предела прочности по измерениям твердости коэффициент пропорциональности зависит от степени равномерной деформации, т. е. от упрочнения материала. Для определения прочностных свойств металла этими методами не нужно изготавливать специальные образцы, как это делается при испытаниях на разрывной машине, они могут быть лишь условно причислены к неразрушающим, так как на поверхности изделий после испытаний остаются отпечатки от индентора.

Акустические методы позволяют исследовать состояние материалов по скорости и времени распространения продольных, поперечных и поверхностных волн, по измеренным значениям частот собственных колебаний изделий, проводить структурные исследования по данным измерений коэффициента затухания, с использованием методов акустической спектроскопии, оценивать механические свойства по результатам изучения акустических процессов в инденторе, прогнозировать изменение напряженного состояния методами акустической эмиссии.

Ключевые слова: методы акустической эмиссии, автоматизированные системы диагностики.

УДК 681.7.068

## РОЗПОДІЛЕНА СКАНУЮЧА ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА

*Окоца С.В., Національний авіаційний університет, м. Київ, Україна*

Ефективність вирішення завдань та самонаведення в умовах невизначеності, при вимірюваннях на практиці, значною мірою визначається якістю роботи вимірювальних опто-електронних приладів, (ОЕП), що забезпечує системи керування високоточною інформацією про характеристики та параметри досліджуваних об'єктів.

Постійно зростаючий рівень вимог до метрологічних характеристик інформаційно-вимірювальних систем керування ставить перед розробниками ряд завдань по модернізації існуючих і проектуванню сучасних систем ОЕП. Успішне вирішення перерахованих завдань на основі математичних методів сучасної теорії автоматичного керування стало можливим з появою швидкодіючих цифрових обчислювальних машин (ЦОМ).

Вибір структури цифрової автоматичної системи й місця включення в неї ЦОМ є важливим етапом системного проектування. Значно збільшити точність, швидкодію, заводостійкість, зменшуючи вплив завод, на процеси

вимірювання та керування, дозволяє структура цифрової САК вимірювального ОЕП, представлена на рис. 1.

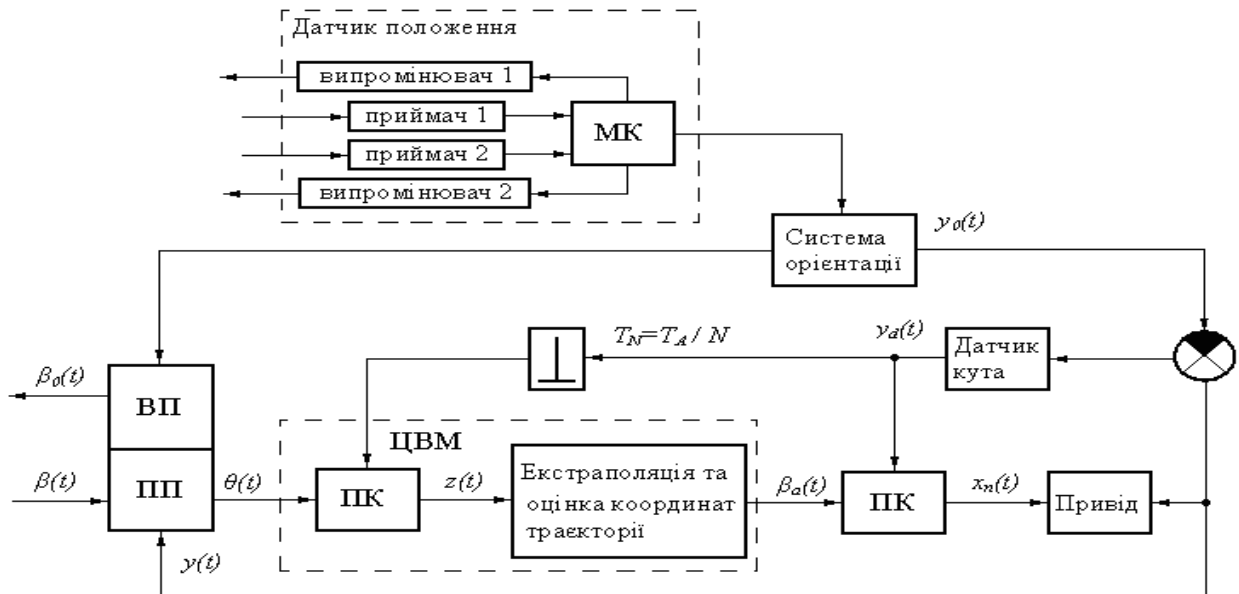


Рис.1. Структура автоматичної інформаційно-вимірювальної системи

До її складу входять: вимірювальний приймальний (спряжений з випромінювачем) приймальний пристрій (ПП), привід наведення, система орієнтації (СО) яка, взаємодіє з датчиками кута та положення вимірювального пристрою привід наведення.

Ключові слова: інформаційно-вимірювальні системи керування, точність.

УДК 62-55:681.515

## ТИПОВЫЕ СТРУКТУРЫ НЕЧЕТКИХ РЕГУЛЯТОРОВ

<sup>1)</sup>Билан А.Н., <sup>1)</sup>Билан Н.А., <sup>2)</sup>Касьянова А.Н., <sup>1)</sup>Национальный технический университет Украины "Киевский политехнический институт", г. Киев, Украина, <sup>2)</sup>Таганрогский радиотехнический университет, г. Таганрог, Россия

Теория нечеткой логики, нечетких множеств стремительно развивается и находит широкое применение в различных областях науки и техники и особенно в таких прикладных областях, как разработка роботов, распознавание образов, принятие решений, медицинская диагностика, системное моделирование, инженерное искусство, психология, лингвистика, управление наукой, кибернетика, автоматическое управление и регулирование. Это связано с тем, что в реальном мире неминуемо существует множество случаев, когда невозможно избежать проблемы учета неясной или неточной информации о явлениях, событиях, процессах, величине управляющих или выходных сигналов объектов регулирования в условиях воздействия помех. В этом случае ученый Л. Заде предложил использовать не числовые значения соответствующих сигналов, а их качествен-

ные значения в виде лингвистических переменных, т.е. нечеткую логику. Так, например, говоря о контролируемом содержании пыли в производственных помещениях обычно используют следующие качественные характеристики: воздух чистый, запыленный, слабо запыленный, среднезапыленный, сильно запыленный. Поэтому регуляторы, построенные на базе нечеткой логики, способны весьма эффективно и рационально действовать в изменяющейся ситуации и выполнять нечеткие инструкции без изменения программы поведения.

Нечеткий регулятор функционирует по законам нечеткой логики, хотя внешне не отличается от классических регуляторов и может рассматриваться в общем случае как популярный в кибернетике «черный ящик». Поэтому структуру нечеткого регулятора строят по классическим образцам.

Используя для построения нечеткого регулятора компьютер, который позволит использовать в системе управления специальный язык программирования высокого уровня (такой как FUZZY, FLOU, LISP70, PLANNER, PLASMA, SIMULA или PLATION), предназначенный для работы с нечеткими множествами, можно получить систему управления со структурой, допускающей введения в базу данных модуля знаний. Этот модуль знаний позволит учитывать ряд сопутствующих обстоятельств для получения нечеткого контролера с наиболее широкими возможностями, обеспечивающими целесообразно и эффективно использовать в системе управления ассоциативную сеть, основанную на организации информации в виде фреймов. Фрейм (от англ. frame – каркас, рамка) – это специальная схема представления информации в модуле знаний, позволяющая сохранять не только данные, полученные датчиками на выходе объекта управления, но и различные сведения, имеющие косвенное отношение к объекту, что обеспечивает иерархическую структуру данных, пригодную для построения ассоциативных сетей. Понятие фрейм ввел (1974г.) американский ученый М. Минский в качестве общего подхода к представлению знаний в ЭВМ. С каждым фреймом связана различная информация – о его использовании, об ожидаемых событиях и т. д. Фрейм можно представить в виде сети из узлов и отношений (дуг). Верхний уровень фрейма фиксирован и содержит знания, всегда истинные для ситуаций, представленным им. На более низких уровнях находятся слоты – дыры, которые не обязательно заполнены. Понимание, т.е. описание конкретной ситуации, происходит путем приспособления к ней другого фрейма заполнением слотов подходящими конкретными данными. Родственные фреймы могут связываться в систему, а система – в информационно-поисковую сеть. Ассоциативная сеть позволяет эффективно работать с нечеткими множествами и нечеткой логикой, а также легко обеспечивает реализацию правила нечеткого вывода, сочетающегося с эффективной процедурой использования структуры управления языков искусственного интеллекта. Такая структура нечеткого контроллера используется в известной вычислительной системе MUCIN, которая оказывает помощь врачам при принятии клинических решений. Механизм вывода в этой системе расценивается как целенаправленная система, основанная на правилах вывода, в которых используется процедуры генерации и

проверки. Приемлемый вывод о достижимых решениях, несмотря на отсутствие точных знаний, достигается в результате моделирования процессов строгого рассуждения медицинских экспертов. Таким образом, рассмотренные структуры нечетких регуляторов, построенных на нечеткой логике, позволяют обеспечить требуемую точность и качество управления.

Ключевые слова: нечеткая логика, нечеткое множество, нечеткий регулятор.

УДК 531.7

## АЛГОРИТМ ОБРОБКИ ВІДЕОЗОБРАЖЕНЬ ПРИ КОНТРОЛІ ДЕТАЛЕЙ

<sup>1)</sup>Налісний М.Б., <sup>2)</sup>Борковський О.В., <sup>1)</sup>УМГ “Черкаситрансгаз”, м. Черкаси, Україна,  
<sup>2)</sup>Національний авіаційний університет, м. Київ, Україна

Розглянемо завдання апроксимації контурів фігур у наступній постановці. Нехай заданий дискретний замкнений контур  $B = \{b_1, b_2, \dots, b_i, \dots, b_r\}$  з координатами контурних точок  $b_i = (x_i, y_i)$  та множина стандартних фігур, кожна з яких визначається замкненою кривою (ламанною), що описує її границю.

В цілому алгоритм апроксимації розбивається на три етапи. На першому з них вирішується завдання суміщення контуру із кривими множини  $\Phi$ . При цьому визначаються  $\Delta x$ ,  $\Delta y$  та  $\theta$  і перетворюється система координат, в якій визначені контурні точки. Таке перетворення є загальним для суміщення з будь-якою кривою  $\phi \in \Phi$ . На другому етапі для кожної кривої знаходять її геометричні параметри  $u$  та  $v$ . Третій етап зводиться до вибору з множини побудованих на другому етапі кривих такої кривої, сума квадратів відстаней якої від контурних точок мінімальна.

Вважатимемо, що апроксимований контур і апроксимуюча крива суміщені, якщо суміщені їх центри та головні осі ваги. Головна вісь ваги дискретного контуру визначається як пряма, сума квадратів відстаней від якої до точок контуру мінімальна. Координати  $x_0$  та  $y_0$  центру ваги обчислюють за формулами:

$$x_0 = \sum_{i=1}^r x_i / r;$$
$$y_0 = \sum_{i=1}^r y_i / r.$$

Рівняння головної осі ваги представляється у вигляді:

$$(y - y_0) = k (x - x_0).$$

З умови мінімуму суми квадратів відстаней від точок контуру визначається кутовий коефіцієнт  $k$ :

$$k = \frac{\sum_{i=1}^r [(x_i - x_0)^2 + (y_i - y_0)^2]}{2 \sum_{i=1}^r (x_i - x_0)(y_i - y_0)} \pm \sqrt{\left[ \frac{\sum_{i=1}^r [(x_i - x_0)^2 + (y_i - y_0)^2]}{2 \sum_{i=1}^r (x_i - x_0)(y_i - y_0)} \right]^2 + 1}$$

Поміщаємо центр нової системи координат у точку  $(x_0, y_0)$  та суміщуємо вісь

абсцис із головною віссю ваги. Координати точок контуру  $x'_i$  і  $y'_i$  у новій системі координат обчислюють за формулами:

$$x'_i = [k(x_i - x_0) - (y_i - y_0)] / \sqrt{1 + k^2};$$
$$y'_i = [(x_i - x_0) - k(y_i - y_0)] / \sqrt{1 + k^2}.$$

Ключові слова: алгоритм апроксимації, контур.

УДК 629.4.063.2:621.6]:620.193.5](083)

## МОНІТОРІНГ СТАНУ ІЗОЛЯЦІЇ ГАЗОПРОВІДІВ

*Квасніков В.П., Орнатський Д.П., Національний авіаційний університет, м. Київ, Україна*

Дослідження стану ізоляції нафтогазопроводів сьогодні є актуальною задачею у зв'язку зі зростанням загального обсягу робіт по діагностиці стану корозії металевих трубопроводів на різноманітних об'єктах нафтогазової промисловості, особливо підземних. Ефективність такої діагностики значно зростає при використанні систем безперервного моніторингу у складі автоматизованих систем контролю стану трубопроводів і технічного обладнання. Можна виділити два основних методи, які використовують сьогодні для обстеження стану ізоляції саме підземних трубопроводів:

- електрометричний метод (контактний);
- електромагнітний метод (безконтактний).

Електрометричний метод базується на вимірюваннях так званих «захисних» потенціалів, які генеруються станціями катодного захисту трубопроводів. Такі вимірювання, як правило, виконуються за допомогою спеціальних електродів та вольтметрів за одноелектродною схемою з шагом 5-10м, а в місцях виявлених пошкоджень ізоляції (по зменшенню захисного потенціалу відносно анодного заземлення станції катодного захисту) – з шагом 1м. Необхідність використання при цьому «зворотного» проводу робить цей метод трудомістким і практично непридатним для цілей безперервного моніторингу стану ізоляції трубопроводів. Тому сьогодні починають інтенсивно розробляти безконтактні методи. Одним з них є електромагнітний метод. Цей метод базується на контролі змінного струму в трубопроводі за допомогою магнітних параметричних антен. Частота струму може зазвичай знаходитись близько 1 кГц, якщо використовується зовнішній генератор. У випадку, якщо частота струму знаходиться в діапазоні від 1,55 до 25 Гц, як правило використовують модулятор у колі катодної установки. Якщо використовується зовнішній генератор, то катодну установку необхідно відключати, що не дозволяє будувати систему безперервного моніторингу (враховуючи велику інерційність систем електрохімічного захисту). Тому найбільш перспективним вважаємо напрямок модуляції інфранизькочастотним сигналом струмів катодного захисту. В цьому випадку є доцільним формування інфранизькочастотного модулюючого сигналу (синхронізованого з мережею) з

частотами, які дорівнюють субгармонікам мережевої напруги 50 Гц в діапазонах  $1,5625 \text{ Гц} \pm 1\%$ ,  $3,125 \text{ Гц} \pm 1\%$ ,  $6,25 \text{ Гц} \pm 1\%$ . Виділення активної складової модулюючого сигналу (діагностичного параметру) можна виконати за допомогою слідкуючого (за допомогою широкосмугової ФАПЧ) синхронно-фазового фільтру з ітераційним інтегруючим перетворювачем, який дозволить зменшити складові більш високочастотних гармонік на 90-100 дБ. Це дає змогу ефективно придушити частотні складові парних гармонік мережевої напруги, які виникають в більшості захисних катодних установок, що експлуатуються. Було проведено моделювання системи безперервного моніторингу для реальних умов експлуатації стандартних сталевих ізольованих газопроводів, яке підтвердило можливість виявлення пошкоджень ізоляції навіть в піщаних ґрунтах.

Ключові слова: корозія металевих трубопроводів, діагностика.

УДК 621.317.08(075.8)

### ДОСВІД ВИКОРИСТАННЯ NI LABVIEW ДЛЯ СТВОРЕННЯ ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМУ «КОМПЕНСАТОР ЗМІННОГО СТРУМУ»

*Ціделко В.Д., Бурченков Г.К., Затока С.А., Якимчук Ю.В., Полтарецький С.О.,  
Національний технічний університет України „Київський політехнічний інститут”,  
м. Київ, Україна*

Використання інформаційних технологій у навчальному процесі надають можливість організувати дистанційне навчання студентів за курсом ”Методи й засоби вимірювання”, у якому вагоме місце займають лабораторні роботи.

Дисципліна ”Методи й засоби вимірювання” є однією з базових у підготовці бакалаврів, фахівців і магістрів за фахом ”Метрологія й вимірювальна техніка” кафедри «Інформаційно-вимірювальна техніка» Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут».

Можливості програмного середовища LabView та його переваги.

Особливості математичної моделі процесу вимірювання для подальшої її реалізації в програмному середовищі LabView.

Метою даної лабораторної роботи є ознайомлення студента з принципом дії компенсатора змінного струму.

Лабораторна робота складається з двох експериментів.

Перший експеримент полягає в вимірюванні комплексного значення опору магазину опорів 5018/1 порівнюючи його зі значенням резистора  $R_0$ . Врівноваження дійсної і уявної частини комплексного опору досягається за допомогою компенсаторів перемінного струму по осям Y та X (Y- уявна вісь, X- дійсна вісь). Результат врівноваження можна спостерігати на нульіндикаторі.

Другий експеримент заключається в вимірюванні того ж опору, але по схемі, в якій використовується трансформатор струму.

В результаті виконання лабораторної роботи студент отримує уявлення про принцип дії компенсатора змінного струму, а також аналізує всі похибки, які впливають на результат вимірювання.

Ключові слова: компенсатора змінного струму, математична модель.

УДК: 681.3:519.6

## К ВОПРОСУ СОЗДАНИЯ ДРАЙВЕРОВ ДЛЯ МОДУЛЕЙ РС-104

<sup>1)</sup>Зинченко В.П., <sup>2)</sup>Зинченко С.В., <sup>1)</sup>Национальный технический университет Украины "Киевский политехнический институт", <sup>2)</sup>Институт кибернетики им. В.М. Глушкова НАН Украины, г. Киев, Украина

Разработка бортовых компьютерных систем с использованием модулей РС-104 [1, 2] и нестандартных устройств (датчики и т.п.), требует создания драйверов (наиболее критическая и скрытая часть программного обеспечения). Обзор показал, что существуют компьютерные программы для автоматизации создания драйверов в Windows (Numega driver studio, Microsoft DDK), но таких средств нет для MS-DOS.

В докладе представлена компьютерная программа (язык С++, библиотека “Borland Turbo Vision”), которая автоматизирует процесс создания драйверов для модулей РС-104, имеет понятный интерфейс, и реализует такую процедуру.

Шаг 1. Создать файл Driver00.asm и присоединить к нему файловый поток ввода / вывода “FileOut”.

Шаг 2. Записать в файл заголовок драйвера и таблицу переходов.

Шаг 3. Проверить, был установлен флаг CheckMedia. Если “да”, то записать в файл “заглушку” обработчика данной команды, а если “нет”, то записать в файл переход на метку “Quit”.

Шаг 4. Проверить, был ли установлен флаг OutUnBusy. Если “да”, то записать в файл “заглушку” обработчика данной команды, а если “нет”, то записать в файл переход на метку “Quit”.

Шаг 5. Записать в файл начало процедуры инициализации.

Шаг 6. Проверить, был ли установлен флаг IRQ0. Если “да”, то записать в файл код, модифицирующий вектор прерываний, а если “нет”, то перейти на следующий Шаг.

Шаг 7. Проверить, был ли установлен флаг IRQ15. Если “да”, то записать в файл код, модифицирующий вектор прерываний, а если “нет”, то записать в файл конец процедуры инициализации.

Шаг 8. Записать в файл пустые процедуры - обработчики прерываний для выбранных прерываний.

Шаг 9. Закрывать файл и присоединённый к нему файловый поток.

Шаг 10. Конец.

Ключевые слова: программирование, процедура, модули РС-104, драйвер.



### **Литература**

1. Зинченко В.П., Зинченко С.В. Программирование технологических модулей Prometheus // VI науково - техніч. конф. “Приладобудування 2007 – стан і перспективи”. Зб. тез допов. – К.: НТУУ “КПІ”, ПБФ, 2007. – С. 318 – 319.
2. Зинченко В.П., Зинченко С.В. Алгоритмы и базовые программные модули для управления технологическими модулями Prometheus // УСиМ, 2007. - № 5. – С. 96 – 102.

УДК: 681.3:519.6

## **АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ВЕСОВОГО КОНТРОЛЯ ПАССАЖИРСКИХ САМОЛЕТОВ**

*<sup>1)</sup>Зинченко В.П., <sup>2)</sup>Тищенко А.А., <sup>1)</sup>Национальный технический университет Украины “Киевский политехнический институт”, <sup>2)</sup>Авиационный научно-технический комплекс им. О.К. Антонова, г. Киев, Украина*

В докладе представлена автоматизированная система весового контроля (АСВК) пассажирских самолетов (ПС) на базе мобильных компьютеров (КПК) [1], которая предназначена для решения одной из задач предполетной и полетной подготовки [2, 3]. АСВК позволяют увеличить безопасности полетов и скорость обслуживания ПС, а также выполнять контроль весовых характеристик в полете и на земле. АСВК реализована для ПС Ан-148-100.

Представлены: методы; алгоритмы; прикладное программное обеспечение (ПО) [3]; оптимизированные методы расчета центровки и веса; беспроводной канал связи для передачи и обработки данных; результаты анализа системы по критериям безопасности, точности, функциональности и быстродействию.

Прикладное ПО АСВК, состоит из модулей: формировать данные; служебная загрузка; определить оптимальную загрузку; загрузка пассажиров, багажа, грузов, топлива; рассчитать и вывести результаты; формировать и вывести протокол загрузки; получить / отправить данные с /на сервера.

ПО АСВК включает Windows’2000/ XP, Windows Mobile / Palm OS. В прикладном ПО использован Java NetBeans 6.0 и Eclipse Europa 3.3.1. Для работы системы используются [4]: Web сервер Apache; Web сервер Tomcat; база данных JavaDB и MySQL; Pentium-4; КПК с  $f \geq 600$  Мгц базе MS Windows Mobile 5.0; беспроводные сети WPA и 802.11/WPA2 с поддержкой настройки в удаленном режиме (Zero Touch), контроллеров и точек доступа Cisco.

Ключевые слова: весовой и центровочный контроль, пассажирские самолеты, беспроводная передача данных, прикладное программное обеспечение.

### **Литература**

1. Зинченко В.П., Зинченко С.В. Мобильные интеллектуальные системы и их применение // IV Междунар. конф. “Гиротехнологии, навигация, управление движением и конструирование авиационно-космической техники”: Сб. докл. в 2-х частях. - К.: НТУУ “КПІ”, 2003. – Ч. II. – С. 296 - 305.
2. Зинченко В.П. К вопросу автоматизации задач предполетной подготовки // Самолетостр.: Техн. возд. флота. - Харьков: ХАИ, 1991. - № 58. - С. 77 – 83.

3. Зинченко В.П. Интеллектуальная система решения задач предполетной подготовки // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии, 1999. – Вып. № 4. – С. 203 – 207.
4. Зинченко В.П. Методология создания интеллектуальной системы решения задач предполетной подготовки // Полет. - 2000. - № 9. – С. 42 – 45.

УДК 621.317

## СИСТЕМА ВІБРОЗАХИСТУ ГІРОСКОПІЧНОГО ГРАВИМЕТРА

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

Принцип дії гравіметра заснований на дослідженні змін гравітаційного поля з метою виявлення аномалій сили тяжіння, викликаних заляганням неоднорідних по щільності порід. Гравіметр являє собою єдиний прилад, що складається із гравіметричного датчика і гіростабілізатора з вбудованою системою керування на мікроконтролерах. Гіростабілізатор побудований на поплавкових гіроскопах.

Метою віброзахисту є зменшення амплітуди і частоти коливань, що діють на прилад від інших вузлів літального апарату під час здійснення авіаційних гравітаційних вимірювань.

Система віброзахисту складається з пружних елементів і демпфера, які в свою чергу характеризуються коефіцієнтом жорсткості і коефіцієнтом опору. Для задоволення мети віброзахисту необхідно, щоб власна частота системи була б в крайній мірі у  $\sqrt{2}$  раз нижче частоти збудження. Причому, чим більше частота збудження перевищує власну частоту системи, тим більший ефект віброзахисту ми повинні одержати. Демпфірування істотно знижує амплітуду резонансних коливань, хоча і відіграє негативну роль, оскільки чим воно менше, тим більше ефект віброзахисту. Найпоширенішим матеріалом, використовуваним для віброізоляторів, є гума. Також широко використовують гумометалеві зварені віброізолятори, у яких пружний гумовий елемент привулканізований до металевих деталей. Проте гума помітно змінює свої властивості з температурою, а також з часом.

Перспективним вважається застосування пружнодемпфуючих елементів із внутрішнім тертям. Такі елементи дозволяють одночасно вирішувати два взаємовиключні завдання - зменшити коефіцієнт віброзахисту при резонансі і зберегти високі віброзахисні властивості у зарезонансній області.

Ключові слова: гравіметр, віброзахист.

УДК: 681.3:519.6

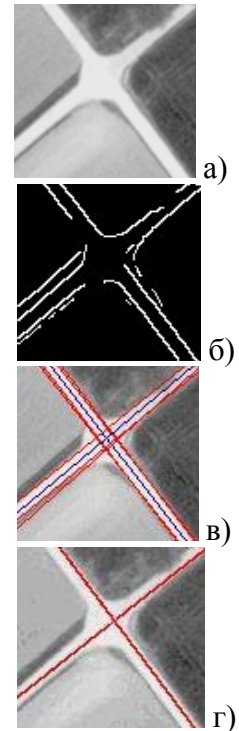
## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ Intel OpenCV ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБЪЕКТОВ

*Зинченко С.В., Институт кибернетики им. В.М. Глушкова НАН Украины, г. Киев, Украина*

В работе рассмотрены вопросы применения методов распознавания объектов при аэрофотосъемке (распознавания дорог и перекрестков) на основе системы технического зрения Intel OpenCV [2].

Сущность метода сводиться к распознаванию линейных сегментов дороги и определению высокоуровневых объектов – дорожных соединений, состоящих из границ дороги и их взаимосвязей. Для описания геометрии соединений и ориентации применяется преобразование Хока или Радона [1], которое основано на поэлементном преобразовании первоначального изображения в некоторое пространство, что позволяет обнаружить прямые линии, описывающие дорожные элементы.

В воздушных снимках при обнаружении границы дороги возникают трудности из-за наличия неоднородностей, вызванных автомобилями, растениями, дорожными знаками и покрытием. Эта неоднородность видна как искажение, которые при нахождении границ порождают ошибки распознавания. Чтобы устранить его применяется медианная фильтрация или адекватное параметризованное обнаружение границы (используется фильтр верхних частот Sobel и функция Canny). Результатом является набор точек, который, используя метод Хока, Радона или другие функции библиотека, позволяет построить характерные линии и получить их параметры.



Далее из полученных прямых линий выделяются те линии, которые потенциально принадлежат границам дороги. Для этого прямые линии группируются по их углам наклона, и линии с подобными параметрами рассматриваются как потенциальные границы дороги. Разрешение первоначального изображения позволяет оценить ширину дороги в пикселях. На рис. показан пример распознавания перекрестка, где а - первоначальное изображение, б - границы, в, г - преобразование Хока и Радона соответственно.

Практическая ценность задачи состоит в том, чтобы увеличить количество распознаваемых объектов, а так же составить базу знаний таких объектов.

Ключевые слова: преобразование Хока, преобразование Радона, распознавание объектов, процедура, OpenCV.

#### **Литература**

1. Duda R.O., Hart E.P. Use of the Hough Transformation to detect lines and curves in images // Graphics and Image Processing. 3, 1972. - pp. 11-15.
2. Intel (2002): OpenCV Reference Manual.

УДК 621.317

### **ФІЛЬТРАЦІЯ ВИХІДНОГО СИГНАЛУ ГРАВІМЕТРА**

*Литвиненко П.Л., Безвесільна О.М., Нечай С.О., Національний технічний університет України „Київський політехнічний інститут”, м. Київ, Україна*

Гравіметри авіаційної гравіметричної системи (АГС) мають недопустимо великі похибки, які зумовлені тим, що гравіметри вимірюють проекцію сукупності сигналів на вісь чутливості: корисного (прискорення сили ваги) і сигналу перешкоди, що визначається здебільшого вертикальним прискоренням (величина якого часто набагато перевищує корисний сигнал). Поступальні і кутові віброприскорення літака також можуть призвести досуттєвих похибок, істотними є також інструментальні похибки.

Метою є підвищення точності вимірювання прискорення сили ваги (або аномалій прискорення сили ваги) за рахунок значного зменшення впливу вертикального прискорення, поступальних і кутових віброприскорень літака, а також факторів, спричинених інструментальними похибками.

Для цього запропоновано фільтрувати вихідний сигнал гравіметра АГС. У зв'язку з цим:

- вивчено проблему фільтрації для випадку, коли вихідний сигнал гравіметра дорівнює аномаліям прискорення сили ваги і залишковим неточностям у визначенні вертикального прискорення літака, синтезовано відповідний фільтр;
- розглянуто проблему фільтрації для випадку, коли вихідний сигнал гравіметра дорівнює аномаліям прискорення сили ваги і вертикальному прискоренню літака, синтезовано відповідний фільтр.

Ключові слова: прискорення сили ваги, гравіметр, фільтрація.

УДК: 681.3:519.6

## РОЗРОБКА МАКЕТУ БОРТОВОЇ СИСТЕМИ ЗБОРУ, ОБРОБКИ ДАНИХ ТА ФОРМУВАННЯ КОМАНД КЕРУВАННЯ

*Зінченко В.П., Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут", м. Київ, Україна*

Пропонується розробити діючий макет бортової системи збору, обробки та формування команд керування (Макет\_БСЗОК) у складі діючого макету мікро-спутників (макет\_МС) [1]. Макет\_БСЗОК розроблюється відповідно до схеми, яку показано на рисунку.

План реалізації Макет\_БСЗОК [2]: розробити специфікацію Макету\_БСЗОК; виконати комплектацію елементів Макету\_БСЗОК; зібрати Макет\_БСЗОК; виконати тестування елементів Макету\_БСЗОК та Макет\_БСЗОК в цілому з використанням розробленого прикладного програмного забезпечення (ППЗ) [3]; розробити програму тестування Макет\_БСЗОК в складі макету\_МС;

розробити ППЗ для тестування Макет\_БСЗОК в складі макету\_МС; виконати тестування Макет\_БСЗОК в складі макету\_МС; обговорити результати досліджень.

Витрати технічні і програмні елементи для створення Макет\_БСЗОК визначаються на основі попередньої специфікації.

Результат: діючий Макет\_БСЗОК.

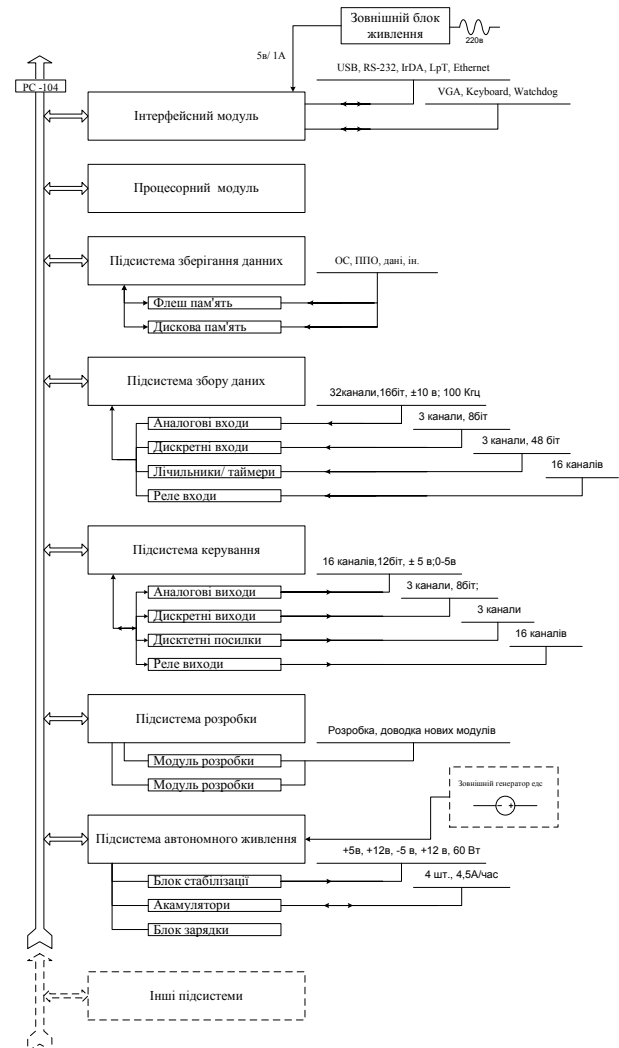
Ключові слова: макет, бортова система, програмне забезпечення.

#### Література

1. Зінченко В.П., Рижков Л.М. Концепція віртуальної лабораторії космічних досліджень на основі над малих космічних апаратів // Наукові вісті НТУУ “КПІ”. – 2006. - № 6. – С. 96 – 102.

2. Зінченко В.П. Щодо виконання проекту “Університетський мікро супутник”// V наук. -техніч. конф. “Приладобудування 2006: стан і перспективи”. Зб. тез допов. – К.: НТУУ “КПІ”, ПФФ, 2006. – С. 147.

3. Зінченко В.П., Зінченко С.В. Алгоритми і базові програмні модулі для управління технологічними модулями Prometheus // УСиМ, 2007. - № 5. – С. 96 – 102.



УДК 53.088; 681.142.2

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕДУРИ ФОРМУВАННЯ НЕЙРОКОНТРОЛЕРІВ ДЛЯ КЕРУВАННЯ МІКРОПЕРЕМІЩЕННЯМИ

*Гірняк Ю., Івахів О., Козут Р., Марець Б., Наконечний М., Національний університет "Львівська політехніка", Львів, Україна*

В космічних апаратах, медичному устаткуванні, системах орієнтації тощо, як приводи мікропереміщень широко використовуються п'єзоелектричні двигуни. Переміщення такого двигуна повинно покроково реагувати на зміну вхідної напруги. Бажане динамічне керування п'єзодвигунами можуть забезпечити пропорційно-інтегрально-диференційні регулятори (ПІД-регулятори).

Виявлено, що якісні динамічні показники та забезпечення заданої точності системи в стаціонарному режимі можна досягнути, використовуючи контролери, виконані на базі динамічних нейронних мереж. Як відомо, нейронна мережа виконує функції універсального апроксиматора, робота якого полягає в обчис-

ленні функції активації нейронів шарів, входами яких є входи мережі або виходи попередніх шарів.

Задавши потрібний характер реагування на керівні дії, нейронна мережа навчається, підбираючи відповідні вагові коефіцієнти мережі за вибраним критерієм оптимізації. Найчастіше мінімізується середній квадрат нев'язки між бажаними еталонними значеннями та значеннями величин на нейтронній мережі.

Синтезування контролера здійснюється на підставі наявної інформації щодо об'єкта керування та вимог щодо бажаного характеру реагування об'єкта на сигнали керування. А саме: формується структура динамічної нейтронної мережі, яка навчається з використанням послідовностей на вході та виході об'єкта керування, а також вхідних та вихідних послідовностей вибраного еталона, які визначають бажані динамічні характеристики системи керування.

Структура нейроконтролера визначається на підставі інформації щодо виду й порядку диференційних рівнянь, якими задаються бажані динамічні характеристики контролера. Перехід від лінійного диференційного рівняння до структури нейронної мережі, що відтворює його, забезпечується застосуванням функціональної аналогії між будовою лінійного нейрона та структурою цифрового фільтра

Обговорюється ряд способів синтезування нейронних контролерів, що використовуються для керування роботою такого двигуна. Досліджується тривалість навчання, швидкодія й точність відтворення потрібних вихідних сигналів.

Ключові слова: п'єзодвигун, контролер, нейромережа, моделювання.

УДК 681.3

## ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ УЛЬТРАЗВУКОВИХ СИСТЕМ ОХОРОННОЇ СИГНАЛІЗАЦІЇ

*Погребенник В.Д., Політтило Р.В., Національний університет “Львівська політехніка”, м. Львів, Україна*

Проведено класифікацію охоронних сповіщувачів за певними критеріями: за типом сенсора – пасивні, активні, комбіновані; за фізичним принципом дії випромінювача – інфрачервоні, ультразвукові, радіохвильові, барометричні, акустичні, сейсмічні, інерційні, п'єзоелектричні, магнітноконтактні, електроконтактні, комбіновані; за типом виявлених небезпечних подій – сенсори, що реагують на рух, на відкриття, на розбиття скла, на наближення, на вібрацію; за способом передавання даних – провідні та безпроводні (радіоканальні); за наявністю маскування: маскувальні та не маскувальні.

Проаналізовано основні принципи роботи ультразвукових сенсорів охоронної сигналізації, які ґрунтуються на інтерференції ультразвукових коливань та ефекті Доплера. Виявлено переваги та недоліки сучасних ультразвукових сенсорів. Розглянуто застосування найуживаніших ультразвукових систем, зокре-

ма, “ЭХО-5” для контролю всього об’єму приміщення та системи “CS-300” – системи автомобільної сигналізації.

Класифіковано ультразвукові методи побудови систем охоронної сигналізації: за методами вимірювання часу поширення ультразвукового сигналу (прямі імпульсні, компенсаційні імпульсні) та методами вимірювання швидкості звуку (інтерференційні, імпульсні). Здійснено їх аналіз та наведено основні схеми реалізації даних методів. Наведено структурні схеми даних сповіщувачів.

Для розроблення системи охоронної сигналізації з підвищеною надійністю роботи, запропоновано нові ультразвукові методи вимірювання часових параметрів сигналів. Дані методи ґрунтуються на використанні інтегрувального розгортального перетворення, які враховують не окремі точки на фронтах сигналів, а цілі ділянки (фронти) інформаційних сигналів. Вони характеризуються високою завадостійкістю та швидкодією, крім того, вимірюваний часовий зсув не залежить від амплітуди сигналів. На основі запропонованих методів розроблено структурну схему ультразвукового сенсора – “Детектора близькості”. Суть роботи сенсора полягає у вимірюванні часу проходження ультразвукового сигналу від можливого потенційного місця проникнення зломисника до приймача сигналу. При його зміні сенсор реагує і видає сигнал тривоги. Даний тип ультразвукових сенсорів доцільно використовувати на виході з приміщення, навпроти настінного сейфу або дорогої картини, на проході на горище або в напівпідвал чи у будь-якому іншому місці, де може пройти зломисник.

Ключові слова: охоронні сповіщувачі, надійні ультразвукові сенсори.

УДК 681.317

## СПОСІБ ВИМІРЮВАННЯ ТИСКУ В УМОВАХ НЕСТАЦІОНАРНИХ ТЕМПЕРАТУР

*Тихан М.О., Національний університет “Львівська політехніка”, м. Львів, Україна*

У багатьох сучасних галузях промисловості, вимірювання тиску доводиться здійснювати за умов нестаціонарних термовпливів. Така ситуація зустрічається при відпрацюванні силових і енергетичних установок, виробів аеро-космічного комплексу, наукових дослідженнях тощо. При цьому вихідні сигнали з датчиків часто є інформативними для швидкодіючих систем керування. Тому вельми актуальною є проблема створення способів і пристроїв для вимірювання тиску за умов нестаціонарних термовпливів, причому таких, які б забезпечували швидкодіюче коригування температурної похибки датчика.

На сьогодні, з метою зменшення температурної залежності результатів вимірювання тиску в умовах істотних термовпливів розроблена низка спеціальних заходів – так званих методів термокомпенсації.

Існуючі методи термокомпенсації можна об’єднати у дві групи: фізико-конструктивну, схемотехнічну. Перша група характерна тим, що зменшення дестабілізуючого впливу температури намагаються здійснити шляхом

спеціально сконструйованих механічних перетворювачів вимірювача, або ж підбором спеціальних матеріалів конструктивних елементів, шляхом примусового охолодження внутрішньої порожнини вимірювача, а також розробленням тензорезисторів спеціального типу з низькою температурною залежністю. Друга група характерна тим, що термокомпенсацію здійснюють шляхом схемотехнічних рішень у вторинному електричному вимірювальному колі вимірювача через введення термокомпенсуючих елементів, або ж введенням паралельного вимірювального ланцюга з термочутливими елементами і наступним коригуванням вихідного сигналу.

Проте, попри відомі дослідження, проблема створення способів і пристроїв для вимірювання тиску за умов нестаціонарних термовпливів, причому таких, які б забезпечували швидкодіюче коригування температурної похибки датчика є невирішеною.

Запропонований спосіб вимірювання тиску в умовах нестаціонарних температур, який дозволяє швидкодіюче коригування температурної похибки вимірювача тиску.

Ключові слова: термокомпенсація, вимірювання тиску, похибки.

УДК 523.4

## АМПЛІТУДНИЙ ДИСКРИМІНАТОР ДЛЯ РЕЄСТРАЦІЇ ІМПУЛЬСНИХ СИГНАЛІВ У СКЛАДІ БОРТОВИХ СИСТЕМ ВИМІРЮВАННЯ ТА ОБРОБКИ СИГНАЛУ

<sup>1)</sup>Фоменко О.О., <sup>2)</sup>Гераїмчук М.Д., <sup>1)</sup>Неводовський П.В., <sup>1)</sup>Головна астрономічна обсерваторія НАН України, м. Київ, Україна; <sup>2)</sup>Національний технічний університет України „Київський політехнічний інститут” м. Київ, Україна

Амплітудні дискримінатори мають призначення як порогові детектори сигналів, приймачі з лінії, схеми прив'язки та перетворення логічних рівнів і застосовуються в різних галузях науки і техніки, а саме: обчислювальній техніці та цифровій обробці сигналів; в системах швидкісних вимірювань та автоматичного керування; у спектроскопії, фотометрії, ядерній фізиці, біомедицині, астрономії та ін.

В даному випадку, розроблений амплітудний дискримінатор використовується для реєстрації імпульсних сигналів і є складовою частиною блоку обробки та реєстрації сигналу бортового ультрафіолетового поляриметра (УФП), який готується для участі у космічному експерименті. Приймачем світла цього приладу є фотоелектронний помножувач (ФЕП) фірми Hamamatsu (Japan), який перетворює (реєструє) потік світла в потік електронних імпульсів довжиною близько 1 ч 2 нсек. Ці короткі імпульси, а також застосований одноелектронний метод підрахунку фотонів накладають жорсткі умови, щодо робочої частоти дискримінатора. А обмеження з енергоспоживання, масогабаритних показників



та вимоги стабільності в широкому температурному діапазоні властиві космічній апаратурі роблять розробку такого дискримінатора проблемною.

Аналіз широкого кола існуючих промислових амплітудних дискримінаторів не виявив таких, які б задовольнили відповідним умовам. Навіть спеціальний амплітудний дискримінатор, розроблений фірмою Hamamatsu (Japan), як аксесуар до ФЕП тої ж фірми, більш призначений для лабораторного застосування ніж бортового.

В доповіді розглядається схемотехніка та функціональна схема побудови амплітудного дискримінатора для УФП на базі сучасної елементної бази та наведено його принципову схему. Привертається увага до особливостей конструювання та розробки макетної плати з урахуванням вимог до роботи схем наносекундного діапазону. Наводяться порівняльні характеристики енергоспоживання та масогабаритних показників, а також технічні характеристики пристрою по результатах випробувань дослідного зразка виготовленого в ГАО НАН України.

Ключові слова: амплітудний дискримінатор, фотоелектронний помножувач, імпульсний сигнал, наносекундний діапазон.

УДК 541.451

#### ЕТАЛОННІ ВИПРОМІНЮВАЧІ ДЛЯ КАЛІБРУВАННЯ ПОЛЯРИЗАЦІЙНИХ ПРИЛАДІВ В УФ-ОБЛАСТІ

<sup>1)</sup> Генкін О.М., Гераймчук М.Д., <sup>2)</sup> Неводовський П.В., <sup>1)</sup> Національний технічний університет України „Київський політехнічний інститут”, м. Київ, Україна; <sup>2)</sup> Головна астрономічна обсерваторія НАН України, м. Київ, Україна

В докладі розглядаються питання розробки еталонних випромінювачів для дослідження і калібрування поляризаційних приладів в УФ області. Призначенням УФ випромінювача являється його використання при калібровці і настройці поляризаційних приладів, призначених для дослідження фізичних характеристик стратосферного аерозолю в атмосфері Землі.

Конструктивно УФ випромінювач включає світлодіод на основі карбіду кремнію, утримувач світлодіода та оправу, яка з'єднує УФ випромінювач з поляризаційними приладами при їх калібровці і настройці та керованого джерела струму. Світлодіод розроблений на основі карбіду кремнію р-п-структури, що працює у режимі електричного пробую.

Проведені дослідження спектрального розподілу інтенсивності випромінювання світлодіодів у діапазоні 235-355 нм при струмах, які відповідають межах та середині робочого діапазону, при температурах 293 та 373 К. Визначена спектральна залежність температурного коефіцієнта інтенсивності випромінювання, та спектральний розподіл абсолютного зовнішнього квантового виходу випромінювання світлодіодів.

Виготовлення партія макетних зразків широкосмугових світлодіодів з оптимальними характеристиками в УФ-області спектра.

Основні параметри УФ-випромінювача.

Діапазон робочих струмів, мА	10 - 100
Робоча напруга, В	16 - 20
Порядок спектральної густини зовнішнього квантового виходу випромінювання, фот./електр.· еВ	$10^{-9}$
Температурний коефіцієнт інтенсивності випромінювання, %/К у різних частинах спектра	(-0,05) - (-0,25)
Порядок величини потоку фотонів для струму 100 мА, фот./еВ	$10^{10}$

Ключові слова: УФ випромінювач, світлодіод, калібровка і настройка поляризаційних приладів.

УДК 621.121

## АЛГОРИТМ ВИМІРЮВАННЯ ЧАСТОТИ ПЕРІОДИЧНОГО СИГНАЛУ ДЛЯ ВІРТУАЛЬНИХ ПРИЛАДІВ

*Варфоломєєв А. Ю., Бухтіяров Ю.В., Дзюба В.Г., Яганов П.О., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна*

В приладобудуванні все ширшого розповсюдження набувають технології віртуальних приладів (ВП), які емулюють функціонування реальних технічних систем. Найбільш розповсюджене програмне середовище, в якому створюють ВП, LabVIEW (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench).

В інструментарії LabVIEW існує спеціальна підпрограма віртуального вимірювача частоти, функціонування якого ґрунтується на математичному апараті швидкого перетворення Фур'є. Такий підхід не позбавлений недоліків, оскільки потребує значних затрат обчислювальних ресурсів.

В даній роботі в програмному середовищі LabVIEW реалізовано алгоритм створення віртуального частотоміру, принцип дії якого оснований на підрахунку кількості періодів сигналу за фіксований проміжок часу. Частота сигналу визначається як частка від ділення числа визначених періодів на тривалість часового інтервалу, заповненого періодичним сигналом. Цей метод є традиційним для звичайної вимірювальної електронної апаратури. В середовищі LabVIEW його реалізація менш розповсюджена.

Порівняльний аналіз роботи ВП, створених в програмному середовищі LabVIEW 8.2, згідно методу швидкого перетворення Фур'є та запропонованого засвідчив ефективність останнього. Так, при тривалості періодичного сигналу в інтервалі часу 1 секунда віртуальний частотомір на основі математичного апарату швидкого перетворення Фур'є має обмеження по частотному діапазону до

7 МГц, а вимірювання періодичного сигналу частотою 6 МГц триває близько 2,5 хвилини. ВП на основі запропонованого алгоритму має граничні обмеження до 16 МГц, при цьому вимірювання періодичного сигналу частотою 6 МГц триває близько 2 секунд. Використання представленого методу в середовищі LabVIEW доцільне на високих частотах при визначенні частоти сигналів, що заповнюють відносно тривалі проміжки часу.

Експериментальна перевірка здійснювалась на комп'ютері, що має наступну конфігурацію: процесор Intel Core Duo 1,86 ГГц, об'єм оперативної пам'яті 1024 Мб.

ВП, створений на основі запропонованого алгоритму, дає можливість регулювати поріг чутливості, зменшує вплив шумів і завад на якість вимірювань.

Ключові слова: алгоритм вимірювання частоти, LabVIEW, віртуальний прилад.

УДК 681.327

## ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

*Борисов В.В., Национальный технический университет Украины "Киевский политехнический институт", г. Киев, Украина*

Любая проектируемая информационная система (ИС) разбивается на иерархически упорядоченные уровни ( абстракции ) [1, 2]. Цель такого разбиения – разделение общей задачи управления данными на подзадачи, для упрощения проектирования и наладки ИС.

В современных системах управления данными и, в частности, PDM–системах, при определении уровней иерархии алгоритмов управления приходится оперировать двумя структурами, определяющими соответственно абстракции данных и абстракции программного обеспечения (ПО). При этом вырождается сам принцип абстракции, поскольку приходится дополнительно описывать связи между уровнями указанных структур. Причина в том, что в таких ИС установление связей "алгоритм–данные" происходит непосредственно в процессе их обработки и анализа. ПО в таких ИС образует параллельную структуру, находящуюся вне зоны действия процедур поиска и управления, что ограничивает количество используемых алгоритмов.

В объектной базе данных (ОБД) описание абстракций упрощается, поскольку ПО ОБД является частью ее структуры, объединяющей в составе объектов данные и функции их обработки. Поэтому согласование адресов данных и программных кодов производится один раз ( при формировании объекта ), что избавляет от необходимости установления связей между структурой данных и структурой алгоритмов. Формирование абстракций данных в ОБД означает автоматическое формирование абстракций алгоритмов. Таким образом применение объектной информационной технологии дает возможность структурировать

процесс постановки заданий, разбивая общий алгоритм управления на иерархически упорядоченную систему относительно простых операций, соответствующих определенным абстракциям задач управления.

Ключевые слова: информационная технология, иерархия алгоритмов, объект, абстракция.

#### **Литература**

1. Зинченко В. П., Борисов В.В. Анализ актуальных проблем информационной технологии передачи данных при моделировании нагрузок, действующих на конструкцию сложного технического объекта. // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Харьков: Гос. Аэроком. Ун-т “ХАИ”, 2006. – Вып. № 5. –С. 85 – 107.
2. Борисов В.В., Горина Н.Ф., Зинченко Н.П. и др. Исследование вопросов повышения качества разработки программного обеспечения PDM-систем за счет повышения независимости программных модулей. // Интеллектуальные информационно-аналитические системы и комплексы. –К.: Ин-т кибернетики им. В.М. Глушкова НАН Украины, 2000. –С. 136 – 141.

УДК 534.84

### **МОДУЛЬ АКУСТИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ**

*Лебига С.А., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», НТЦ «ДИАТОС», г. Киев, Украина*

Модуль акустических измерений МАИ-01 в комплекте с программным пакетом «Акустические измерения» предназначен для генерирования и приема шумового акустического сигнала в соответствии с требованиями ГОСТ 27296-87 «Звукоизоляция ограждающих конструкций. Методы измерения». Модуль МАИ-01 соответствует требованиям к приборам для измерения звукового давления класса точности 2 по ГОСТ 17187-81.

Модуль акустических измерений содержит в себе один канал генерации аналогового сигнала и два измерительный канала с микрофонов. Он соединяется с компьютером по шине USB2.0 и работает под управлением программного пакета. Питание модуля осуществляется от шины USB. Особенностью модуля является использование стандартного драйвера “аудиоустройство USB” операционной системы WINDOWS, что позволяет использовать модуль в различных версиях системы от WIN2000 до Vista.

Канал генерации сигнала выдает сигналы «белый шум», «розовый шум», «чирп» в нормированных треть октавных и октавных полосах, а также во всем диапазоне 20-10000Гц путем воспроизведения загруженного wav-файла. Возможно генерация сигнала произвольной формы и изменение его уровня.

Измерение входных акустических сигналов ведется одновременно от двух микрофонов по двум независимым каналам. Возможно подключение микрофонов с выходом по напряжению и токовым выходом стандарта ICP. Входной нормирующий усилитель переключается в диапазоне 0-60дБ с шагом 6дБ, что позволяет обеспечить максимальное соотношение сигнал-шум.

Модуль имеет блок фильтров высоких и низких частот для выбора рабочего

частотного діапазона, фільтри – 4 порядку, Батерворта, схемотехніка – універсальні фільтри, що дозволяє переключати 8 діапазонів ФВЧ і 9 діапазонів ФНЧ. Це дозволяє застосовувати МАИ-01 в різних областях вимірювань акустичних сигналів і вібрації. 20-раз-рядний сигма-дельта АЦП працює на частоті дискретизації 48 кГц, частота задається кварцевим резонатором в модулі, це зменшує значення помилки квантування і джиттера до мінімуму і відносить модуль до HI-FI класу.

Ключові слова: акустичний, аудіоапарат, звукоізоляція

УДК 658.518.54

### СИСТЕМА МОНИТОРИНГУ ТЕХНІЧЕСКОГО СОСТОЯННЯ ВРАЩАЮЩИХСЯ МЕХАНІЗМОВ ЯК ОСНОВНОЇ ЕТАП ТОиР ПО ФАКТИЧЕСКОМУ СОСТОЯННЮ

*Петренко В.Е., Чердынцев О.А., Олейник П.Б., Лебига С.А., Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут", г. Київ, Україна*

На сьогоднішній день одним із злободневних питань є перехід діючої системи регламентного технічного обслуговування і ремонту віращаючихся механізмів до технічного обслуговування і ремонту (ТОиР) по технічному стану.

Одним із основних елементів ТОиР по технічному стану є впровадження системи моніторингу технічного стану.

Авторами була розроблена і впроваджена на АЕС України система моніторингу технічного стану віращаючихся механізмів. Система складається з аналізатора спектра DC-2111 і програмного пакета детального діагностичного моніторингу.

Дана система дозволяє: автоматизувати процес контролю за вібраційним станом машин, своєчасно виявити відхилення в стані машини; ідентифікувати зароджується дефект на ранній стадії, прогнозувати розвиток дефектів, контролювати якість ремонтних робіт і др.

Ключові слова: моніторинг технічного стану, вібродіагностика, ТОиР по фактичному стану.

УДК 621.398

### ПРОГРАММНИЙ ІНТЕРФЕЙС ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ МОДУЛЯ ДОЗИРОВАНИЯ КОЛИЧЕСТВА ЗАРЯДА

*Савин В.В., Дзюба В.Г., Бухтияров Ю.В., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», г. Київ, Україна*

В наше час за рахунок стрімкого розвитку комп'ютерних технологій системи контролю за технологічними процесами зазнали значущих змін.

изменения. Одной из основных систем проектирования пульта управления оператора-технолога на персональном компьютере является LabVIEW. Это специальная среда графического программирования виртуальных приборов, позволяющая создавать интерфейс пользователя различных технических систем.

В данной работе представлен программный интерфейс пользователя модуля дозирования количества заряда. Модуль разрабатывался для АСУ электрохимическими, гальванопластическими и другими технологическими процессами, в которых существенным является контроль количества заряда. Устройство задает как уровень, так и временную функцию требуемого по условию технологического процесса значения тока, которое требуется пропустить через нагрузку. Этот комплекс можно использовать для контроля процессов, требующих получения дозированных токов, например, зарядки аккумулятора или при нанесении тонких пленок токопроводящих слоев на подложку.

С помощью программной графической среды LabVIEW 8.2 спроектирован виртуальный пульт управления данным комплексом. Используя данный программный интерфейс, оператор-технолог с персонального компьютера может контролировать и устанавливать необходимое количество заряда. Для этого либо мышью, либо с клавиатуры, устанавливают величину тока, которая будет протекать через нагрузку, и время ее протекания. Установленное количество заряда отображается на индикаторе. Также в данном пульте управления предусмотрена возможность выбора функции изменения протекающего тока от времени его протекания. Для подтверждения этого, изменение количества тока в зависимости от времени выводится на графопостроитель. Таким образом, оператор может контролировать силу тока в любой момент времени его действия на нагрузку. Есть возможность сохранения настроек пульта управления и архивирования значений количества заряда в определенные моменты времени.

Ключевые слова: дозатор количества заряда, LabVIEW, виртуальное устройство, пульт оператора-технолога.

УДК: 681.324

## ГРАФО – ЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОБЩЕГО ВИДА

*Резаи Вахид, Национальный технический университет Украины "Киевский политехнический институт", г. Киев, Украина*

В докладе приведены результаты исследования новой модели, названная графо – логической моделью, которая адекватно описывает поведение отказоустойчивой многопроцессорной системы в потоке отказов.

Рассматривается базовая модель, которая построена на основе циклического графа, и метод формирования реберных функций для нее.

Основная идея заключается в создании возможности изменять структуру графа в соответствии с вектором состояния элементов системы. Это достигается путем приписывания ребрам графа определенных булевых функций, пере-

менные которых - суть состояния процессоров системы, а состояния системы в целом соответствует связность графа.

В докладе рассмотрены:

- основные особенности построения отказоустойчивых многопроцессорных систем и их моделей;
- наиболее общие принципы построения отказоустойчивых многопроцессорных систем;
- существующие модели диагностирования и контроля отказоустойчивой многопроцессорной системы;
- алгоритмы оптимального выполнения диагностического эксперимента в отказоустойчивых многопроцессорных системах по критериям минимального числа элементарных проверок и по критерию минимального числа тактов эксперимента;
- модели расчета надежности отказоустойчивой многопроцессорной системы, основанные на использовании модели двухполюсного графа и модели многополюсного графа, проанализированы преимущества и недостатки их использования.

Ключевые слова: отказоустойчивая многопроцессорная система, графо – логическая модель, граф, диагностирование, контроль, оптимизация.

#### Литература

1. Romankevich A.M., Valuisky V.N., Hardware checking of discrete units used time and structure redundancy // Proc. of seminar on intelligent measurement systems. – Budapest, Hungary, 1990. - P. 234-236.
2. Романкевич А.М., Романкевич В.А., Карачун Л.Ф. Графо - логические модели для анализа сложных отказоустойчивых вычислительных систем // Электронное моделирование, 2001. - Т.23, № 1. - С. 102 - 111.
3. Романкевич В.А. Об одной модели поведения отказоустойчивой многопроцессорной системы // Радиоэлектроника и Информатика, 1999, № 1. - С. 75 - 76.

УДК 531

## ОБРОБКА ДАНИХ СИСТЕМОЮ ВІДЕМОНІТОРИНГУ ДОРОЖНІХ ПАРАМЕТРІВ

<sup>1)</sup>Лобус Р. С., <sup>2)</sup>Овчаров Ю.В., <sup>1)</sup>Національний авіаційний університет, м. Київ, Україна,  
<sup>2)</sup>НВП «Торус-А», м. Черкаси, Україна

У зв'язку з постійним зростанням кількості транспортних засобів в Україні, моніторинг дорожнього руху великих міст стає невід'ємним в системах аналізу та керування дорожнім рухом. Для ефективного використання моніторинг дорожніх параметрів повинен відбуватися в режимі реального часу та надавати центру керування дорожнім рухом міста найбільшу кількість важливих параметрів руху транспортних засобів. Оптимальною для такої задачі є система, що використовує апаратні засоби попередньої обробки інформації на місцях її збору.

Необхідно вдосконалити методи обробки відеоінформації інтелектуальними датчиками системи, що дозволятимуть більш ефективно використовувати процесорний час та оперативну пам'ять спеціалізованих обчислювачів таких датчиків.

Для детектування транспортних засобів та послідуочого їх супроводження необхідно проводити складну, за кількістю обчислень, операцію деформації відео образу, що дозволяє компенсувати оптичні та перспективні спотворення дороги. На деформованому відеообразі дорога має вигляд не трапеції, а прямокутника. Надалі, знаючи межі дороги, алгоритми детектування та супроводження рухомих об'єктів значно спрощуються.

Для зменшення часу обробки відеообразу пропонується не проводити деформації образу. Використання алгоритму Брезенхема не для виводу за допомогою ЕОМ відрізка, а для сканування по відрізку образу дозволяє повністю виключити операції деформації кадру та отримати той самий результат при обробці, що й з ними.

Датчик одноразово проводить операцію обчислення точки перетину прямих, проведених через бічні грані трапеції дороги. У подальшому сканування відео образу проводиться з точки образу на дорозі до обрахованої точки перетину. Координати точки перетину двох прямих заданих парами точок представлена формулою (координата у обчислюється аналогічно).

$$x = \frac{\Delta x_1 (\Delta x_2 y_3 - \Delta y_2 x_3) + \Delta x_2 (\Delta y_1 x_1 - \Delta x_1 y_1)}{\Delta y_1 \Delta x_2 - \Delta y_2 \Delta x_1},$$

Представлена формула дає можливість розрахувати пряму з довільної точки кадру до точки перетину бічних сторін зображення дороги, тобто отримати формулу бічної грані трапеції-фільтра в довільній точці кадру.

Ключові слова: відеоінформація, кадр, параметри руху транспортних засобів.

УДК 628.16

## ВИСОКОІНФОРМАТИВНІ ПРИСТРОЇ ТА ОБ'ЄКТНІ СИСТЕМИ ОПЕРАТИВНОГО ЕКОМОНІТОРИНГУ ДОВКІЛЛЯ

<sup>1)</sup>Гераїмчук М.Д., <sup>2)</sup>Шевчук Б.М., <sup>3)</sup>Шупрова О.М., <sup>1)</sup>Лісовий К.В., <sup>1)</sup>Національний технічний університет України „Київський політехнічний інститут”, м. Київ, Україна, <sup>2)</sup>Інститут кібернетики НАН України, м. Київ, Україна, <sup>3)</sup>Державна екологічна інспекція в Харківській області, м. Харків, Україна

Оперативний екомоніторинг довкілля ґрунтується на неперервному чи періодичному введенні, обробці та передачі даних про стан об'єктів екомоніторингу в центр обробки та аналізу екологічної інформації регіональних мереж державної системи моніторингу довкілля. Об'єктами моніторингу довкілля є елементи навколишнього середовища, включаючи атмосферне повітря, поверхневі й підземні води, ґрунтовий і рослинний покрови, екосистеми, їх біотичні складові, біосфера, екологія рекреаційних територій, житлових масивів, будівель і приміщень. Також об'єктами екомоніторингу є джерела впливу та забруднення



навколишнього природного середовища (підприємства, звалища та ін.). Стан об'єктів екомоніторингу контролюється шляхом обробки первинних даних (сигналів і зображень), які від інтелектуальних сенсорів, біосенсорів, біоіндикаторів направляються в об'єктні пристрої та системи моніторингових мереж. Для ефективної організації екомоніторингу великої кількості віддалених об'єктів на останніх встановлюються відповідні сенсори та високоінформативні пристрої і системи, які конструктивно утворюють спеціалізовані абонентські системи (АС) моніторингової мережі. Основу АС утворює процесорний модуль, відповідні сенсори, модуль радіоприйомопередавача та модуль живлення. Первинні дані від сенсорів направляються в процесорний модуль, який, після узгодження форми вхідних сигналів, їх введення, здійснює: фільтрацію та компактне кодування моніторингових даних; експрес-аналіз інформаційних станів об'єктів екомоніторингу; захист компактних даних від доступу до них несанкціонованими користувачами моніторингових мереж та захист даних від підміни тієї інформації, що передається від конкретної об'єктної АС на центральну станцію мережі; завадостійке кодування даних пакетів інформації; формування та передачу оптимізованих по тривалості псевдохаотичних шумоподібних пакетів інформації, база сигналів яких адаптивно підбирається в залежності від рівня шумів в каналі зв'язку моніторингової мережі. Таким чином, висока інформативність об'єктних систем досягається за рахунок багатофункціональної обробки моніторингових даних в місцях зародження інформаційних потоків та шляхом передачі в каналах зв'язку криптистійких та завадостійких шумоподібних пакетів інформації, мінімізованих по тривалості. Використання високоінформативних об'єктних систем дозволить максимально автоматизувати і здешевити екомоніторинг великих територій та уникнути корупційних схем і явищ, оскільки первинні дані розшифровують комп'ютери.

Ключові слова: оперативний екомоніторинг, високоінформативні об'єктні систем, моніторингові мережі.

УДК 681.51

## РОЗРОБКА І ДОСЛІДЖЕННЯ СУЧАСНИХ СЕНСОРНИХ МЕРЕЖ ОПЕРАТИВНОГО КОНТРОЛЮ ЗАБРУДНЕННЯ І РАДІАЦІЙНОЇ ОБСТАНОВКИ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

*Гераїмчук М.Д., Лісовий К.В., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна*

В доповіді приведені дослідження сенсорних мереж оперативного контролю забруднення і радіаційної обстановки навколишнього середовища. Сенсорні мережі мають різне призначення і використовуються в системах пожеготушіння на крупних об'єктах, позволяючих визначити місце джерела виникнення пожеги, в сільському господарстві, на виноградниках, для оцінки осадків, вологості і затоплення, для перевірки прочності конструкцій збудованих, вони можуть

використовуватись для моніторингу і профілактики обладнання високої вартості та можуть мати інше спеціальне призначення. Головною перевагою сенсорних мереж є можливість отримувати точну інформацію в реальному часі.

Показано, що використання мікро- і наноелектронних технологій дозволяє розробляти сенсорні мережі оперативного контролю забруднення і радіаційної обстановки, які можуть мати незначні розміри і високі метрологічні параметри, а також малу вартість, що особливо важливо при побудові сенсорних мереж великого об'єму, які розгортаються на великій території. Розглянуто також особливості розробки перетворювачів (сенсорів) різних фізичних величин нового покоління з інтеграцією обчислювального перетворювача і блока бездротової передачі даних. Дані перетворювачі відносяться до вимірювально-обчислювальних перетворювачів і мають велике значення при побудові сенсорних мереж різного призначення. Показано, що застосування мікро- та нанотехнологій при створенні сенсорних мереж є актуальним і перспективним. Досліджена можливість використання мобільних і кишенькових комп'ютерів при знятті інформації про стан забруднення і радіаційної обстановки навколишнього середовища, що є новим напрямком і дозволяє збільшити оперативність в оцінці обстановки.

У роботі досліджуються існуючі підходи до організації сенсорної мережі для оперативного контролю забруднення і радіаційної обстановки, методи і принципи їх розробки. Розроблена також методика оперативного визначення забруднення і радіаційної обстановки в реальному часі. Методика оперативного визначення забруднення і радіаційної обстановки враховує визначення координат джерела забруднення, а також його розподілення по місцевості.

Ключові слова: контроль забруднення навколишнього середовища, сенсорні мережі, розробка сенсорних мереж.

УДК 621.314.631

## ИССЛЕДОВАНИЕ БИМОРФНЫХ ПЬЕЗОТРАНСФОРМАТОРОВ

*Шарапов В.М., Сотула Ж.В., Романенко Д. Е., Черкасский государственный технологический университет, г. Черкассы, Украина*

Пьезоэлектрические трансформаторы применяются в различных электронных устройствах для преобразования уровня входного сигнала, а также для построения на их основе датчиков механических величин [1, 2].

Известны узкополосные и широкополосные пьезоэлектрические трансформаторы. Для биморфных пьезоэлектрических трансформаторов коэффициент трансформации в дорезонансной области составляет величину порядка 0,01-0,02, а на первой резонансной частоте – порядка 0,1-0,15.

Целью данной работы является расширение рабочей полосы частот и увеличение коэффициента трансформации биморфного пьезотрансформатора в дорезонансной области.

Для збільшення коефіцієнта трансформації електроди на пьезотрансформаторі були розміщені таким чином, щоб вектори напруженості електричного поля вхідного і вихідного сигналу знаходилися під кутом  $\alpha$ , причому  $0 < \alpha \leq 90^\circ$  вектору поляризації [1].

Пьезотрансформатори, у яких кут  $\alpha$  між вектором вхідного або вихідного електричного поля і вектором поляризації дорівнює нулю, відомі достатньо давно і названі тут традиційними (Тр) [1, 2].

Пьезотрансформатори, у яких кут  $\alpha$  близько  $90^\circ$ , були названі, враховуючи фізичні процеси, що відбуваються в пьезокераміці з урахуванням псевдоефекту Яна-Теллера, доменно-дисипативними (ДД) [2].

У роботі досліджені чотири основні схеми побудови пьезотрансформаторів, які залежать від кута  $\alpha$  між вхідним  $\vec{E}_{BX}$ , вихідним  $\vec{E}_{ВЫХ}$  електричними полями і вектором поляризації  $\vec{P}$  можуть бути позначені, як  $T_P$ - $T_P$  (відомий поперечно-поперечний пьезотрансформатор, кут  $\alpha_{BX}$  між вектором вхідного електричного поля  $\vec{E}_{BX}$  і вектором поляризації  $\vec{P}$  дорівнює нулю і кут  $\alpha_{ВЫХ}$  відповідно між вектором  $\vec{E}_{ВЫХ}$  і  $\vec{P}$  також дорівнює нулю),  $T_P$  – ДД ( $\alpha_{BX} = 0^\circ$ ,  $\alpha_{ВЫХ} \approx 90^\circ$ ), ДД –  $T_P$  ( $\alpha_{BX} \approx 90^\circ$ ,  $\alpha_{ВЫХ} = 0^\circ$ ), ДД – ДД ( $\alpha_{BX} \approx 90^\circ$ ,  $\alpha_{ВЫХ} \approx 90^\circ$ ).

Проведені дослідження показали, що динамічні характеристики ДД пьезотрансформаторів залежать від схеми побудови.

Ключові слова: пьезоелектричні трансформатори, робоча діапазон частот, коефіцієнт трансформації, дослідження.

#### Література

1. Лавриненко В.В. Пьезоелектричні трансформатори. М.: Енергія, 1975.
2. Шаріпов В.М., Мусієнко М.П., Шаріпова Е.В. Пьезоелектричні датчики. М.: Техносфера, 2006.

УДК 389.14:006.354

### РЕАЛІЗАЦІЯ ВИМОГ МІЖНАРОДНОГО СТАНДАРТУ ДСТУ ISO/IEC 17025:2006 ДО СИСТЕМ ЯКОСТІ ЛАБОРАТОРІЙ МЕХАНІЧНИХ ВИПРОБУВАНЬ

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

Випробування зразків продукції з метою її сертифікації є одним з способів підвищення якості товарів, що надходять у торгову мережу України. Акредитація випробувальних лабораторій, призначених для сертифікації продукції, обмежується не стільки недостатністю випробувального обладнання, скільки жорсткими вимогами до цього обладнання та до відповідних методів вимірювань з боку діючих в Україні міжнародних стандартів, зокрема ДСТУ ISO/IEC 17025:2006. Даний стандарт передбачає оцінювання придатності

методів, забезпечення простежуваності вимірювань до системи SI та обов'язковий розрахунок невизначеності вимірювань. Остання вимога зазначена у Законі України "Про метрологію та метрологічну діяльність".

При акредитації Науково-випробувального центру "Надійність" (НТУУ "КПІ"), який складається з семи окремих лабораторій, була проведена адаптація існуючого обладнання до потреб випробувань з метою сертифікації продукції та виконанні необхідні метрологічні перевірки .

Однією з найбільш складних задач було оцінювання невизначеності результатів вимірювань за методами, що використовуються в діяльності лабораторій. Основна причина – відсутність достовірних технічних характеристик приладів та обладнання, що застосовано в експериментах. Більшість даних про засоби вимірювальної техніки та випробувального обладнання одержано при атестуванні цього обладнання з боку УкрЦСМ. Надалі за модельними рівняннями, що використовуються у кінцевих розрахунках, були оцінені невизначеності вимірювань. При цьому враховані "Рекомендації з метрологічного забезпечення випробувальних і калібрувальних лабораторій" (стандарт Асоціації "Українські акредитовані органи з оцінки відповідності" СТУ–Р УкрАО 913.15:2007).

У доповіді наведені приклади адаптації засобів вимірювальної техніки та випробувального обладнання кафедри ДММ та ОМ до сертифікаційних випробувань деталей автомобільного та залізничного транспорту.

На наш погляд, використовуючи досвід включення науково-дослідних та навчальних лабораторій кафедр механіко-машинобудівного інституту у процес сертифікації продукції, на базі інших підрозділів НТУУ "КПІ" можливо суттєве розширення галузі випробувань без залучення значних додаткових кадрових та фінансових ресурсів.

Ключові слова: механічні характеристики, випробувальне обладнання, вимірювальні засоби, невизначеність вимірювань, сертифікація.

УДК 389.14:006.354

## ПРИЛАДИ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДЕТАЛЕЙ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

*Шидловський М.С., Шпак Д.Ю., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна*

Безпека та безвідмовна експлуатація транспортних засобів напряду пов'язані з якістю матеріалів і дотриманням технологічних режимів виготовлення деталей та вузлів цих засобів. Постійне збільшення кількості автомобілів потребує розширення мережі випробувальних лабораторій для контролю за експлуатаційними характеристиками запасних частин, що виробляються в Україні та надходять з-за кордону.

Протягом останніх років у НВЦ "Надійність" (лабораторія механічних випробувань при кафедрі ДММ та ОМ НТУУ "КПІ") проводяться роботи по вимірюванню характеристик деталей транспортних засобів (ДТЗ).

Аналізуючи технічні вимоги до ДТЗ, враховуючи рекомендовані в нормативних документах методи випробувань та досвід інших випробувальних лабораторій, було виділено основні параметри, які обов'язково потрібно визначати. Це, насамперед, міцносні характеристики матеріалів та виробів у цілому: границі міцності та текучості матеріалу деталей циліндро-поршневої групи, елементів гальмівної системи, деталей кермового управління та елементів підвіски. При цьому деякі деталі мають свою специфіку випробувань. Наприклад, випробування поршневих кілець повинні проводитися при згинальних навантаженнях, кульові опори підвіски випробовуються на вирив, а гальмівні колодки обов'язково контролюються шляхом випробувань на зріз. Завдяки застосуванню в експериментах різних типів додаткових приладів (динамометри і вимірювачі деформацій) та спеціально розроблених пристроїв (затискувачі, індендатори, перехідні елементи) для вимірювань міцносних характеристик застосовуються лише дві універсальні машини серії TIRAtest (максимальні навантаження 5 та 100 кН) та випробувальна машина серії EU з навантаженням до 1000 кН.

Для вимірювання характеристик жорсткості гальмівних дискових та барабанних колодок створено спеціальний пристрій, який дозволяє проводити експерименти при стискуванні в діапазоні температур від 20 до 400<sup>0</sup>С.

Практично всі геометричні характеристики ДТЗ (відхилення від допусків лінійних та кутових розмірів, овальності отворів, непаралельності поверхонь, конусність, параметри різьбових з'єднань тощо) можуть бути проконтрольовані оптичними приладами (катетометр В-630, відліковий мікроскоп МПБ-2).

Отже, на досить обмеженій кількості приладів та випробувального обладнання досягнута можливість оперативного та насамперед якісного вимірювання найважливіших механічних характеристик різних елементів ДТЗ.

Ключові слова: вимірювання, випробування, обладнання, якість, транспортні засоби, міцність, жорсткість, оптичні системи.

УДК 621.317.08(075.8)

## ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ДИСТАНЦИОННОМ ОБУЧЕНИИ. КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ИЗМЕРЕНИЯ

*Дарчук С.Е., Василенко О.С., Циделко В.Д., Бурченков Г.К., Затока С.А.,  
Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина*

Использование информационных технологий в учебном процессе предоставляют возможность организовать дистанционное обучение студентов по кур-

су "Методы и средства измерений", в котором лабораторные работы занимают весомое место.

Дисциплина "Методы и средства измерений" является одной из базовых в подготовке бакалавров, специалистов и магистров по специальности "Метрология и измерительная техника" кафедры «Информационно-измерительная техника» Национального технического университета Украины «Киевский политехнический институт».

С помощью программной среды Delphi 7 была создана виртуальная лабораторная работа на тему: «Измерения потенциометром постоянного тока», что позволит ознакомиться с классическим компенсационным методом измерения.

В данной лабораторной работе предусмотрено 25 вариантов задания. Каждому студенту предлагается провести настройку прибора и выполнить три опыта:

- 1) Измерение силы тока;
- 2) Исследование метрологических характеристик делителя напряжения;
- 3) Исследование метрологических характеристик ЦАП.

Предусмотрено свободу подключения делителя напряжения и выбора резисторов из предложенного номинала.

Установлена погрешность измерения на всех приборах такая как и на реальных приборах.

Предусмотрен текстовый вариант порядка выполнения лабораторной работы, что позволяет без дополнительных методических указаний выполнить лабораторную работу.

Ключевые слова: дистанционное обучение, лабораторная работа.

УДК 534.12

## О ВЛИЯНИИ ВНУТРЕННЕГО НИЗКОЧАСТОТНОГО ВОЗБУЖДЕНИЯ НА КОЛЕБАНИЯ ВКЛЮЧЕНИИ В СТОЛБЕ НЕСЖИМАЕМОЙ ЖИДКОСТИ

*Сулима О. В., Рудик Т. А., Национальный технический университет Украины "Киевский политехнический институт", г. Киев, Украина*

В работах Кузьмы А. В. "Влияние сферического излучателя на колебания" и "Особливості поведінки включень у стовпі стисливої рідини, що збурюється джерелом коливань на осі симетрії" приведен анализ литературы по данной тематике. Рассмотрены вопросы о влиянии сферического излучателя, совершающего малые осе симметричные колебания, на колебания включений в цилиндрическом объеме жидкости. Изучены формы движений твердых частиц и газовых пузырьков у источника колебаний, который находится на оси столба сжимаемой жидкости в цилиндрическом сосуде. Для исследования уравнений колебаний использовались методы возмущения и осреднения. В данной работе рассматриваются перемещения сферических частиц в столбе несжимаемой жидкости радиуса  $R_0$ ,

при осцилляционных колебаниях твердой сферы радиуса  $a$  на оси симметрии. В отличие от перечисленных работ жидкость считается несжимаемой, т.е. волновое число  $\lambda = 0$ . Радиусы сферических включений полагаются малыми по сравнению с характерными размерами ( $a_p \ll a$ ), взаимодействием между ними пренебрегаем. Получены уравнения движения центров для твердых ( $a_p = \text{const}$ ) и газовых ( $a_p = a_p(t)$ ) включений. Приведено уравнение малых колебаний объема для газовых пузырьков.

Как было проделано для случая малых пульсационных колебаний сферического излучателя в сжимаемой жидкости, так и для случая несжимаемой жидкости, воспользуемся методом малого параметра и осреднения по явно входящему времени. При этом, в отличие от указанных ранее работ, вместо потенциальной функции, представляющей решения уравнения Гельмгольца, подставляются соответствующие решения уравнения Лапласа.

Условия удержания включений в положениях равновесия аналогичны рассмотренным в указанных работах. Решение нелинейных условий проводится численно.

Ключевые слова: колебания включений, столб несжимаемой жидкости, метод малого параметра и осреднения.

УДК 614.84

## GSM СИГНАЛИЗАЦІЯ

*Редько Б.В., Лескин В.Ф., Национальний технічний університет України “Київський політехнічний інститут”, г. Київ, Україна*

Уровень криминализации вынуждает с усиленным вниманием относиться к безопасности личности, жилья, офиса. Сегодня мы осознаем необходимость применения современных систем защиты (охраны) дома, гаража или любых других охраняемых объектов. Чем ценнее имущество, тем многофункциональное и надежнее должны быть эти системы.

Системы защиты достаточно разнообразны, а их номенклатура велика, более того, они в своем развитии отслеживают самые передовые технологии в области электроники, связи и др.

С развитием технологий персональной связи началось развитие нового поколения систем охраны. В их основе по-прежнему остается классическая схема, состоящая из датчиков и модуля обработки информации, но оповещение происходит по беспроводным каналам телефонной связи.

Таким образом, охранное GSM системы – это новый способ надежной охраны территории и имущества. В принцип действия данных систем заложены GSM технологии, призванные уберечь имущество и территорию от нежелательного проникновения. Определив факт вторжения или другой опасности GSM сигнализация посылает оповещение на мобильный телефон хозяина.

В работе рассмотрена разнообразная многофункциональная охранная GSM система. На охраняемом объекте устанавливается до 32 независимых датчиков и контрольная панель с GSM модулем. Все датчики объединены в единую систему и имеют связь с контрольной панелью. Если датчики фиксируют незаконное проникновение на объект, опасность пожара, утечку газа то включается GSM модуль и отправляет на мобильный телефон владельца или начальника охраны SMS сообщение соответствующего содержания.

Для постановки системы на охрану и снятие с охраны используется секретный пароль, который необходимо ввести для осуществления вышеописанных действий. Вся информация о состоянии системы а также о возможных ошибках выводится на 16-ти символьный двухстрочный индикатор с подсветкой.

Разработанная система проста в монтаже и эксплуатации и может использоваться как охранными структурами и фирмами так и частными лицами.

Ключевые слова: охранные GSM системы, GSM модуль, SMS.

УДК 681.586”31 + 593/376

## ПОВЗУЧИСТЬ, ЯК СКЛАДОВА СУМАРНОЇ ПОХИБКИ ТЕНЗОПЕРЕТВОРЮВАЧА. КОМПЕНСАЦІЯ ПОХИБКИ ПОВЗУЧОСТІ.

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

Тензорезистори застосовуються як чутливі елементи в первинних перетворювачах сили, тиску, переміщення та інших механічних величин, похибка яких, згідно до сучасних вимог, повинна складати 0,001-0,02%. В цьому випадку похибки від часових змін деформації (повзучість та гистирезис) за рахунок пружних недосконалостей матеріалу пружного елемента і релаксаційних процесів у зв'язуючому тензорезистора вносять помітний внесок в сумарну похибку вимірювання. Останнє ускладнює створення датчиків високої точності.

Часові зміни деформації пружного елемента, що викликані пружними недосконалостями його матеріалу, мають додатній знак, тобто ці зміни співпадають за напрямком зі змінами деформації пружного елемента, викликаних впливом вимірювального параметру. Якщо на пружний елемент встановити тензорезистори, що мають від'ємну повзучість, то отримуємо самокомпенсацію часових змін вихідного сигналу від пружних недосконалостей матеріалу пружного елемента (додатня повзучість) і зв'язуючого тензорезистора (від'ємна повзучість).

Існує досить багато параметрів, які тим чи іншим чином впливають на повзучість наклеєного тензорезистора. Основні з них: в'язкопружні константи зв'язуючого, товщина шару зв'язуючого, геометричні параметри і модуль пружності фольгової тензорешітки, довжини вільних проміжків основи (підложки), товщини та жорсткості захисної плівки, а також температура та вологість оточуючого середовища. Для того, щоб точно задавати потрібний закон зміни повзучості тензорезистора необхідно мати точну інформацію про те, які пара-



метри тензорезистора та зовнішні фактори впливають на процес повзучості і який саме вплив вони чинять. Ці дані дозволять розробити рекомендації для виробництва тензорезисторів:

- по вибору параметрів якими зручно регулювати повзучість тензорезисторів;
- по мінімізації СКВ (розкиду) характеристик повзучості в партіях тензорезисторів.

Ключові слова: тензорезистор, повзучість, релаксація напружень.

УДК 681.586.2+621.3.049.77

## ОКРЕМІ ПИТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ЧУТЛИВИХ ЕЛЕМЕНТІВ МЕМС АКСЕЛЕРОМЕТРІВ

*Казаченко Г.А., Гераймчук М.Д., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», г. Київ, Україна*

Основою подальшого розвитку приладобудування є мікромініатюризація. Для цих цілей, при виготовленні приладів у мікро виконанні використовують нові технології. Однією з таких технологій, що сформувалася наприкінці минулого сторіччя, як новий напрямок, є МЕМС технологія, адаптована на виготовлення складних інтегральних приладів і систем.

Для виготовлення МЕМС приладів і систем застосовують методи виробництва розроблені для промисловості інтегральних схем (ІС), з метою формування механічних елементів типу балок, діафрагм і пружин на кристалі або підкладці.

Виділяють три основні стандартні будівельні блоки МЕМС технології:

- здатність депонувати тонкі плівки матеріалу на підкладку;
- копіювати образи на вершини плівок літографічним відображенням;
- труїти плівки вибірково до образів.

Необхідна конфігурація чутливого елемента з глухими і наскрізними отворами, щілинами і пазами забезпечується переважно технологічним процесом, що являє собою структуровану послідовність цих дій.

Проведений аналіз існуючих технологій виготовлення МЕМС показав, що виготовлення чутливих елементів МЕМС приладів, є досить складним процесом і вимагає інтеграції знань більшості фундаментальних наук, таких як: фізика, хімія, математика, матеріалознавство і т.д. У переважній більшості вид (форма і геометричні розміри) і якісні характеристики ЧЕ МЕМС приладів залежать від наявних технологічних інструментів та обладнання, необхідних для їхнього виготовлення. Вихід придатних - відповідних по якісних і кількісних характеристиках, чутливих пружних елементів МЕМС приладів складає не більш 30%, що в першу чергу визначається складністю відтворюваності технології виготовлення в цілому й окремих її стадій зокрема.

Ключові слова: мікроелектромеханічні системи (МЕМС), інтегральні схеми (ІС), депонування, літографія, травлення.

УДК 621.454/629.7.062.3

## ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ ИМПУЛЬСНЫХ ЖИДКОСТНЫХ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ МАЛОЙ ТЯГИ

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

Основным режимом работы жидкостных ракетных двигателей, входящих в состав контура управления движением центра масс космического аппарата, является режим однократных или многократных единичных включений.

Основными временными показателями импульсного режима работы двигателя являются:

$\tau_n$  – время непрерывной работы управляющего двигателя при его единичном включении;

$T$  – период цикла между единичными включениями двигателя;

$f = \frac{1}{T}$  – частота включения двигателя;

$k_z = \frac{\tau_n}{T}$  – коэффициент полноты заполнения импульса входного сигнала;

$S = \frac{T - \tau_n}{T}$  – скважность импульсного сигнала;

$n$  – общее количество включений двигателя.

В зависимости от тех или иных значений параметров входного сигнала и предистория функционирования двигателя можно выделить ряд характерных вариантов его импульсного режима работы:

- режимы одиночных («подрезанных» и несвязанных импульсов – характеризуются существенной неполнотой реализации входного сигнала);

- режимы в виде, так называемых, «связанных» импульсов, которые можно отнести к непрерывным режимам. В них доля нестационарности процессов так мала, что незначительно влияет на удельный импульс двигателя. Эти режимы отличаются существенной связью последующего импульса с предыдущим по тепло и массообмену. Однако, такие режимы не являются характерными для управляющих двигателей космических аппаратов.

В связи со значительной разнородностью в режимах работы двигателя в период предшествующий рассматриваемым, эти режимы характеризуются неустановившимися переходными процессами как по тепловому состоянию, так и по уровню номинальных давлений в камере сгорания.

Нестационарность режимов работы управляющего двигателя существенно влияет на величину удельного импульса тяги и его динамические свойства. Все это необходимо учитывать при решении вопросов, связанных с созданием стендов для испытания управляющих двигателей.

Ключеві слова: жидкостный ракетный двигатель, импульс.

УДК 621.317

## ЗАСОБИ ВИЗНАЧЕННЯ НАВІГАЦІЙНИХ ПАРАМЕТРІВ ПІД ЧАС АВІАЦІЙНИХ ГРАВІМЕТРИЧНИХ ВИМІРЮВАНЬ

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

Аналіз сучасних навігаційних засобів, застосованих на літаках, показав:

- в гірській місцевості навігаційні параметри можна визначати за допомогою інерціальних навігаційних систем або водночас доплерівської, курсової систем і аерофотозйомкою достатньої кількості точок уздовж маршруту вимірювання;

- над рівнинними місцевостями можна використовувати інерціальну навігаційну систему, а також зручно застосовувати різницево-далекомірну й кутомірну радіотехнічні системи водночас із курсовими системами;

- над морем доцільно комплексне застосування вищеперерахованих систем.

Для вимірювання широти підтверджено доцільність застосування гіроскопічного приладу нового типу.

Показано, що у приладі для вимірювання широти однакові зміщення в одному і тому самому напрямку центрів ваги двох однакових триступеневих гіроскопів уздовж осей обертання роторів відносно осей зовнішніх рамок і розташування на осях зовнішніх рамок двох додаткових датчиків кута, виходи яких з'єднані з обмотками керування двох додаткових датчиків моменту, розташованих на осях внутрішніх рамок приладу, дають змогу отримати нові позитивні ефекти, а саме підвищити:

- точність виставлення за рахунок усунення необхідності використання гіростабілізованої платформи, оскільки кожний з двох гіроскопів приладу для вимірювання широти фіксує дві складові абсолютного прискорення, за якими можна визначити підсумковий вектор абсолютного прискорення. Це можна використати для орієнтування кожного з гіроскопів;

- достовірність вимірювань (оскільки можна визначити два незалежних значення кута географічної широти);

- точність вимірювань (за рахунок усунення похибок, зумовлених перехресними кутовими і лінійними прискореннями).

Встановлено, що із застосовуваних сучасних засобів вимірювань висоти доцільно комплексно використовувати барометричний висотомір над суходолом і радіовисотоміра над морем.

Ключові слова: гравіметрія, навігаційні засоби.

УДК 621.317

## МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ЕВТРОФІКАЦІЇ

*Безвесільна О.М., Сльнікова Т.О., Шавурська Л.Й., Подчащинський Ю.О., Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут”, м. Київ, Україна*

Розроблено методику, яка включає:

- відбір з водних об'єктів проб води, що містять фітопланктон; підготовку препарату з кожної проби води на предметному склі та розміщення його під окуляром мікроскопа;
- формування відеозображення препарату з кожної проби води за допомогою відеокамери, приєднаної до оптичної системи мікроскопа та введення цього відеозображення в обчислювальне середовище цифрової ЕОМ;
- виявлення кожного екземпляра планктонних водоростей у препаратах з кожної проби води шляхом цифрової обробки відеозображень цих препаратів;
- підрахунок для кожного екземпляра планктонних водоростей геометричних ознак форми, інваріантних до масштабування, зсуву та повороту цього екземпляра в площині відеозображення; виконання ідентифікації кожного екземпляру планктонних водоростей за його належністю до одного з видів цих водоростей;
- визначення загальної кількості планктонних водоростей кожного виду у кожному препараті;
- розрахунок кількісних показників, що характеризують розвиток планктонних водоростей в цілому та їх окремих видів у водному об'єкті (частота зустрічі конкретних видів планктонних водоростей, їх інформаційне різноманіття тощо).

Процедура цифрової обробки відеозображень проб води включає такі операції, як перетворення кольорової схеми відеозображення, його сегментацію, видалення шумів та інших завад. Найбільш поширений метод сегментації цифрових відеозображень - це сегментація на основі порогу яскравості. Для кольорових відеозображень сегментація виконується шляхом перетворення кольорового відеозображення у напівтонове або шляхом визначення відстані між значеннями кольору дискретних точок в кольоровому просторі.

Сегментація відеозображень водоростей виконувалась на основі застосування штучних нейронних мереж (ШНМ). Для виділення об'єктів на відеозображенні використовувалась нейронна мережа на основі прошарку нейронів Кохонена (прошарку нейронів, що змагаються). Така нейронна мережа забезпечує виділення центрів кластерів для масиву початкових даних. Далі на відеозображенні обирається фрагмент, який є характерним для даного відеозображення і який використовується для навчання нейронної мережі. При цьому обробляється інформація про колір дискретних точок фрагмента відеозображення і визначаються центри кластерів, що відповідають кольору об'єктів (водоростей) і фону. Кількість кластерів визначається на етапі навчання нейронної мережі і повинна бути узгоджена з видовими ознаками водоростей. Після закінчення етапу навчання нейронна мережа виконує сегментацію цифрових кольорових відеозображень водоростей.

Після фільтрації шумів та сегментації ідентифікацію планктонних водоростей виконують за допомогою ШНМ. Кількість входів цієї мережі відповідає кількості геометричних ознак форми, що використовують для ідентифікації, а кількість виходів цієї мережі відповідає кількості видів планктонних водоростей, що обрані для досліджень та можуть існувати в умовах водних об'єктів, які досліджують. Для навчання ШНМ використовують тестові відеозображення, що містять планктонні водорості заздалегідь відомих видів. В якості простору ознак для ідентифікації використовують геометричні ознаки форми. Визначають загальну кількість планктонних водоростей кожного виду у кожному пре-

параті. Розраховують кількісні показники, що характеризують розвиток планктонних водоростей в цілому та їх окремих видів у водному об'єкті.

Ключові слова: евтрофікація, відеозображення.

УДК 621.317

## ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ РОЗВИТКУ ВОДРОСТЕЙ НА ОСНОВІ ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-КОМП'ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

*Безвесільна О.М., Сльнікова Т.О., Подчашинський Ю.О., Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут”, м.Київ, Україна*

Ціль роботи - створити методику визначення показників розвитку водоростей на основі використання інформаційно-комп'ютерних технологій обробки проб води.

Для того, щоб отримати якісне відеозображення певного біологічного об'єкту, необхідно використовувати цифровий фотоапарат або цифрову відеокамеру. Шляхом обробки цих відеозображень можна визначити показники розвитку водоростей певного типу у водоймах.

Обробка відеозображень включає:

1) перетворення початкового кольорового відеозображення у відеозображення в градаціях яскравості з врахуванням особливостей кольору водоростей і кольору фону;

2) сегментацію по пороговому значенню яскравості;

3) видалення шумів і виключення неоднорідностей об'єктів;

4) видалення об'єктів, що розташовані на межі відеозображення;

5) заповнення порожнин в об'єктах, що виникли в результаті дії шумів на початкове відеозображення.

Вибір об'єктів можна проводити як в автоматичному, так і в ручному режимі, коли оператор безпосередньо на екрані монітора вказує опорні точки об'єктів на відеозображенні.

Зображення водоростей, отримані після фільтрації шумів та сегментації, потрібно ідентифікувати, тобто визначити належність кожного екземпляра водорості до одного з видів, відомих з гідробіології. Така ідентифікація може бути виконана на основі ознак об'єктів, які можна визначити по їх відеозображенням. Як вже зазначалось, відомо декілька підходів до ідентифікації об'єктів по їх відеозображенням. Перш за все, це методи на основі геометричних ознак та структурно-синтаксичні методи. Методи на основі геометричних ознак базуються на визначенні деяких універсальних інваріант, тобто кількісних ознак, що є інваріантними до масштабування, зсуву та повороту об'єкта на різних відеозображеннях. Такі ознаки характеризують узагальнено форму об'єктів. Структурно-синтаксичні методи ґрунтуються на визначенні структурних відносин між фрагментами відеозображень об'єктів і використовують апарат дискретної математики.

Оскільки в даному випадку форма водоростей є відносно простою і окремі їх екземпляри розглядаються і ідентифікуються незалежно один від одного, то доцільно використовувати метод геометричних ознак. Тим більше, що геометричні ознаки також потрібні для розрахунку показників стану екосистеми водоймища (біомаса фітопланктону тощо).

Для ідентифікації водоростей по видовому складу доцільно використовувати геометричні ознаки, (інваріантні до зсуву і повороту об'єктів), що розпізнаються шляхом обробки відеозображень. Найбільшою мірою належність об'єкта до певного класу характеризують моменти інерції. Головні моменти інерції розраховуються за формулою:

$$J_{1,2} = \frac{1}{2}(J_x + J_y) \pm \sqrt{J_{xy}^2 + \frac{1}{4}(J_x - J_y)^2}.$$

Моменти інерції  $J_x$ ,  $J_y$  та  $J_{xy}$  розраховуються на основі значень функції яскравості  $f(x, y)$  для множини  $\Omega$  дискретних точок відеозображення, що належать об'єкту:

$$J_x = \sum_{\Omega} (x - x_c)^2 f(x, y), \quad J_y = \sum_{\Omega} (y - y_c)^2 f(x, y), \quad J_{xy} = \sum_{\Omega} (x - x_c)(y - y_c) f(x, y),$$

де  $x$  і  $y$  - координати дискретних точок об'єкта,  $x_c$  і  $y_c$  - координати центра мас об'єкта.

Координати центра мас об'єкта дорівнюють:

$$x_c = \frac{1}{N} \sum_{\Omega} x f(x, y), \quad y_c = \frac{1}{N} \sum_{\Omega} y f(x, y),$$

де  $N$  - кількість дискретних точок, що належать об'єкту.

Еквівалентний діаметр:  $d_e = \sqrt{4S/\pi}$ , де  $S$  - площа об'єкта.

Коефіцієнти форми розраховувалися таким чином:

- коефіцієнт випуклості:  $k_c = S/S_c$ , де  $S_c$  - випукла площа об'єкта (площа випуклого багатокутника, в який вписано об'єкт);
- коефіцієнт заповнення:  $k_f = S/(w \cdot h)$ , де  $w$  і  $h$  - ширина і висота об'єкта;
- ексцентриситет визначався для еліпса, що має головні моменти інерції такі ж, як у об'єкта.

Штучна нейронна мережа особливо ефективна у задачах ідентифікації планктонних водоростей з тієї причини, що вона поєднує у собі здатність комп'ютера до обробки чисел і здатність мозку до узагальнення і розпізнавання. У статті оцінено процеси евтрофікації у водоймах Житомирської області. Обґрунтовано можливості отримання інформації про стан водних екосистем на основі цифрових відео зображень проб води з водойм. Розроблено методику обробки вимірювальної інформації про стан екосистем водойм щодо розвитку в них фітопланктону. Ця методика включає формування та цифрову обробку відеозображень проб води з водойм, визначення геометричних ознак планктонних водоростей та їх ідентифікацію на основі застосування штучних нейронних мереж.

Ключові слова: евтрофікація, відеозображення, нейронні мережі.

УДК 621.317

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ЕВТРОФІКАЦІЇ У ВОДОСХОВИЩАХ РІЧКИ ТЕТЕРІВ

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

Розроблено автоматизовану систему контролю за евтрофними процесами у водоймах, яка є інноваційною технологією в галузі екобезпеки. Така система може швидко фіксувати зміни порушення екологічної рівноваги на рівні водних

екосистем і забезпечує внаслідок цього проведення своєчасних заходів, спрямованих на ліквідацію загрози екологічної безпеки водойм.

Показано використанням факторного аналізу процесів евтрофікації водосховища Тетерів, що основним факторами впливу для синьозелених водоростей є сумісна дія сполук фосфору та нітрогену ( $R=0,88$ ;  $R^2=0,77$ ); для діатомових - сумісна дія нітритів та аміаку ( $R=0,48$ ;  $R^2=0,27$ ); для зелених - сумісна дія нітритів та фосфатів ( $R=0,89$ ;  $R^2=0,79$ ), нітритів та аміаку ( $R=0,74$ ;  $R^2=0,55$ ), а також нітритів та температури води ( $R=0,80$ ;  $R^2=0,65$ ).

Встановлено, що серед фітопланктону водосховищ річки Тетерів переважають синьозелені (56%), діатомові (26%) та зелені (16%) водорості. Протягом року відбуваються суттєві зміни в інтенсивності їх розмноження, які характеризуються активним розвитком діатомових у весняні та осінні місяці (квітень-червень і жовтень - початок грудня), синьозелених - влітку та восени (кінець липня - початок листопада) і зелених - з квітня до початку грудня. Потенційно загрозованим у відношенні екобезпеки є період, пов'язаний з накопиченням найбільшої біомаси водоростей, що припадає на серпень-листопад. З апроксимації експериментальних даних видно, що зміни у чисельності діатомових, синьозелених та зелених водоростей протягом року найкраще відображає поліном 5-го ступеня. Для того, щоб апроксимуюча крива найбільш чітко відображала багаторічні цикли розвитку цих водоростей, апроксимація коливань чисельності синьозелених водоростей виконана експонентою, діатомових - синусоїдою, зелених - лінійною кривою. Апроксимуючі криві різних типів свідчать про різницю факторів впливу, що обумовлюють сезонні тенденції розвитку водоростей, а також вказують на особливості взаємовідносин між ними під час евтрофікаційних явищ. Вперше виявлено низку особливостей перебігу евтрофних процесів, характерних для водосховищ річки Тетерів, які мають вплив на стан їх екобезпеки. Так, внаслідок евтрофікації цих водойм спостерігались підвищені рівні забруднення водного середовища, переважно під час розвитку та відмирання синьозелених водоростей. На це вказує ряд показників, в тому числі концентрація розчиненого кисню (протягом трьох років у серпні вона знижувалась до 5,21-7,68 мг/л).

Перспективи розвідок у даному напрямку: подальше використання передових комп'ютерних технологій і, особливо, ШНМ, забезпечить екологічну безпеку екологічних водойм незалежної України.

Ключові слова: евтрофікація, синьозелені водорості

УДК 621.317

### ЛІНІЙНИЙ НЕЙРОМЕРЕЖЕВИЙ ДИНАМІЧНИЙ ДІАГНОСТИЧНИЙ КОМПЛЕКС З ПОСЛІДОВНИМ ВІДНОВЛЕННЯМ І ФІЛЬТРАЦІЄЮ ВХІДНОГО СИГНАЛУ ГІРОГРАВІМЕТРА

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

Розробка динамічних моделей діагностичного комплексу (ДК) на базі нейронних мереж й алгоритмів обробки даних динамічних вимірів  $\Delta g$  з використанням нейромережових технологій є одним з актуальних шляхів розвитку про-

цесу інтелектуалізації сучасних гравіметричних вимірювань. Успішне рішення даного завдання значно поліпшить метрологічні характеристики й ефективність існуючих гравіметрів без значних матеріальних витрат за рахунок глибокої математичної обробки результатів вимірів. Крім того, впровадження таких динамічних моделей й алгоритмів, а також їх прикладного програмного забезпечення дозволить створювати інтелектуальні гравіметри та ДК зі здатністю до індивідуалізації своїх динамічних параметрів під зовнішні фактори і умови проведення вимірів

Розглянуто алгоритм корекції інерційності гравіметра на основі динамічної моделі нейромережевого ДК з послідовним відновленням і фільтрацією вхідного сигналу гравіметра, що дозволяє, за рахунок більш глибокої математичної обробки результатів вимірів, ефективно поліпшувати метрологічні характеристики гравіметра без зміни його структури, конструкції й параметрів. Крім того, результати проведеного цифрового моделювання підтверджують можливість створення (на основі запропонованої динамічної моделі нейромережевого гравіметра) інтелектуальних ДК зі здатністю до індивідуалізації своїх динамічних параметрів під зовнішні фактори і умови проведення вимірів.

**Ключові слова:** нейромережі, гірогравіметр.

УДК 621.317

#### АНАЛІЗ ДИНАМІЧНИХ ПОХИБОК ДИНАМІЧНО НАСТРОЮВАНОВОГО ГРАВІМЕТРА

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

Гравіметр, як основний чутливий елемент авіаційної гравіметричної системи (АГС), повинен мати високі метрологічні характеристики: точність, чутливість, швидкодію, надійність. Рівень цих вимог постійно росте, що спонукає до проведення пошукових робіт по створенню гравіметрів нових типів. Огляд літератури та практичних робіт з авіаційної гравіметрії показав, що основні відомі гравіметри АГС (струнний типу ГС, кварцовий типу ГАЛС) мають такі основні недоліки: недостатню точність (0,8 мГл та швидкодію – потребують наземної обробки вимірювальної інформації протягом місяців часу). Одним з найбільш перспективних вважається динамічно настроюваний гравіметр (ДГ), побудований на основі динамічно настроюваного гіроскопа шляхом нескладної його модифікації. Однак, в літературі немає відомостей щодо математичної моделі ДГ та аналізу динамічних похибок гравіметра.

Метою роботи є розробка математичної моделі динамічної похибки динамічно-настроюваного гравіметра для роботи в складі АГС. Отримано наступний основний результат, що є новим: отримано математичну модель динамічної похибки нового динамічно настроюваного гравіметра авіаційної гравіметричної системи, що дозволить розрахувати та проаналізувати динамічні похибки гравіметра, що виникають у разі дії поступальних, кутових та сумісної дії поступальних і кутових віброприскорень.

**Ключові слова:** гравіметр, математична модель.



УДК 621.317

## ПОХИБКИ ДИНАМІЧНО НАСТРОЮВАНОВОГО ГРАВИМЕТРА ПРИ СПІЛЬНІЙ ДІЇ КУТОВИХ ШВИДКОСТЕЙ ТА ЛІНІЙНИХ ПРИСКОРЕНЬ ОСНОВИ

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

Ефективність авіаційних гравіметричних досліджень обумовлена типом чутливого елемента системи – гравіметра. В роботах з авіаційної гравіметрії обґрунтовано перспективність використання гіроскопічних гравіметрів. Показано, що, на відміну од відомих гравіметрів (струнного ГС, кварцового ГАЛС), які мають недостатні точність (0,8 мГл, обробка результатів на Землі протягом місяців часу), динамічно-настроюваний гравіметр має значно більшу точність (0.1 мГл) та швидкодію (миттєво під час льоту літака). Однак, в літературі немає відомостей щодо дослідження динамічних похибок ДГ при спільній дії кутових швидкостей та лінійних прискорень основи, які можуть бути значними.

Метою роботи є дослідження динамічних похибок ДГ при спільній дії кутових швидкостей та лінійних прискорень основи. Отримано аналітичні вирази похибок. Досліджено похибки, що виникають при спільній дії кутових швидкостей та лінійних прискорень. Проаналізовано найбільш небезпечні резонансні режими. Показано, що, похибка досягає великих значень при частотах, близьких до частоти власних коливань приладу.

Зі збільшенням амплітуди кутових і лінійних збурювань похибка також росте, а в зоні низьких частот і близьких до частоти власних коливань  $\omega_0$  може досягати значних величин. Похибку можна зменшити збільшенням коефіцієнта каналу виміру  $k_u$ , або зменшенням маятниковості  $ml$ . Для зменшення похибок можна зменшувати частоту обертання ротора.

Ключові слова: гравіметр, похибки гравіметра.

УДК 621.317

## ДВОГІРОСКОПНІ ГРАВИМЕТРИ НОВОГО ТИПУ

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

Розглянуто двогіроскопний гравіметр, що дає змогу підвищити точність вимірювань за рахунок усунення цих похибок.

Прилад складається з тристепенного гіроскопа, розміщеного у внутрішній і зовнішній рамках, забезпеченого двома системами міжрамкової корекції, до яких входять розташований на осі внутрішньої рамки гіроскопа датчик кута (ДК) і підключений до його виходу датчик моменту (ДМ), розташований на осі зовнішньої рамки, до виходу якого підключено ДМ, розташований на осі внутрішньої рамки і додаткового, ідентичного пер-

шому триступеневого гіроскопа, ротор якого обертається в протилежний бік від першого гіроскопа, також забезпеченого аналогічними системами корекції, що складаються з ДК і ДМ, ДК і ДМ. Центри ваги двох однакових основного і додаткового гіроскопів, однаково зміщені на відстань  $l$  в один бік уздовж осей обертання роторів гіроскопів відносно осей зовнішніх рамок; вектори кінетичних моментів  $H$  двох роторів гіроскопів протилежно спрямовані.

Пояснимо принцип роботи. Наведемо систему прецесійних рівнянь руху одного з двох його однакових гіроскопів:

$$\begin{aligned} H\dot{\beta} + k_1\beta + n_1\dot{\alpha} &= mlw_z - mlg_x - H(\omega_x + \omega_y\alpha) - A\dot{\omega}_z - H\omega_3 \cos\varphi; \\ H\dot{\alpha} + k_2\alpha + n_2\dot{\beta} &= mw_zl - mlg_z - ml(w_x\alpha - w_y)\beta - B(\dot{\omega}_x + \dot{\omega}_y\alpha) - \\ &- H\omega_y\beta - H\omega_3 \sin\varphi. \end{aligned} \quad (1)$$

Сформуємо вихідні сигнали двогіроскопного гравіметра, пропорційні сумі усталених кутів повороту двох гіроскопів. Використаємо два однакових гіроскопи з протилежно спрямованими векторами кінетичних моментів. Сигнали гіроскопів можна виразити відповідно:

$$\begin{aligned} \alpha_{1ycm} &= k_2^{-1}[-mlg_z + mlw_z - ml(w_x\alpha - w_y)\beta - B(\dot{\omega}_x + \dot{\omega}_y\alpha) - H\omega_y\beta - H\omega_3 \sin\varphi], \\ \alpha_{2ycm} &= k_2^{-1}[-mlg_z + mlw_z - ml(w_x\alpha - w_y)\beta - B(\dot{\omega}_x + \dot{\omega}_y\alpha) + H\omega_y\beta + H\omega_3 \sin\varphi], \\ \beta_{1ycm} &= k_1^{-1}[-mlg_x + mlw - H(\omega_x + \omega_y\alpha) - A\dot{\omega}_z - H\omega_3 \cos\varphi], \\ \beta_{2ycm} &= k_1^{-1}[-mlg_x + mlw + H(\omega_x + \omega_y\alpha) - A\dot{\omega}_z + H\omega_3 \cos\varphi]. \end{aligned}$$

Дістанемо вихідні сигнали двогіроскопного гравіметра:

$$u_1 = \alpha_{1VCT} + \alpha_{2VCT} = k_2^{-1}[-2mlg_z + 2mlw_z - 2ml(w_x\alpha - w_y)\beta - 2B(\dot{\omega}_x + \dot{\omega}_y\alpha)], \quad (2)$$

$$u_2 = \beta_{1VCT} + \beta_{2VCT} = k_1^{-1}[-2mlg_x + 2mlw_x - 2A\dot{\omega}_z]. \quad (3)$$

З добутих виразів вихідних сигналів двогіроскопного гравіметра видно, що складові корисного сигналу  $-2mlg_z, -2mlg_x$ , подвоюються; усуваються деякі методичні похибки, зумовлені гіроскопічними моментами - перешкодами від перехресних кутових швидкостей  $H\omega_y\beta, H(\omega_x + \omega_y\alpha)$  і від кутової швидкості обертання Землі  $H\omega_3 \sin\varphi, H\omega_3 \cos\varphi$ , які можуть бути значними - понад 584 мГл; деякі моменти-перешкоди подвоюються внаслідок перехресних лінійних і кутових прискорень. Зауважимо, що дані моменти-перешкоди у сумі з моментами-перешкодами, вплив яких у двогіроскопному гравіметрі виключається, в рівною мірою впливають і на роботу відомих гравіметрів.

Застосування двогіроскопних гравіметрів порівняно з одногіроскопними гравіметрами забезпечує підвищення точності вимірювань (усунення похибок унаслідок гіроскопічних моментів-перешкод від перехресних кутових швидкостей і від кутової швидкості обертання Землі), вимірювання повного вектора прискорення сили ваги, підвищення точності виставлення, розширення функціональних можливостей приладу (поряд зі складовими лінійного прискорення прилад вимірює складові кутової швидкості).

Ключові слова: двогіроскопний гравіметр, гравітаційні аномалії.

УДК 681.2

## ПРОГРЕССИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ТОЧНОГО ИЗМЕРЕНИЯ МАЛЫХ УГЛОВ С ПОМОЩЬЮ ЛАЗЕРНОГО ГИРОСКОПА

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

Дрейф лазерных гироскопов, используемых в навигации, оценивается за длительные промежутки времени и выражается, например, в градусах за час.

Однако лазерные гироскопы, кроме навигации, используются в углоизмерительной технике различного назначения.

При разработке автоматических углоизмерительных систем с использованием лазерных гироскопов, выполняющих в том числе измерения малых углов в динамическом режиме, например, углов между близко расположенными звездами, вехами, при измерении показателя преломления оптических сред, углов некоторых оптических деталей и др. использовать при расчете погрешности дрейф лазерного гироскопа, измеренный за длительный промежуток времени, невозможно. Вместе с тем, при измерении малых углов (десятки и сотни угловых секунд), которые выполняются за небольшие промежутки времени, соизмеримые с периодом флуктуации параметров лазерного гироскопа, погрешность измерения отличается от погрешности, полученной при больших временах измерения.

Приводится описание установки, на которой проводились исследования погрешности измерения малых углов за небольшие промежутки времени. Приведены результаты экспериментальных исследований. Даются графики погрешности измерения в области малых углов.

Показано, что, например, среднее квадратическое отклонение погрешности измерения угла 90" (время измерения 0,3 мс) в 3 раза меньше, чем угла 180 град. ( время измерения 2с). Также существенно уменьшается систематическая составляющая погрешности, обусловленная параметрами других подсистем.

В углоизмерительной технике широко применяются различные средства, позволяющие свести измерения больших углов к измерению разности между измеряемым и опорным углами. Причем разность выбирается как можно меньше, т.е. измерения сводятся к измерению малых углов. В качестве опорного может использоваться угол между двумя отсчетными системами (например, автоколлиматорами, микроскопами, телескопами и др.). Известны различные схемы построения систем, в которых вместо двух отсчетных устройств используются более простые элементы. Это упрощает прибор и снижает его стоимость.

Приводится схема одного из вариантов такого устройства, предназначенного для измерения углов многогранных призм.

Таким образом, существует резерв повышения точности углоизмерительных средств на основе лазерного гироскопа за счет соответствующего их построения.

Ключевые слова: лазер, гироскоп, угол.

УДК 681.123; 681.121.8

## МОДЕЛЬ РУХУ ЧАСТОК СИПКОЇ РЕЧОВИНИ ПО ЧУТЛИВОМУ ЕЛЕМЕНТУ ВИТРАТОМІРА

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

Теорія пошарового руху дозволяє визначити умови, при яких рух потоку сипкої речовини може бути ототожнений з рухом матеріальної точки. Згідно з цією теорією, рух потоку можна розглядати як рух матеріальної точки, якщо динамічний коефіцієнт зовнішнього тертя сипкого матеріалу менше коефіцієнту опору відносного руху шарів.

Рух частки сипкої речовини по поверхні чутливого елемента (ЧЕ) витратоміра, що обертається в горизонтальній площині, описується системою рівнянь:

$$\begin{cases} \ddot{r} = r \cdot (\dot{\varphi} - \omega)^2 - \mu \cdot g \cdot \frac{\dot{r}}{\sqrt{\dot{r}^2 + r^2 \cdot \dot{\varphi}^2}}, \\ \ddot{\varphi} = -\frac{2\dot{r}}{r} \cdot (\dot{\varphi} - \omega) - \mu \cdot g \cdot \frac{\dot{\varphi}}{\sqrt{\dot{r}^2 + r^2 \cdot \dot{\varphi}^2}}; \end{cases}$$

де  $\omega$  – швидкість обертання поверхні,  $\mu$  – динамічний коефіцієнт тертя частки та поверхня диску,  $\varphi$  – відносне кутове переміщення частки,  $r$  – відносне лінійне переміщення.

Загальне аналітичне рішення цієї системи поки не знайдено, але за допомогою функції ode45 пакету Matlab авторами знайдений чисельний розв’язок системи. Графічне зображення чисельного розв’язку являє собою деяку спіральну траєкторію руху окремої частки по поверхні ЧЕ. Засобами Curve Fitting Toolbox Matlab з чисельного розв’язку була знайдена модель, що адекватно описує рух частки сипкого матеріалу:

$$r(\varphi) = a \cdot \exp(b \cdot \varphi) + c \cdot \exp(d \cdot \varphi).$$

Авторами було проведено серію чисельних експериментів для різних швидкостей обертання ЧЕ та при сталому коефіцієнті тертя  $\mu=0.41$  і однакових початкових умовах  $r(0)=0.02$ ,  $\varphi(0)=0$ . В результаті отримані наступні залежності коефіцієнтів від швидкості обертання:  $a = 0.0002086 \cdot \omega^{1.65} + 0.01575$ ,  $b = 44.75 \cdot \omega^{-1.672}$ ,  $c = -0.0002011 \cdot \omega^{1.656} + 0.005287$ ,  $d = -308.6 \cdot \omega^{-2.017}$ . Планується проведення експериментів для визначення залежності коефіцієнтів моделі від коефіцієнту тертя і початкових умов.

Запропонована модель може бути використана для дослідження параметрів взаємодії часток сипкого матеріалу з лопатями витратоміра, таких як кут контакту, нерівномірність розподілу та ін.

Ключові слова: модель, траєкторія, чисельний розв’язок, сипка речовина.

УДК 681.123; 681.121.8

## ВПЛИВ НЕРІВНОМІРНОСТІ РОЗПОДІЛУ ЧАСТОК СИПКОЇ РЕЧОВИНИ ПО ЛОПАТЯХ ВИТРАТОМІРА КОРІОЛІСА НА ТОЧНІСТЬ ВИМІРЮВАННЯ

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

Частки сипкого матеріалу переміщуються по деякій спіральній траєкторії поверхнею чутливого елемента (ЧЕ) витратоміра Коріоліса, що представляє собою диск з радіальними лопатями. Зіштовхуючись з лопатями ЧЕ, потік сипкого матеріалу розділяється на деяку кількість частин, що дорівнює кількості лопатей ЧЕ. Подальший рух сипкого матеріалу відбувається в радіальному напрямку вздовж лопатей.

При розрахунку моменту сили Коріоліса, який виникає при взаємодії сипкої речовини з лопатями, виходять з того, що всі частки проходять шлях від початку до кінця лопаті. Однак частина потоку, відсічена кожною з лопатей, повністю потрапляє на наступну лопать тільки в певній її точці. Точка «повного контакту» частини потоку з певною лопаттю  $r_x$  визначається як перетин лопаті з траєкторією руху частки, що проходить через початок попередньої лопаті.

Виходячи з цього момент сили Коріоліса може бути визначений як:

$$M = Q_m \cdot \omega \cdot (r_2^2 - r_1^2) \cdot K,$$

де  $Q_m$  – масові витрати сипкої речовини, що потрапляє на чутливий елемент,  $\omega$  – стала швидкість обертання ЧЕ,  $r_1$  та  $r_2$  – відповідно відстань до початку та кінця лопаті від центру ЧЕ,  $K$  – поправочний коефіцієнт між розрахунковим моментом сили інерції Коріоліса та моментом, знайденим з урахуванням нерівномірності розподілу сипкого матеріалу по лопаті.

Поправочний коефіцієнт дорівнює:

$$K = \frac{r_2^2 - r_x^2 + \frac{n}{\pi} \int_{r_1}^{r_x} \varphi(r) \cdot r \cdot dr}{r_2^2 - r_1^2}.$$

Як видно з рівняння для знаходження значення коефіцієнту  $K$  необхідно знати значення точки «повного контакту»  $r_x$  та функціональну залежність кута повороту траєкторії часток сипкого матеріалу від їх радіального положення  $\varphi(r)$ . Потрібні величини були отримані авторами з чисельного розв'язку системи рівнянь, що описує рух частки речовини.

Отримані значення поправочного коефіцієнту лежать в межах  $K=0.95\dots 0.97$  для діапазону швидкостей обертання ЧЕ  $\omega=25\dots 250$  1/с. Планується порівняти значення поправочного коефіцієнту, знайденого аналітично, та отриманого експериментально на стенді для досліджень витратоміра сипких речовин, побудованого на принципі Коріоліса.

Ключові слова: розподіл часток, поправочний коефіцієнт, витратомір сипких речовин.

УДК 618.518:622.026

## ТЕХНІЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ МЕТОДУ КОНТРОЛЮ БУРИМОСТІ ГІРСЬКИХ ПОРІД НА БАЗІ СУЧАСНИХ МІКРОПРОЦЕСОРНИХ ЗАСОБІВ

*Когуч Я.Р., Сабат Н.В., Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, Україна*

На сучасному етапі розвитку для України надто важливим є питання забезпечення її господарства власними вуглеводнями, щоб тим самим зменшити її залежність від імпорту цих носіїв. Одним із таких шляхів є збільшення видобування нафти і газу як на суходолі, так і на шельфах Чорного і Азовського морів. Велику роль у вирішенні цих важливих питань відіграє введення в дію нових родовищ. Крім покращення технології буріння, використання нових типів доліт, важливе місце займає автоматизація технологічного процесу за рахунок вибору оптимальних керуючих дій. Ці керуючі дії на долото залежать від зміни геологічного розрізу даного пласта, зміни його буримості. Тому актуальною проблемою є контроль буримості гірських порід в процесі буріння. Цю основну задачу можна вирішити шляхом технічної реалізації безконтактного методу контролю на базі сучасних мікропроцесорних засобів.

Первинна інформація про параметри і показники процесу буріння поступає від давачів системи СКУБ-2М. Далі ця інформація поступає на блоки системи DMPC. Основними компонентами системи є: нижній рівень локальної системи керування технологічних об'єктів, куди поступають вимірювальні координати стану і поточні значення параметрів. До складу верхнього рівня входять блоки ідентифікації, блоки аналізу і достовірності технологічних даних, блоки моделювання і синтезу моделі, блок оптимізації, який дає змогу реалізувати запропоновані алгоритми визначення буримості. З блоку діагностики за допомогою машинного інтерфейсу буровий майстер приймає відповідні рішення. Дана система має властивість, що дає зміну через блок багатовимірних фільтрів вводити первинну інформацію на відповідні блоки обробки її за розробленими алгоритмами вираховувати значення коефіцієнта буримості. Крім того, перевагою даної системи є те, що вона має модулі статистики, регулювання, оптимізації і модуль динамічної оптимізації і дозволяє вносити керуючі впливи на процес буріння із зміною буримості. Дана система контролює збурення, які представлені у вигляді зміни фізико-механічних властивостей гірських порід, стану долота, якості промивної рідини, дозволить підвищити ефективність бурових робіт за рахунок вибору оптимальних керуючих дій (осьова сила на долото, частота його обертання) в залежності від буримості породи.

Ключові слова: контроль, буримість, технічна система, мікропроцесорний пристрій, долото.

УДК 621

АВТОМАТИЧНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ МЕТРОЛОГІЧНИХ  
ХАРАКТЕРИСТИК МІРНИХ ЕЛЕМЕНТІВ, РЕАЛІЗОВАНИХ В БАЗИСІ  
ГАЛУА

*Мельничук С.І., Старко І.Ю., Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, Україна*

Вимірювання об'єму та об'ємної витрати газу, які відтворюються еталонними установками дзвонового та поршневого типів у більшості випадків здійснюється непрямыми методами. Основним фактором, що впливає на величину похибки вимірювання при такому підході, є метрологічні та експлуатаційні характеристики пристрою індикації положення мірного елемента, що забезпечує формування відповідних інформаційних сигналів.

В ІФДЦСМС, м. Івано - Франківськ, розроблено та виготовлено первинний перетворювач точного переміщення мірного елемента для спеціального державного еталону одиниць об'єму та об'ємної витрати газу.

Проведені експлуатаційні та метрологічні дослідження реалізованого пристрою виявили, що неточність перетворення положення мірного елемента практично відсутня, тобто методична складова похибки рівна нулю, що досягається внаслідок застосування квазітрійкової маніпуляції, яка забезпечує ефективну бітову синхронізацію, а рекурентні властивості кодової М-последовності дозволяють відтворювати дані при втраті до 30% сигналів інформаційної послідовності. Така властивість дозволяє точно зіставити умовні перерізи ( $S_0, S_i \dots S_n$ ) дзвонового мірника з відповідними позиціями мірної шкали лінійки представленої кодами Галуа, що забезпечує суттєве підвищення точності за рахунок відсутності похибки перетворення реалізованого давача. Коди базису Галуа мають такі переваги: найменша кодова потужність, висока інформативність, завадозахищеність і самосинхронізація. Реалізація квазітрійкової маніпуляції кодовими елементами М-последовностей дозволяє забезпечити бітову синхронізацію, що суттєво спрощує апаратну частину засобів обробки таких сигналів.

Отже на похибку відтворення фіксованих переміщень (контрольних об'ємів  $\Delta V_{min}$ ) мірного елемента впливає тільки похибка, що виникає при вимірюванні відстані між відповідно розташованими щілинами, тобто абсолютна похибка пристрою, яким проводились градування мірного елемента.

Визначення метрологічних характеристик контрольної лінійки реалізованої в базисі Галуа проводиться за допомогою робочого еталона мікроскопа універсального УИМ-23. Його метрологічні характеристики:  $\Delta = \pm 3,4$  мкм. Цей процес є довготривалим.

Ключові слова: базис Галуа, первинний перетворювач, метрологічні характеристики.

УДК 621.785.375:620.152

## РОЗПОДІЛ ЗАЛИШКОВИХ НАПРУЖЕНЬ В КРУТИЛЬНИХ КІЛЬЦЯХ

*Чередніков О.М., Ігнатенко П.Л., Борисов О.О., Чернігівський державний технологічний університет, м. Чернігів, Україна*

Розподіл залишкових напружень на робочих поверхнях деталей машин впливає на експлуатаційні характеристики і становить певний науковий інтерес. Операції механічної та термічної обробки відрізняються між собою по характеру впливу на фізико-механічні характеристики крутильних кілець виготовлених із порошкових композиційних матеріалів, що підтверджує контроль похибок форми. В роботі ставиться задача дослідження технологічних залишкових напружень методом з травлювання поверхневого шару, який було запропоновано академіком М.М. Давиденковим.

Метрологічна схема для вимірювання деформацій кільцевих зразків заснована на теоретичних обґрунтуваннях професора І.Є. Біргера і залежить від точності вимірювання лінійних переміщень. Траєкторії переміщень краю жорсткого подовжувача вимірюються по трьом координатам, що забезпечує достовірність нелінійних переміщень останнього. В цьому випадку усувається похибка взаємного розташування вимірювального пристрою та досліджуваного зразка. Наведені графіки траєкторій переміщення від глибини стравленого шару свідчать, що операція гідроабразивного галтування (див. рисунок 1, крива 3), яка проводиться одразу після термічної обробки, практично не впливає на ТЗН в кільцях. В той же час на стадії термічної обробки, яка відбувається відразу після механічної, коли профіль робочої поверхні кільця вже сформовано, в поверхневих шарах кілець закладаються значні за величиною ТЗН.

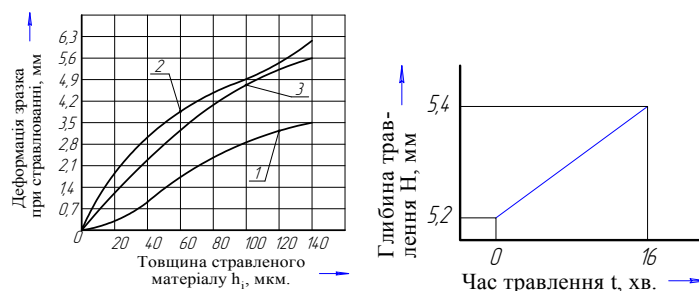


Рис. 1. Деформації кілець, залежні від глибини травлення, де:  
1 – зразок після механічної обробки; 2 – зразок після термічної обробки;  
3 – зразок після галтовки

Операція гідроабразивного галтування має двоякий вплив на розподіл ТЗН. З одного боку вібрації при цій обробці збільшують вірогідність виникнення за-



лишкових напружень і, в той же час, викликають наклеп, який знімає залишкові напруження після термічної обробки.

Ключові слова: технологічні залишкові напруження, метрологічна схема, переміщення.