

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

ФАКУЛЬТЕТ АВІАЦІЙНИХ І КОСМІЧНИХ СИСТЕМ

**ГІРОТЕХНОЛОГІЇ. НАВІГАЦІЯ. КЕРУВАННЯ
РУХОМ ТА КОНСТРУЮВАННЯ
АВІАЦІЙНО-КОСМІЧНОЇ ТЕХНІКИ**

**Тези доповідей
XVIII науково-технічної конференції
студентів та молодих учених**

28-29 січня 2015 року

м. Київ

Київ
«Політехніка»
2015

Гіротехнології та конструювання літальних апаратів: Тези доп. XVIII наук.-техн. конф. студ. та молодих учених. – К.: ІВЦ “ Видавництво «Політехніка» ”, 2015. – 64 с.

Висвітлено питання проектування та моделювання інерціальних комплексованих, супутникових навігаційних систем, гіроскопічних систем, систем орієнтації та керування, чутливих елементів гіроінерціальних систем – гіроскопів та акселерометрів, а також проектування літальних апаратів, комплектації та програмування вбудованих систем автоматизації експериментальних досліджень.

Організаційний комітет:

В.В. Сухов, проф.

О.В. Прохорчук, доц.

М.В. Добролюбова, доц.

А.С. Міщук, аспір.

І.М. Барановська, студ.

К.Р. Відякіна, студ.

Програмний комітет:

О. В. Збруцький, проф.

В.В. Сухов, проф.

О.В. Прохорчук, доц.

М.В. Добролюбова, доц.

І.М. Барановська, студ.

Відповідальний
редактор

О. В. Збруцький, проф.

Наукове видання

Гіротехнології. Навігація. Керування рухом та
конструювання авіаційно-космічної техніки

Тези доповідей
XVIII науково-технічної конференції
студентів та молодих учених
28-29 січня 2015 року
м. Київ

ЗМІСТ

Алімов А.І., Добролюбова М.В.	8
РОЗРОБКА ПІДСИСТЕМИ ВИМІРЮВАННЯ ШВИДКОСТІ ОБЕРТІВ В РАМКАХ СИСТЕМ МОНІТОРИНГУ 3D-ПРИНТЕРІВ	
Барановська І.М.	9
СПОСІБ КАЛІБРУВАННЯ ІНЕРЦІАЛЬНОГО ВИМІРЮВАЛЬНОГО МОДУЛЯ	
Безуглов Д.С., Сухов В.В.	9
ЦЕНТРОПЛАН ТРАНСПОРТНОГО ЛІТАКА В СИСТЕМІ CAD/CAE	
Береговий К.В., Богомазов С.А.	10
РЕАЛІЗАЦІЯ МЕРЕЖІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СЕНСОРІВ НА БАЗІ ВБУДОВАНИХ JAVA- МОДУЛІВ	
Бобір О.О., Володарський Є.Т.	11
ШВИДКОДІЮЧИЙ КАНАЛ ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ	
Болдак О.А., Шантир Д.С.	11
СЕРЕДОВИЩЕ «ШВИДКОЇ» РОЗРОБКИ СИСТЕМ КОМП'ЮТЕРНОЇ ОБРОБКИ ЗОБРАЖЕНЬ	
Брунарський М.В., Добролюбова М.В.	12
ПОБУДОВА МОДЕЛІ ГЕНЕРАТОРА КВАДРАТУРНИХ НАПРУГ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТРОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК АВТОМАТИЧНОГО КОМПАРАТОРА ІМПЕДАНСІВ ПРОГРАМНИМИ МЕТОДАМИ	
Будім А.О., Нечипоренко О.М.	13
СИСТЕМА ПОВІТРЯНИХ СИГНАЛІВ ЛІТАКА НА БАЗІ ЧАСТОТНИХ ДАТЧИКІВ ТИСКУ	
Бурим Є.А.	13
ДОСЛІДЖЕННЯ СТАБІЛЬНОСТІ ЗМІЩЕННЯ НУЛЯ МІКРОМЕХАНІЧНОГО АКСЕЛЕРОМЕТРА ЗА МЕТОДОМ ВАРІАЦІЙ АЛЛАНА	
Вдовиченко Д.О., Бондар Ю.І.	14
АЕРОМОБІЛЬ	
Ганем Ш.Б.	14
СПОСІБ ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ПЕРЕНОСНОГО РУХУ МАНЕВРОВОГО ЛІТАЛЬНОГО АПАРАТУ ЗА ДОПОМОГОЮ АКСЕЛЕРОМЕТРІВ	
Годун В.С.	15
ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТРОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК МОДУЛЯ СИНХРОННОГО ДЕТЕКТОРА	
Грибанов І.О., Богомазов С.А.	16
ОРГАНІЗАЦІЯ WEB-ОРІЄНТОВАНИХ МІКРОСЕРВЕРНИХ СИСТЕМ ВІДДАЛЕНОГО ЗБОРУ ДАНИХ	

Демчишин С.Р., Лемко О.Л.....	16
ОЦІНКА БАЛАНСУВАЛЬНИХ ВТРАТ АЕРОДИНАМІЧНОЇ ЯКОСТІ, ВИКЛИКАНИХ АЕРОСТАТИЧНОЮ СКЛАДОВОЮ ПІДЙОМНОЇ СИЛИ, ДЛЯ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ З АЕРОСТАТИЧНОЮ ПІДТРИМКОЮ	
Єрмаков Д.В., Синенко А.П., Шурпач С.А.	17
ЗАСТОСУВАННЯ ПРЕДМЕТНОГО МОДЕЛЮВАННЯ І ЗД-ДРУКУ В АЕРОКОСМІЧНІЙ ГАЛУЗІ	
Закревський А.О., Позняк М.М., Шантир А.С.	18
ПРОГНОЗУВАННЯ ФІЗІОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ЛЮДИНИ	
Калашник М.І.	18
ЗМЕНШЕННЯ ПОХИБОК, ОБУМОВЛЕНИХ ВИСОКОВЛЬТНИМИ ТРАНСФОРМАТОРАМИ СТРУМУ ТА НАПРУГИ	
Кіраш О.Ю.....	19
ВИСОКОЕФЕКТИВНИЙ МЕТОД МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОВІЗІЙНИХ ЗОБРАЖЕНЬ	
Кобзар Д.А. Хіміченко Б.П.....	20
СОЛЯЧНІ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ В КОСМОСІ	
Козачук А.М.	20
ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ РІЗНИЦІ РЕЗОНАНСНИХ ЧАСТОТ ДВОХ НВЧ-РЕЗОНАТОРІВ	
Козей Я.С. Сухов В.В.	21
АЕРОДИНАМІЧНЕ ПРОЕКТУВАННЯ КРИЛА З СОЛЯЧНИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ	
Кокотенко Б.В., Кульбеда С.В., Кротевич І.В.	22
СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ ДИНАМІЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ СПОРТСМЕНА НА ОСНОВІ ДАНИХ АКСЕЛЕРОМЕТРА	
Копейкін С.С.	23
ДОСЛІДЖЕННЯ КОРЕКТНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ G-КРИТЕРІЯ КОХРЕНА ДО ПОПЕРЕДНЬО ОБРОБЛЕНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ ЛАБОРАТОРНИХ ВИМІРЮВАНЬ	
Купрунець М.В., Шевченко К.Л.....	23
МОДУЛЬ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ ЧЕРЕЗ РАДІОКАНАЛ	
Лазарев О.Г.	24
ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА БЕЗПЕКИ РУХУ СПЕЦТРАНСПОРТУ І ЗАСОБІВ МЕХАНІЗАЦІЇ НА АЕРОДРОМІ	
Лебедь М.В., Хіміченко Б.П.	25
ВПРОВАДЖЕННЯ ПЛОЩАДКИ ЛОКАЛЬНОГО УСТАТКУВАННЯ ЗБОРУ ТА ОБРОБКИ ДАНИХ СПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ	
Левченко О.І., Вірченко Г.А.	26
МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ АЕРОДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЛІТАЛЬНОГО АПАРАТА ВЕРТИКАЛЬНОГО ЗЛЬОТУ ТА ПОСАДКИ	

Лікаренко І.О., Зінченко В.П.	27
КОНЦЕПЦІЯ ВІРТУАЛЬНОЇ ЛАБОРАТОРІЇ КОСМІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ НА ОСНОВІ МІКРОСУПУТНИКІВ	
Ліщенко Д.С., Шурпач С.А.	27
СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ ПАРАМЕТРІВ ВОДИ	
Мартинюк Д.В.	28
ОРГАНІЗАЦІЯ РОЗПОДІЛЕНИХ СИСТЕМ ЗБОРУ ДАНИХ НА ОСНОВІ БЕЗДРОТОВИХ СЕНСОРНИХ МЕРЕЖ	
Масленко А.О., Хіміченко Б.П.	29
ЦИФРОВИЙ ГЕНЕРАТОР СИНУСОЇДАЛЬНИХ КОЛИВАНЬ	
Матусевич Р.І., Прохорчук О.В.....	30
СИНТЕЗ РОБАСТНОГО РЕГУЛЯТОРА ДЛЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ МАЛОГАБАРИТНОГО БЕЗПЛОТНОГО ЛІТАЛЬНОГО АПАРАТУ ПРИ ВПЛИВІ ВІТРОВИХ ЗБУРЕНЬ	
Мурдза Ю.Ю., Шантир Д.С.	30
ІНФОРМАЦІЙНА НАВЧАЛЬНА СИСТЕМА ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТРОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИЛАДІВ МОВОЮ JAVA	
Нерозний Р.Є., Зінченко В.П., Сарибоба Г.В.	31
МЕХАНІЧНІ АЕРОДИНАМІЧНІ ВАГИ НА БАЗІ ТЕНЗОДИНАМОМЕТРА	
Нор І.Ю., Бондаренко О.М.....	32
СИСТЕМА СТАБІЛІЗАЦІЇ НА БАЗІ КОРІОЛІСОВОГО ВІБРАЦІЙНОГО ГІРОСКОПУ	
Ожог М.В., Прокопович О.В., Рижков Л.М.....	32
МАЛОГАБАРИТНИЙ СТАБІЛІЗАТОР НА МЕМС-ГІРОСКОПІ	
Олійник Д.Д., Іванова Х.О.	33
СИСТЕМИ ЕКСТРЕМАЛЬНИХ ВИПРОБУВАНЬ (CRASH-СИСТЕМИ)	
Ольховський А.В., Тернюк В.І., Шантир А.С.....	34
ІНФОРМАЦІЙНА-ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ ФІЗІОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ЛЮДИНИ	
Охріменко І.В., Зінченко В.П.....	35
АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ АДИТИВНОГО ВИРОБНИЦТВА В АВІАБУДУВАННІ	
Підойма В.В.	36
РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ ВИПРОБУВАНЬ ФЛЕШ-ПАМ'ЯТІ	
Предаченко К.О.....	37
АНАЛІЗ КОМПОНУВАЛЬНИХ СХЕМ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ЗІ СКЛАДЕНИМ КРИЛОМ	
Седневець О.В., Зінченко Д.М.	38
ВПЛИВ НЕСТАЦІОНАРНОГО ОБТІКАННЯ ЛІТАЛЬНОГО АПАРАТУ З ДВОМА НЕСУЧИМИ ПОВЕРХНЯМИ НА ЙОГО АЕРОДИНАМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ	

Семіконь Є.В., Зінченко В.П., Сарибога Г.В.....	38
СИСТЕМА ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МІКРОСУПУТНИКА «НТУУ КПІ»	
Семідел П.С., Бурнашев В.В.	39
АЛГОРИТМИ КЕРУВАННЯ АВТОМАТИЧНИМ ПРИЗЕМЛЕННЯМ БЕЗПІЛОТНОГО ЛІТАКА НА ШАСІ	
Скрипник Д.Р., Володарський Є.Т.	40
ВИКОРИСТАННЯ MEMS ТЕХНОЛОГІЙ В АКСЕЛЕРОМЕТРАХ	
Слабухін І.С., Воловик Б.В., Іванов С.В.....	41
МЕХАНІЗМ ПОЯВИ ПОХИБОК ВІД ВЗАЄМОВПЛИВУ ВІБРОПІДВІСІВ ЛАЗЕРНИХ ГІРОСКОПІВ В БЕЗПЛАТФОРМНІЙ ІНЕРЦІАЛЬНІЙ НАВІГАЦІЙНІЙ СИСТЕМІ	
Соломко Р.С., Самарцев Ю.М.....	42
КОНТРОЛЬНО-ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА АУДИТУ ЕНЕРГЕТИЧНОГО СТАНУ ПІДПРИЄМСТВА	
Судакова С.О., Юдін П.Ю., Шумков Ю.С.....	43
ВИМІРЮВАЧ ПАРАМЕТРІВ КОМПЛЕКСНОГО ОПОРУ ЄМНІСНОГО ДАТЧИКА	
Сумарєв В.Ю., Прохорчук О.В.....	44
ОДНОЧАСНЕ ВИКОРИСТАННЯ ДВОХ ПРИЙМАЧІВ СНС В СИСТЕМІ НАВІГАЦІЇ ТА ОРІЄНТАЦІЇ БПЛА	
Татарчук О.Д., Самарцев Ю.М.....	45
СИСТЕМА ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ РУХОМИХ ОБ'ЄКТІВ У ПРОСТОРИ	
Терьохін С.В., Черняк М.Г.	46
ІНСТРУМЕНТАЛЬНІ ПОХИБКИ ІДЕНТИФІКАЦІЇ КОЕФІЦІЄНТІВ НЕЛІНІЙНОЇ МЕТРОЛОГІЧНОЇ МОДЕЛІ НАВІГАЦІЙНИХ АКСЕЛЕРОМЕТРІВ МЕТОДОМ ТЕСТОВИХ ПОВОРОТІВ В ГРАВІТАЦІЙНОМУ ПОЛІ ЗЕМЛІ	
Титенко М.О., Зінченко В.П.	47
ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАСОБІВ ТА МЕТОДІВ ЗДОБУВАННЯ ДАНИХ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ МАСОВО-ІНЕРЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЛІТАКА	
Ткаченко А.В., Яременко Т.В.....	47
СИСТЕМИ ОБЛІКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ В АЛЬТЕРНАТИВНІЙ ЕНЕРГЕТИЦІ	
Третініченко О.В.	48
ОРГАНІЗАЦІЯ МЕРЕЖ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ЛІЧИЛЬНИКІВ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ	
Третьак О.О., Самарцев Ю.М.	49
ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ПАРАМЕТРАМИ МІКРОКЛІМАТУ ТЕПЛИЧНОГО ГОСПОДАРСТВА	
Трунов В.Ю., Гавриленко В.В., Бондаренко Н.В.	50
ВИПАДКОВІ ПОХИБКИ ВИХІДНОГО СИГНАЛУ МІКРОМЕХАНІЧНОГО ГІРОСКОПА	
Хабібулін Р.Р., Бурнашев В.В.	51
СИНТЕЗ РЕГУЛЯТОРА ДЛЯ КЕРУВАННЯ АВТОМАТИЧНИМ ЗАХОДОМ НА ПОСАДКУ БЕЗПІЛОТНОГО ЛІТАЛЬНОГО АПАРАТУ	

Хомінич О.О.	52
ПИТАННЯ АЕРОДИНАМІЧНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ЛІТАЛЬНОГО АПАРАТУ ЗАМКНЕНОЇ ПРОСТОРОВОЇ СХЕМИ З УРАХУВАННЯМ КРИТЕРІВ ТРАНСПОРТНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ	
Чапалюк Б.В., Добролюбова М.В.	53
РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ І ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ ВІДСТАНИ ТА ОБРОБКИ ЗОБРАЖЕННЯ	
Чебоха Д.С., Зінченко Д.Н.	54
ВІТРОГЕНЕРАТОР З ВЕРТИКАЛЬНОЮ ВІССЮ	
Чекановський О.В.	54
ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА ГУСТИНИ АВІАЦІЙНОГО ПАЛИВА, ЯКА БАЗУЄТЬСЯ НА ВІБРЧАСТОТНИХ ДАТЧИКАХ	
Чернюк А.А.	55
ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА МЕТОДІВ РОЗШИРЕННЯ РОБОЧОГО ДІАПАЗОНУ МІКРОМЕХАНІЧНИХ ДАТЧИКІВ КУТОВОЇ ШВИДКОСТІ	
Чернявський А.Л.	56
РОЗРОБКА СИСТЕМИ ЗБОРУ ДАНИХ НА ОСНОВІ ОПЕРАЦІЙНОЇ СИСТЕМ РЕАЛЬНОГО ЧАСУ FREERTOS	
Чернях Б.Г.	57
ПОБУДОВА ІНТЕРФЕЙСУ СИСТЕМ ВИМІРЮВАННЯ ТА КОНТРОЛЮ НА БАЗІ ТЕХНОЛОГІЇ WEB-SOCKET	
Чмихун Є.М.	58
РЕАЛІЗАЦІЯ СТАНДАРТУ IEEE-1451 НА ОСНОВІ МІКРОКОНТРОЛЕРА ADUC847	
Шнира А.В., Добролюбова М.В.	59
РОЗРОБКА ПІДСИСТЕМИ ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ В РАМКАХ СИСТЕМ МОНІТОРИНГУ 3D-ПРИНТЕРІВ	
Шорохова А.Є., Шурпач С.А.	60
СИСТЕМНО-ОРІЄНТОВАНИЙ КАЛІБРАТОР ІНФРАЧЕРВОНОГО ВИМІРЮВАННЯ	
Ягмурлу Д., Зинченко Д.Н.	61
АЭРОДИНАМИЧЕСКАЯ КОМПОНОВКА БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА КОРОТКОГО ВЗЛЕТА И ПОСАДКИ	
Яковенко В.М., Галицька І.Є.	62
ЗАСТОСУВАННЯ БАЄСІВСЬКОГО ПІДХОДУ ДО АПРОКСИМАЦІЇ ПОЛІНОМУ	
Янков С.О.	63
АНАЛІЗ КОМПОНУВАЛЬНИХ СХЕМ ПУСКОВОГО ПРИСТРОЮ ДЛЯ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ КОНТЕЙНЕРНОГО ЗАПУСКУ	

УДК 681.3

Алімов А.І., Добролюбова М.В.

РОЗРОБКА ПІДСИСТЕМИ ВИМІРЮВАННЯ ШВИДКОСТІ ОБЕРТІВ В РАМКАХ СИСТЕМ МОНІТОРИНГУ 3D-ПРИНТЕРІВ

Актуальність обраного напрямку досліджень обумовлена розвитком технологій 3D-друку, що останнім часом набирає обертів у всіх сферах життєдіяльності людини. Сучасні дослідження та розробки в цій сфері наукової діяльності спрямовані на створення 3D-принтерів високого класу точності завдяки системам моніторингу 3D-друку.

Основною метою роботи є покращення точності друку моделі шляхом оптимізації траєкторії руху каретки 3D-принтера на основі даних, отриманих розробленою підсистемою.

Для вимірювання швидкості обертів каретки використовуються спеціальні датчики (енкодери) моделі EC12-20F-S.

При повороті рухомої частини енкодера відбувається генерація сукупності сигналів, які посилаються до мікроконтролера по каналах А та В. В залежності від кількості прийнятих мікроконтролером імпульсів можна вирахувати кількість обертів, оскільки відома кількість імпульсів за один оберт. Також визначається напрям руху валу (за годинниковою стрілкою чи проти), в залежності по якому каналу А чи В прийде перший сигнал. Отримані дані пересилаються на персональний комп'ютер та за допомогою спеціального програмного забезпечення відображаються на екрані у вигляді 3D-моделі, що враховує похибки друку. Саме за допомогою цієї моделі користувач може прискіпливо звірити отриманий після друку об'єкт з базовою ідеальною моделлю. Особливістю цієї технології є те, що не потрібно чекати закінчення друку або зупиняти процес та охолоджувати модель для отримання точних даних про її розміри. Підсистема вимірювання швидкості обертів надає можливість в процесі друку самої моделі отримати точні габаритні розміри всього за декілька натискань клавіш.

Розроблена підсистема вимірювання швидкості обертів, яка призначена для роботи у складі системи моніторингу 3D-принтерів. На основі проведеного огляду аналогічних технічних рішень вибрано найбільш вдалий для даної задачі датчик – механічний інкрементний енкодер. Особливістю даної підсистеми є те, що користувач за допомогою розробленого спеціального програмного забезпечення має змогу слідкувати за процесом друку та налаштовувати 3D-принтер на основі рекомендацій від програми. Дана підсистема може бути використана при малих обсягах виробництва.

УДК 629.7.055**Барановська І.М.****СПОСІБ КАЛІБРУВАННЯ ІНЕРЦІАЛЬНОГО ВИМІРЮВАЛЬНОГО МОДУЛЯ**

Підвищення точності інерціальних вимірювальних модулів в сучасній навігації є важливою і актуальною задачею сьогодення. Його вирішення можливе конструктивними заходами, наприклад використанням технологічної збірки інерціальних вимірювальних модулів, де блок первинних вимірювачів усередині розташований під певним кутом відносно площини модуля, що дозволяє зорієнтувати датчики відносно пріоритетних осей дії навантажень і зменшити зміщення нулів вихідних сигналів. Проте при проведенні ідентифікації параметрів інерціального вимірювального модуля цей факт викликає істотні похибки, залежні від орієнтації осей первинних вимірювачів відносно осей інерціального модуля.

В роботі розроблена уточнена метрологічна модель інерціального вимірювального модуля, що враховує його конструктивні особливості. Запропонований спосіб калібрування інерціального вимірювального модуля на основі трьох одновісних акселерометрів, з урахуванням не співпадіння осей інерціального модуля по відношенню до осей чутливостей первинних вимірювачів. Введені нові складові в метрологічну модель інерціального вимірювального модуля, що дозволило підвищити точність ідентифікації параметрів.

На основі експериментальних даних підтверджено, що цей спосіб забезпечує калібрування інерціального вимірювального модуля з точністю виміру вектора сили тяжіння $\pm 4 \cdot 10^{-4} g$. Що у порівнянні із способом калібрування в осях інерціального модуля, де точність виміру вектора сили тяжіння складає $\pm 5 \cdot 10^{-3} g$, підвищує точність калібрування.

УДК 62.1.9**Безуглов Д.С., Сухов В.В.****ЦЕНТРОПЛАН ТРАНСПОРТНОГО ЛІТАКА В СИСТЕМІ CAD/CAE**

Центроплан літака є одним з особливо відповідальних елементів конструкції планера літака, тому при організації серійного виробництва велику увагу приділяють вдосконаленню його конструкції з урахуванням можливостей конкретного серійного виробництва.

Проаналізована існуюча конструкція центроплану і визначення її недоліків котрі в основному пов'язані з ваговими характеристиками реальної конструкції та недосконалістю окремих елементів конструкції.

З урахуванням досвіду ДП "Антонов" запропоновано підвищити вагову ефективність заміною двох монолітних панелей на композитні

панелі. За попередніми розрахунками це дозволить зменшити вагу на 14 %, підвищити живучість конструкції а також знизити трудоемність збирання центроплану на 18-20 %.

Розробка конструкції проводилась в системі CAD, що дозволила одночасно проводити і аналіз конструкції напружено деформованого стану моделі в залежності від умов експлуатації центроплану а також в перше в цій системі було проведено опрацювання конструкції на технологічність, та моделювання збиральних операцій в залежності від умов конкретного виробництва.

УДК 681.3.06

Береговий К.В., Богомазов С.А.

РЕАЛІЗАЦІЯ МЕРЕЖІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СЕНСОРІВ НА БАЗІ ВБУДОВАНИХ JAVA-МОДУЛІВ

Для управління складними технічними об'єктами або процесами з динамічно змінюваним станом широко використовуються розподілені комп'ютерні системи, здатні вирішувати завдання збору даних у реальному часі. Сучасні децентралізовані авіаційні та космічні системи повинні бути легко переконфігуровані за принципом Plug-and-Play. Такі системи описує група стандартів IEEE 1451.

Створене апаратно-програмне забезпечення для реалізації мережі інтелектуальних сенсорів на базі вбудованих Java-систем з використанням стандартів групи IEEE 1451, яке надає можливість використовувати серійні промислові сенсори у якості інтелектуальних. Модуль TIM реалізовано на основі модуля Raspberry Pi, який виконує роль RESTfull Web-сервера. Він зберігає у своїй файловій системі файли TEDS у форматі XML. Для реалізації модуля NCAP було обрано Java-систему на базі модуля Cubieboard. Модуль Cubieboard реалізує RESTfull Web-сервер та сервер баз даних MySQL. В якості протоколу фізичного рівня для обміну даними між TIM та NCAP використано протокол Ethernet.

Для реалізації RESTfull архітектури використано JavaEE специфікацію JAX-RS. В якості провайдера JAX-RS API обрано фреймворк Jersey. Для реалізації доступу до бази даних зі сторони сервера використано фреймворк Hibernate. Для відправки асинхронних JavaScript запитів (AJAX) до сервера використано бібліотеку JQuery2. Для побудови графіку показів сенсорів для кожного з каналів TIM застосовано бібліотеку Chart.js, яка використовує HTML5-canvas елементи.

Застосування платформено-незалежних технологій дозволяє використовувати розроблену систему для широкого спектра операційних систем та апаратного забезпечення.

УДК 536.5**Бобір О.О., Володарський Є.Т.****ШВИДКОДІЮЧИЙ КАНАЛ ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ**

Актуальною є проблема вимірювання та дослідження температури за умов, де робиться акцент на швидкодію. Розроблений швидкодіючий канал вимірювання температури з використанням спеціальної «родини» термопар, висока продуктивність яких дозволяє виміряти перехідні значення температури з часом відгуку на рівні мс і провести дослідження при найсуворіших умовах ерозії.

У роботі вирішується актуальне завдання розроблення, оптимізації, синхронізації аналогової частини приладу зі спеціальним програмним забезпеченням, що дозволить раціонально використовувати ресурси та мінімізувати час для проведення досліджень.

Швидкісний канал вимірювання температури може вимірювати миттєві температури і характеристики теплових потоків на всіх етапах роботи системи ракетного двигуна, різних типів запальників, піропатронів, а також інших систем, де потрібна висока швидкість вимірювання, запалювання і ракетних двигунів систем.

УДК 004.932**Болдак О.А., Шантир Д.С.****СЕРЕДОВИЩЕ «ШВИДКОЇ» РОЗРОБКИ СИСТЕМ КОМП'ЮТЕРНОЇ ОБРОБКИ ЗОБРАЖЕНЬ**

Використання існуючих систем та бібліотек в області комп'ютерної обробки зображень для розробки багатofункціональних підсистем викликає низку труднощів. Системи як Adobe FineReader, Readiris та Nuance OmniPage є закритими і комерційними, тому не можуть бути адаптовані для вирішення прикладних задач замовника, або потребують значних фінансових затрат, пов'язаних з придбанням ліцензій на їх використання. Бібліотеки, такі як OpenCV, Graphics Magick, Image Processing Toolbox та GEGl, носять універсальний характер, містять обмежену кількість прикладів використання і вкрай низькоякісну документацію. Це збільшує трудомісткість процесу розробки підсистем обробки зображень (ПОЗ).

Метою роботи є зниження трудомісткості розробки ПОЗ за рахунок реалізації та використання засобів «швидкої» розробки відповідного призначення.

Запропоновано підхід до декомпозиції задачі обробки зображень за рахунок використання проміжних семантичних моделей, застосування якого дозволяє визначити узагальнену структуру параметричного обчислювального процесу для вирішення задач комп'ютерної обробки

зображень. Запропонована предметно-орієнтована мова та реалізовані відповідні інструментальні засоби, використання яких дозволяє знизити трудомісткість процесу розробки ПОЗ.

Розроблена система може бути використана для реалізації спеціалізованих ПОЗ, які в подальшому можуть бути інтегровані в існуючі або нові інформаційні системи.

УДК 621.317.33

Брунарський М.В., Добролюбова М.В.

ПОБУДОВА МОДЕЛІ ГЕНЕРАТОРА КВАДРАТУРНИХ НАПРУГ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТРОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК АВТОМАТИЧНОГО КОМПАРАТОРА ІМПЕДАНСІВ ПРОГРАМНИМИ МЕТОДАМИ

Існує необхідність в автоматичному обладнанні з широким діапазоном вхідних величин для спрощення процесів відтворення та порівняння одиниць параметрів імпедансу.

Метою є дослідження впливу похибок генератора квадратурних напруг на результати вимірювання компаратора імпедансів програмними методами у середовищі NI Multisim.

Оскільки державні еталони потребують регулярних міжнародних звірень, то значно дешевше проводити звірення однієї міри (наприклад ємності), а потім передавати одиницю імпедансу іншим мірам імпедансу. Саме квадратурний міст може забезпечити можливість передачі одиниць комплексного опору не тільки між однорідними імпедансами, а ще й від ємності до активного опору і навпаки. За допомогою власного програмного забезпечення було сформовано lvm-файл з послідовним записом амплітудних значень часу їх встановлення. Сформований файл зчитується середовищем NI Multisim для генерації сигналу. Такий підхід може повністю імітувати роботу квадратурного генератора і бути хорошим інструментом для попереднього дослідження впливу похибок квадратурного генератора на результати вимірювання всього компаратора імпедансів, адже дозволяє змінювати форму сигналу та коригувати чи вносити додаткові похибки при дослідженні впливу генератора на результат вимірювання компаратора.

Розроблене програмне забезпечення може застосовуватись для моделювання сигналів різних форм, амплітуд та частот в середовищах NI Multisim та NI LabVIEW, а також для обробки отриманих результатів моделювання різних процесів у цих середовищах.

УДК 629.783.41

Будім А.О., Нечипоренко О.М.

СИСТЕМА ПОВІТРЯНИХ СИГНАЛІВ ЛІТАКА НА БАЗІ ЧАСТОТНИХ ДАТЧИКІВ ТИСКУ

Система повітряних сигналів (СПС) призначена для видачі основної пілотажної інформації на показчики контрольно-вимірювальних приладів у кабіні літака і на бортові системи. Розробка присвячена задачі створення високоточних і надійних СПС літаків. і є актуальною, тому що тісно пов'язана з підвищенням якості і надійності авіаційної техніки. Розроблено датчик повного тиску на основі вібруючого циліндру, його функціональну схему і конструкцію датчика з широким діапазоном виміру тиску і малими похибками. Проведені розрахунки, що підтверджують працездатність вимірювального перетворювача, проєктована СПС задовольняє вимогам сучасних норм точності і швидкодії.

Побудована та досліджена СПС на однакових частотних датчиках тиску, один з яких сприймає статичний тиск, а другий – повний.

Розрахована інструментальна похибка яка дорівнює 0,25383 Гц. і відносна похибка яка дорівнює 0,0267%, що відповідає сучасним нормам точності.

Розроблена СПС придатна для застосування в пасажирських літаках, як далеко-магістральних, так і середньо-магістральних.

УДК 681.586

Бурим Є.А.

ДОСЛІДЖЕННЯ СТАБІЛЬНОСТІ ЗМІЩЕННЯ НУЛЯ МІКРОМЕХАНІЧНОГО АКСЕЛЕРОМЕТРА ЗА МЕТОДОМ ВАРІАЦІЙ АЛАНА

Точність датчиків залежить від точного визначення їх метрологічних характеристик, тому задача підвищення точності визначення метрологічних характеристик є актуальною.

Для забезпечення потрібної точності БІНС, важливою задачею є забезпечення незмінності метрологічних характеристик інерціальних датчиків у часі.

Основними методами дослідження стабільності метрологічних характеристик інерціальних датчиків є класичний метод знаходження середньоквадратичних відхилень та метод варіацій Алана.

Пропонується використання методу варіацій Алана для дослідження стабільності зміщення нуля мікромеханічного акселерометра.

Створений стенд для дослідження стабільності зміщення нуля, за допомогою якого проведені експериментальні дослідження класичним

методом знаходження середньоквадратичних відхилень та методом варіацій Алана. Визначено, що похибка нестабільності зміщення нуля досліджуваного акселерометра ADXL202 фірми Analog Devices при дослідженні методом варіацій Алана становить не більше $6 \cdot 10^{-5}$ g у порівнянні з класичним методом, при дослідженні яким похибка становила не більше $2 \cdot 10^{-3}$ g.

Розроблений спосіб дослідження стабільності зміщення нуля дозволяє спростити її визначення та зменшити час їх проведення.

УДК 531.383.14

Вдовиченко Д.О., Бондар Ю.І.

АЕРОМОБІЛЬ

З кожним роком збільшується кількість розробок, спрямованих на винахід транспортного засобу, який зможе з достатньою швидкістю пересуватись як повітрям, так і по землі. Це зумовлене постійним збільшенням спектру задач, які вирішуються цими апаратами.

В роботі використовується змінна геометрія крила, що дозволить рухатись по землі як звичайному автомобілю із складеним крилом та пересуватись у повітрі як літаку.

Запропоновані нові прийоми варіантного формоутворення базової геометрії літака в середовищі систем автоматизованого проектування на прикладі інтегрованого застосування програмного пакету Solid Works.

Проаналізовані основні параметри літального апарату та проведена оптимізація його основних характеристик. Вибрана конструкційна схема блоку складання крила. Проведений кінцево-елементний аналіз міцності частин літального апарату.

УДК 629.7.054.07

Ганем Ш.Б.

СПОСІБ ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ПЕРЕНЕСНОГО РУХУ МАНЕВРОВОГО ЛІТАЛЬНОГО АПАРАТУ ЗА ДОПОМОГОЮ АКСЕЛЕРОМЕТРІВ

Запропоновано конструктивне рішення малогабаритного трьохвісного акселерометричного інерціального вимірювального модуля (ІВМ) для системи керування ЛА. Такий ІВМ являє собою три пари акселерометрів, змонтованих на платформі, яка вібрує відносно своєї осі, перпендикулярній до її основи. Акселерометри розташовані на платформі спеціальним чином. Для запропонованого ІВМ пред'явлені такі вимоги:

На базі розробленої математичної моделі роботи ІВМ отримано вирази проєкцій абсолютного прискорення об'єкта на осі чутливості кожного акселерометра.

Запропоновано метод розділення і обробки комплексного сигналу, отриманого з акселерометрів. В результаті обробки сигналів отримані оцінки лінійного прискорення та кутової швидкості.

Проаналізовано чутливості ІВМ по кожній осі вимірювання в залежності від схеми розташування акселерометрів в конструкції ІВМ, а саме від кута нахилу вимірювальної осі акселерометрів до платформи.

З умови рівної чутливості по каналах вимірювання кутової швидкості нахил осей чутливості акселерометрів до платформи становить 60 градусів.

УДК 621.317.33

Годун В.С.

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТРОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК МОДУЛЯ СИНХРОННОГО ДЕТЕКТОРА

Імпеданс як характеристика кожного компонента електричного кола є найважливішою вимірювальною величиною в електричних вимірах. Тому створення спеціалізованого автоматичного обладнання, а саме модулю синхронного детектору, яке могло б спростити процеси відтворення одиниць параметрів імпедансу і передачі розмірів цих одиниць в діапазоні значень, є актуальним завданням.

Створена модель синхронного детектора програмними методами в середовищі NI Multisim для дослідження результатів вимірювання компаратора імпедансів. Ступінчасто-апроксимований синусоїдальний сигнал сформовано з використанням спеціальних аналогово-цифрових (АЦП) та цифро-аналогових (ЦАП) перетворювачів.

Для забезпечення автоматичності компаратора імпедансів будується модуль синхронних детекторів і генератор квадратурних напруг на основі ЦАП, які керуються відповідними мікроконтролерами.

Розроблена модель синхронного детектора може застосовуватись для дослідження результатів вимірювання компаратора імпедансів та, тим самим, покращення його метрологічних характеристик.

УДК 681.3

Грибанов І.О., Богомазов С.А.

ОРГАНІЗАЦІЯ WEB-ОРІЄНТОВАНИХ МІКРОСЕРВЕРНИХ СИСТЕМ ВІДДАЛЕНОГО ЗБОРУ ДАНИХ

На сьогоднішній день є актуальним завдання створення надійних та конкурентоспроможних Web-орієнтованих систем збору експериментальних даних.

На базі вбудованого Java-модуля TINI/Dallas розроблено платформенно-незалежну реалізацію Web-орієнтованої мікросерверної системи збору експериментальних даних з реалізацією REST (Representational State Transfer) архітектури.

Розроблено платформенно-незалежне програмне забезпечення підтримки протоколу прикладного рівню передачі експериментальних даних – HTTP (HyperText Transfer Protocol), забезпечено серверно-клієнтну архітектуру ("Server-Client") з перевіркою статусу отримання даних клієнтом.

Використання REST архітектури та платформенно-незалежних Java технологій дозволяє застосовувати мікросерверну систему для широкого спектру Web задач, а також значно спростити ємність її ресурсів.

УДК 629.2

Демчишин С.Р., Лемко О.Л.

ОЦІНКА БАЛАНСУВАЛЬНИХ ВТРАТ АЕРОДИНАМІЧНОЇ ЯКОСТІ, ВИКЛИКАНИХ АЕРОСТАТИЧНОЮ СКЛАДОВОЮ ПІДЙОМНОЇ СИЛИ, ДЛЯ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ З АЕРОСТАТИЧНОЮ ПІДТРИМКОЮ

В даний час виявлено різносторонні можливості для застосування літальних апаратів (ЛА) з аеростатичною підтримкою, серед яких: проведення тривалого спостереження за певною локальною територією, для високошвидкісної передачі даних за допомогою мобільних терміналів і створення нової інфраструктури систем передачі та обробки інформації.

Наявність двох принципів створення підйомної сили: аеростатичної та аеродинамічної, відкривають нові можливості для ЛА схожого типу, в порівнянні з іншими апаратами, а саме: можливість посадки на будь-яку природну рівну поверхню, досягнення відносно невисокого питомого навантаження на несучі поверхні, підвищення надійності і безпеки експлуатації. Дані ЛА мають один суттєвий недолік – зі зміною висоти польоту змінюється і значення аеростатичної складової підйомної сили, внаслідок зміни щільності повітряного середовища, що значною мірою впливає на балансування.

Отримано математичну модель залежності балансувальної якості від геометричних, аеродинамічних, аеростатичних і компоувальних параметрів ЛА з аеростатичною підтримкою, яка дозволяє визначити втрати балансувальної аеродинамічної якості у всьому діапазоні висот польоту. Аналіз отриманої математичної моделі показує, що при зміні висоти польоту ЛА з аеростатичною підтримкою з великими запасами повздожньої стійкості втрати аеродинамічної якості на балансування будуть незапобіжними, особливо коли центр аеростатичної підйомної сили знаходиться на відносно великій відстані від центру мас.

Показано, що для отримання максимальної аеродинамічної якості ЛА з аеростатичною підтримкою необхідно добиватись максимально можливого суміщення центру аеростатичної підйомної сили та центру мас. При недосяжності цього необхідно переходити до малих запасів степені повздожньої статичної стійкості ЛА, що можливо забезпечити сучасними засобами автоматики.

Розроблена математична модель може застосовуватись для оцінки втрат аеростатичної складової підйомної сили на величину балансувальної аеродинамічної якості при зміні висоти польоту всіх літальних апаратів схожого типу, що дасть змогу покращити їх характеристики шляхом доопрацювання їх конструкції.

УДК 67.05

Єрмаков Д.В., Синенко А.П., Шурпач С.А.

ЗАСТОСУВАННЯ ПРЕДМЕТНОГО МОДЕЛЮВАННЯ І 3D-ДРУКУ В АЕРОКОСМІЧНІЙ ГАЛУЗІ

Актуальність предметного 3D-моделювання досить суттєва і полягає в необхідності створення 3D-моделей предметів будь-якого розміру та рівня деталізації з метою скорочення періоду проектування та максимально швидкого використання готового об'єкта.

Прототип об'єкта або дослідний зразок, який допоможе оцінити якість виробу і правильність геометрії моделі, можна створити на базі побудов за допомогою технологій швидкого прототипування (3D-друк, формування, 3D-фрезерування) 3D-моделі. Використання моделювання з подальшим застосуванням FDM (моделювання методом плавлення) методу 3D-друку створена повно розмірна модель пристрою та давачів для вимірювання прискорення, параметрів просторового положення, температури, тиску. Можливе використання цієї моделі для подальшого виробництва, оскільки формат .STL є універсальним і файли з розширенням .STL (stereolithography) можна застосувати у будь-якому пристрої з ЧПУ (числовим програмним управлінням), як адитивного так і субтрактивного методу дії.

УДК 681.2.08

Закревський А.О., Позняк М.М., Шантир А.С.

ПРОГНОЗУВАННЯ ФІЗІОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ЛЮДИНИ

Важливою задачею сучасної медицини на фоні росту кількості неінфекційних захворювань є реабілітація, невід'ємною складовою якої є контрольовані фізичні тренування. Одним з перспективних методів такого контролю є застосування моніторів фізіологічних показників (частота серцевих скорочень, температура поверхні тіла, електричний опір шкіри, швидкість розсіювання тепла з поверхні тіла, фізична активність тощо). Однак на сьогодні не існує практично застосовних методів обробки зібраних даних з метою корегування програм реабілітації та тренувань, тому актуальним стає розробка та дослідження підходів до прогнозування фізіологічних показників людини з метою корегування програм реабілітації та тренувань.

Запропоновано застосування статистичних методів для прогнозування фізіологічних показників людини, виходячи з температури та швидкості розсіювання тепла з поверхні тіла. Особливий інтерес являє швидкість розсіювання тепла з поверхні тіла, яка відображає фізичні та емоційні навантаження, метаболічні процеси, рівень тиреоїдних гормонів, Q10 ефект, реакцію організму на гіпер- та гіпотермію.

Практична застосовність систем прогнозування фізіологічних показників вже підтверджена медичною практикою, проте подібне прогнозування потребує контролю його результатів медичними працівниками, для чого необхідно реалізовувати централізований збір даних та забезпечити оперативний доступ до них медичних працівників.

Запропоновано підхід до прогнозування фізіологічних показників людини з метою підвищення ефективності реабілітації та тренувань шляхом спільного аналізу результатів вимірювання температури та тепловіддачі тіла.

УДК: 621.314.22.08

Калашник М.І.

ЗМЕНШЕННЯ ПОХИБОК, ОБУМОВЛЕНИХ ВИСОКОВОЛЬТНИМИ ТРАНСФОРМАТОРАМИ СТРУМУ ТА НАПРУГИ

Наявність похибок, обумовлених високовольтними вимірювальними трансформаторами струму та напруги, призводить до значних відмінностей вимірюваних електричних величин, таких як активна потужність та електроенергія, від їх дійсних значень у високовольтних мережах енергосистем. Отримання більш високої точності вимірювальних трансформаторів струму та напруги класів точності 0.2, 0.5, які

експлуатуються в електроенергетичних системах, можливе при застосуванні електронної компенсації похибок.

Удосконалені методи електронної компенсації похибки: вимірювального трансформатора напруги, що базується на порівнянні вторинної напруги трансформатора з вторинною напругою компенсувального вимірювального трансформатора напруги; вимірювального трансформатора струму, що базується на формуванні струму намагнічування трансформатора та корекції ним результатів перетворення.

Доведення цих методів до схмотехнічного рішення дозволить підвищити точність перетворення струму та напруги.

УДК 621.384.3

Кіраш О.Ю.

ВИСОКОЕФЕКТИВНИЙ МЕТОД МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОВІЗІЙНИХ ЗОБРАЖЕНЬ

На даний час одними із найпоширеніших вимірювань є температурні – вони складають приблизно 55 % всіх вимірювань. Наукові дослідження суттєво направлені на розширення діапазону зору з метою візуалізації недоступної для очей людини інформації. Задача спостереження при низькій освітленості та в умовах темряви існувала завжди та набула особливої актуальності в сучасних наукових дослідженнях. Крім того, військова діяльність все більше стимулює розвиток технологій в цій сфері. Досягнення та успіхи у сфері розвитку оптоелектроніки, особливо за останній час, посприяли появі сучасних технологій виробництва приладів нічного бачення, зокрема тепловізорів – пристроїв, призначених для візуалізації та виявлення об'єктів за їхнім тепловим випромінюванням. Підвищення чутливості тепловізорів пов'язано не тільки з технологією виробництва, а із методами обробки вихідних сигналів термочутливої матриці. Розробка і дослідження методів обробки є дуже актуальними.

Запропонована реалізація методу виявлення об'єктів в темряві, який базується на математичній обробці та розділенні елементів зображення на два типи шляхом порівняння результатів з порогом адаптації. Суть цього методу – виявлення об'єкту на тлі шуму, що пов'язано з нелінійною операцією, яка значно підвищує вірогідність ухвалення рішення про наявність шуканого об'єкту у діапазоні сприйняття тепловізора. Результатом нелінійної операції є піднесення до ступеню відношення яскравості елементу до середнього значення яскравості кадру – наприкінці отримуємо масив нелінійної фільтрації. Ця технологія дозволяє реалізувати високу якість зображень.

Використання реалізації методу нелінійного моделювання тепловізійних зображень надає сфері охорони суспільства нових можливостей розвитку та вдосконалення. Також цей метод посприяє розвитку дослідження по видаленню основних дефектів тепловізорів.

УДК 621.383.51

Кобзар Д.А. Хімиченко Б.П.

СОНЯЧНІ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ В КОСМОСІ

На сьогоднішній день є актуальним завдання збільшення енергоефективності сонячної енергетики. Оскільки основною проблемою наземних конструкцій сонячних електростанцій є земна атмосфера, яка відображає частину світла назад у космос, було б ідеальним варіантом створення таких станцій у космосі.

Досліджено проект космічної електростанції та основні його недоліки. Розраховано оптимальну висоту орбіти – 36 тис. кілометрів, на якій повинні розміщуватись масиви панелей сонячних батарей.

Розглянуто два варіанти вирішення проблеми передачі виробленої енергії на Землю: 1 – електромагнітні хвилі на зразок тих, що використовуються для передачі радіочастот; 2 – інфрачервоний лазерний промінь. Встановлено, що оптимальним варіантом є електромагнітні хвилі.

До основних недоліків проекту слід віднести велику вартість як конструювання самих масивів, так і відправлення їх на орбіту, та погано відпрацьована технологія бездротової передачі енергії.

До середини ХХІ століття за допомогою космічних сонячних електростанцій можуть бути забезпечені 10-20% потреб в електроенергії для промислово розвинених країн світу.

УДК 621.317.361

Козачук А.М.

ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ РІЗНИЦІ РЕЗОНАНСНИХ ЧАСТОТ ДВОХ НВЧ-РЕЗОНАТОРІВ

Майже у всіх галузях промисловості застосовуються процеси сушіння і зволоження, призначені для зміни вологості матеріалів. Одним із методів вимірювання вологості є резонансний метод – визначення різниці частот двох резонаторів, яка залежить від вологості матеріалу, що взаємодіє з вимірювальним резонатором.

Запропонований спосіб підвищення точності вимірювання різниці резонансних частот двох НВЧ-резонаторів. НВЧ-генератор генерує коливання з частотою, що змінюється за пилкоподібним законом. На

виходах детекторів формуються імпульси, що збігаються за формою з резонансними кривими НВЧ-резонаторів. На виходах підсилювачів-формуваців виділяються імпульси, положення яких відповідає найбільшим за модулем значенням крутизни резонансних характеристик. В реверсивному лічильнику за два періоди пилкоподібної напруги генератора формується число, пропорційне різниці резонансних частот НВЧ-резонаторів. Число імпульсів, які накопичуються в реверсивному лічильнику за два періоди розгортки,

$$N = \frac{2K_g}{f_{\max} - f_{\min}} (f_o - f_u),$$

де K_g – коефіцієнт ділення лічильника генератора; f_{\max}, f_{\min} – максимальна і мінімальна частоти переналаштування частоти НВЧ-генератора; f_o, f_u – резонансні частоти опорного і вимірювального резонаторів.

Таким чином, цифровий код, що формується реверсивним лічильником, пропорційний різниці резонансних частот вимірювального НВЧ-резонатора і опорного НВЧ-резонатора і не залежить від нестабільності частоти імпульсного генератора, добротностей вимірювального і опорного НВЧ-резонаторів, а також рівня вихідної напруги тригера. Це дає високоточне вимірювання малих різниць резонансних частот порівнюваних резонаторів.

УДК 629.7.025.73

Козей Я.С. Сухов В.В.

АЕРОДИНАМІЧНЕ ПРОЕКТУВАННЯ КРИЛА З СОНЯЧНИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ

Літальні апарати на сонячній енергії необхідні для цивільних і наукових цілей.

Сонячні елементи розміщуються на аеродинамічних поверхнях (крило, горизонтальне оперення), що з одного боку забезпечує більшу площу поверхні під елементами, а з іншого створює певні труднощі в формуванні аеродинамічних параметрів крила, в забезпеченні жорсткості та стійкості крила до дії знакозмінних навантажень, сприяє збільшенню маси літака, а в окремих випадках, суттєво впливає на вибір аеродинамічної схеми літального апарату.

В цих умовах традиційний підхід до проектування крила літака є нерациональним, оскільки він не враховує вищесказані особливості.

Запропоновано алгоритм для визначення базових параметрів крила літака на сонячній енергії, що враховує геометричні та жорсткісні характеристики сонячного елемента, та на його основі проведений розрахунок параметрів крила літака на сонячній енергії.

Встановлено, що робочий діапазон відносної товщини крила літака на сонячній енергії знаходиться в межах від 8% до 12%. Визначена залежність радіуса кривизни від відносної координати профілю ($R(x)$) та залежність коефіцієнта аеродинамічної якості від кута атаки $K(\alpha)$ для трьох типових профілів, що дає можливість визначити зону розміщення сонячних елементів та тип профілю крила.

На основі отриманих залежностей визначена зона розміщення сонячних елементів для трьох типових профілів з урахуванням технологічних особливостей формування конструкції крила та геометричних особливостей сонячних елементів.

УДК621.3.082.13

Кокотенко Б.В., Кульбеда С.В., Кротеви́ч І.В.

СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ ДИНАМІЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ СПОРТСМЕНА НА ОСНОВІ ДАНИХ АКСЕЛЕРОМЕТРА

Класичні методи контролю стану здоров'я людини та рівня фізичної підготовки (аналіз антропометричних показників, медичний огляд тощо) не дозволяють вести оперативний контроль безпосередньо під час тренувань. В більшості видів спортивних тренувань переважають динамічні навантаження, що передбачають активне скорочення м'язів. Для їх вимірювання розробляється велика кількість технічних засобів, при цьому суттєво зросла увага до покращення їх характеристик.

Розглядається можливість реалізації системи моніторингу динамічних навантажень з використанням акселерометра сенсорної системи відслідковування рухів MPU-6050 (включає акселерометр та гіроскоп), що дає повну інформацію про прискорення та положення тіла в просторі.

Для створення системи з автономним живленням обраний модуль на базі енергозберігаючого мікроконтролера EM-32G880F128, що дозволить реалізувати складну обробку та збереження інформації від сенсорної системи навіть при тривалих тренуваннях.

Поєднання сенсорної системи MPU-6050 та енергозберігаючого мікроконтролера є оптимальним рішенням для розробки системи моніторингу динамічних навантажень. В порівнянні з існуючими аналогами, така система відрізнятиметься меншими розмірами та більшою тривалістю автономної роботи за рахунок використання нових компонентів.

УДК 519.233.32

Копейкін С.С.

**ДОСЛІДЖЕННЯ КОРЕКТНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ G-КРИТЕРІЯ
КОХРЕНА ДО ПОПЕРЕДНЬО ОБРОБЛЕНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ
ЛАБОРАТОРНИХ ВИМІРЮВАНЬ**

Стандарти ISO 5725 можуть застосовуватися для оцінки точності вимірювань різноманітних фізичних величин за умови, що буде врахована будь-яка неоднорідність вимірюваних параметрів. Екстремальними показниками точності є повторюваність і відтворюваність. Жодне стандартизоване оцінювання точності вимірювань не обходиться без оцінок стандартних відхилень повторюваності і відтворюваності. Це стосується і випадків, коли кількість вимірювань екстремально низька. Тому дослідження коректності застосування використовуваних критеріїв є актуальними.

Досліджується дійсна неоднорідність при значеннях критерію G, близьких до критичного у випадках, коли кількість вимірювань у кожній лабораторії дорівнює двом.

Виведене співвідношення для оцінки неоднорідності розбіжностей та проведений моделюючий експеримент для дослідження значення вимірюваних величин, які породжують неоднорідність розбіжностей, та їхні співвідношення.

Практична застосовність отриманих висновків і співвідношень полягає у їх використанні для оцінки коректності застосування критерію Кохрена при визначенні викидів та квазивикидів у вибірках дуже малого обсягу. Ця оцінка надалі використовується при прийнятті рішення щодо відкидання таких викидів або застосування альтернативних методів обробки результатів міжлабораторних досліджень.

УДК 62.519, УДК 621.396.933

Купрунець М.В., Шевченко К.Л.

МОДУЛЬ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ ЧЕРЕЗ РАДІОКАНАЛ

З розвитком індустрії з'явилася потреба передачі даних під час проведення екстремальних випробувань та з віддалених об'єктів (нафтогазові термінали, рухомі об'єкти (автомобілі, безпілотна авіація, космічна галузь)). Тому актуальним є створення системи бездротової передачі даних.

Розглянута система для обміну даними з безпілотним літальними апаратами (БПЛА), в якій один радіомодуль встановлюється на борту БПЛА, а другий – на наземному пункті управління, на відміну від більшості подібних систем. Останні складаються зі спеціального пульта, за допомогою

якого здійснюється керування, та окремого модулю прийому зображення з відеокамери та телеметричних даних з використанням аналогового способу обробки сигналу. Цей сигнал дуже чутливий до різного роду електромагнітних перешкод. В роботі використовується цифровий метод обробки сигналу, що значною мірою підвищить завадостійкість сигналу та дозволить отримати чіткий відеосигнал без шумів. Цей метод дозволить також зменшити необхідну для керування БПЛА кількість радіоканалів та за допомогою спеціальної програми здійснювати керування з будь-якого комп'ютера.

Для цих цілей підходить комплект радіомодулів “Texas Instruments CC1101-CC1190 869 MHz Evaluation Module Kit”, який є досить гнучкою системою з можливістю налаштування під необхідну задачу.

Дана система може встановлюватися на БПЛА і в комплексі зі спеціальною апаратурою, на віддалених складах для відеоспостереження та контролю за різними показниками (температура приміщення тощо).

УДК 681.3

Лазарев О.Г.

ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА БЕЗПЕКИ РУХУ СПЕЦТРАНСПОРТУ І ЗАСОБІВ МЕХАНІЗАЦІЇ НА АЕРОДРОМІ

Інформаційно-вимірювальні системи безпеки руху спецтранспорту, які будуть зменшувати ризик аварії, стають все більш актуальними. Розробляється система, яка аналізує мертві зони автомобіля. Вона вимірює відстань до об'єкта за допомогою ультразвукових датчиків з високою точністю.

Інформаційно-вимірювальна система безпеки руху спецтранспорту на аеродромі є унікальною – дозволяє аналізувати мертві зони спецтранспорту – і всепогодною. Використання 3-х датчиків збільшує точність вимірювання.

Система безпеки руху спецтранспорту може використовуватись на автомобілі різних габаритів. Діагностика відстані до навколишніх об'єктів сигналізує про небезпеку зіткнення. Можуть бути задані критичні відстані, при яких система буде спрацьовувати і сигналізувати про небезпеку. Ефективний робочий діапазон вимірювання становить від 0,1 до 6 метрів.

УДК 621.317.385

Лебедь М.В., Хіміченко Б.П.

ВПРОВАДЖЕННЯ ПЛОЩАДКИ ЛОКАЛЬНОГО УСТАТКУВАННЯ ЗБОРУ ТА ОБРОБКИ ДАНИХ СПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

Актуальною проблемою є економія енергоресурсів, зокрема електроенергії. Тому необхідні сучасні вимірювальні системи для автоматизованого збору та передачі інформації про спожиту активну та реактивну електроенергію в кожній точці обліку.

Пропонується впровадження локального устаткування збору та обробки даних споживання електроенергії (ЛУЗОД) для забезпечення комерційного обліку активної та реактивної електричної енергії на межах балансової належності між споживачем і енергопостачальною компанією, автоматизації контролю техніко-економічних показників роботи електричних мереж і технічного стану засобів обліку електроенергії, подинного планування режиму роботи електрогенеруючого та електророзподільного обладнання.

ЛУЗОД проектується як багатоканальна вимірювальна система та являє собою сукупність функціонально об'єднаних масштабних вимірювальних перетворювачів (вимірювальні трансформатори струму та напруги), засобів вимірювальної техніки, що вимірюють електричну потужність та інтегрують її за часом (лічильники електроенергії з цифровим інтерфейсом), пристроїв збору та передачі даних, а також інших технічних засобів, розміщених в різних точках контрольованих об'єктів обліку та з'єднаних між собою лініями зв'язку.

Метрологічні характеристики ЛУЗОД визначаються метрологічними характеристиками засобів вимірювальної техніки та параметрами технічних засобів, що входять до складу ЛУЗОД та впливають на результати і похибки вимірів електроенергії та потужності. Компоненти ЛУЗОД повинні бути метрологічно сумісними.

Користувачі системою зможуть здійснювати розрахунки за електричну енергію за тарифами, диференційованими за періодами часу: тризонними (нічний, напівпіковий, піковий) чи двозонними (нічний, денний). Таким чином, впровадження ЛУЗОД дозволить економно витратити енергоресурси та знизити витрати і людські ресурси на збір та обробку даних.

УДК 629.7

Левченко О.І., Вірченко Г.А.

**МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ АЕРОДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК
ЛІТАЛЬНОГО АПАРАТА ВЕРТИКАЛЬНОГО ЗЛЬОТУ ТА
ПОСАДКИ**

Повітряний транспорт нині є найбільш швидким засобом пересування. Однак збільшення вдвічі крейсерської швидкості польоту літака підвищує його середню шляхову швидкість тільки на 10-15% через те, що багато часу витрачається на такі режими як зліт, посадка, маневрування на землі і т. д.

Оскільки основний об'єм повітряних перевезень здійснюється на відстані від 300 до 1000 км, то зліт і посадка може займати до 50% тривалості всього польоту. Тому один із актуальних шляхів розв'язання задачі збільшення середньої шляхової швидкості полягає у створенні літального апарата, що поєднує в собі швидкісні якості горизонтального польоту літака та зльоту й посадки вертольота.

Запропоновані нові прийоми розрахунку аеродинамічних характеристик для літального апарата вертикального зльоту та посадки малих габаритів, які забезпечують раціональний вибір параметрів проектного об'єкта з метою ефективного досягнення необхідних технічних показників.

Проаналізована модель літака з поворотними гвинтами на кінцях крила. Основною розв'язаною задачею є забезпечення стійкості та керованості створюваного літального апарата при режимі переходу від вертикального польоту до горизонтального і навпаки.

Для визначення потрібних параметрів силової установки проведені порівняльні розрахунки створюваного літального апарата при різних компоновальних схемах. Здійснений аналіз масових характеристик для визначення переваг і недоліків кожної схеми. Наведені результати розрахунків аеродинамічних характеристик проектного літального апарата вертикального зльоту та посадки при різних кутах атаки й нахилу вектора тяги та при швидкості від нуля до переходу в режим горизонтального польоту.

Практична значимість розробленої нової методики полягає в підвищенні якості проектування та конструювання літальних апаратів вертикального зльоту та посадки малих габаритів.

УДК 520.88

Лікаренко І.О., Зінченко В.П.

КОНЦЕПЦІЯ ВІРТУАЛЬНОЇ ЛАБОРАТОРІЇ КОСМІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ НА ОСНОВІ МІКРОСУПУТНИКІВ

Актуальною проблемою для вирішення задач космічних досліджень є розробка надмалих космічних апаратів (НКА), до яких належать мікро-, нано- і піко- супутники. Це зумовлено тим, що використання потужних космічних систем призводить до звуження можливостей для здійснення космічних досліджень в конкретних галузях у зв'язку з великими фінансовими витратами і збільшенням терміну підготовки до польоту. В значній мірі застосування НКА зумовлене зменшенням фінансування на космічні програми.

Аналіз актуальних задач, пов'язаних зі створенням віртуальних лабораторій та розробкою НКА, дозволяє поставити питання щодо створення віртуальної лабораторії космічних досліджень (ЛКД) на основі поєднання можливостей радіозв'язку, мережі Internet та НКА. У такий спосіб віртуальна лабораторія космічних досліджень надасть можливість користувачам з будь-якої країни світу працювати з науковими приладами надмалих космічних апаратів. У віртуальному режимі користувач матиме можливість провести космічні дослідження з використанням реального надмалого космічного апарату, проаналізувати результати і отримати необхідний досвід не тільки по темі КД, а й по принципах керування приладами надмалих космічних апаратів.

Розробка віртуальної ЛКД принесе велику користь науковцям, викладачам, студентам, а також значно зменшить фінансові витрати на космічні дослідження. Головною перевагою можна вважати заміну макетів на реальні космічні апарати, а також доступ до них з будь-якої точки світу, навіть в аматорському режимі.

УДК 004.31

Ліщенко Д.С., Шурпач С.А.

СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ ПАРАМЕТРІВ ВОДИ

В Україні переважна кількість людей споживає водопровідну воду лише після кип'ятіння, відстоювання та фільтрації. Ці процеси знищують більшість шкідливих речовин. Актуальною є проблема: яким чином споживач може бути впевненим в якості води, що споживає?

Для її вирішення розроблена система моніторингу параметрів води, яка складається з двох підсистем: вимірювання температури та вимірювання рівня рН. Кожна з підсистем має незалежні один від одної похибки, що спрощує розрахунки щодо вимірів та надає точніші результати.

На основі огляду аналогічних технічних рішень вибрано найбільш вдалу для даної задачі елементну базу: прилад вимірювання рівня РН LMP91200, який працює в діапазоні напруги від 1,8 В до 5,5 В та має надзвичайно низький вхідний струм, і напівпровідниковий цифровий датчик для вимірювання температури DS18B20. За допомогою LMP91200 схема оптимізується для використання датчиків РН. Система моніторингу параметрів води за допомогою спеціального програмного забезпечення відсилає отримані дані на сервер, котрий їх обробляє та показує в мережі Інтернет на спеціальному розробленому сайті, де кожен може поцікавитися станом води у його будинку в даний час.

Аналіз похибок розробленої системи моніторингу параметрів води показав, що виміри відбуваються в більшій мірі рівномірно, з незначним відхиленням. Для забезпечення точних вимірювань температури потрібно вибрати розрядність АЦП (найменша похибка при 12 розрядах) – було досягнуто похибки вимірювання $0,5^{\circ}\text{C}$. Розрахунок похибки РН відбувається при температурі $+25^{\circ}\text{C}$ та при теоретичному нахилу Нернста $59,16\text{ мВ/РН}$. Відносна похибка рівня РН становить $0,2\%$.

Завдяки розробленій системі підвищується достовірність результатів вимірювання.

УДК 621.398

Мартинюк Д.В.

ОРГАНІЗАЦІЯ РОЗПОДІЛЕНИХ СИСТЕМ ЗБОРУ ДАНИХ НА ОСНОВІ БЕЗДРОТОВИХ СЕНСОРНИХ МЕРЕЖ

Бездротові сенсорні мережі – це нова перспективна технологія. Вибір частотного діапазону істотно впливає на характеристики бездротової системи, оскільки цей параметр нерозривно пов'язаний з дальністю зв'язку, пропускну здатністю, енергоспоживанням. Субгігагерцові діапазони забезпечують ряд переваг – зокрема, збільшену дальність зв'язку та знижене енергоспоживання.

Розроблено апаратно-програмне забезпечення для реалізації бездротових сенсорних мереж субгігагерцового діапазону. Топологія розробленої сенсорної мережі – деревовидна. В схемі пристрою (вузла мережі) було використано мікроконтролер MSP430G2553, що відрізняється ультранизьким енергоспоживанням та субгігагерцовий приймач/передавач CC1101 компанії Texas Instruments. Всі пристрої мережі працюють у частотному діапазоні 868 МГц. Виділено два види пристроїв в мережі: головний вузол і підлеглі вузли (сенсори). Головний вузол встановлює, управляє, і підтримує мережу та зберігає інформацію про мережеву топологію для маршрутизації. Підлеглий вузол отримує потрібну інформацію з відповідних датчиків і відправляє дані через мережу до

головного вузла. Якщо для нього існують підлеглі вузли, він також виконує функцію ретранслятора. Через UART мікроконтролера центрального вузла мережі здійснюється зв'язок з персональним комп'ютером для подальшої обробки і аналізу прийнятої інформації. Розроблена мережа має ряд переваг: може самостійно організовуватись, не потребує додаткового обслуговування і конфігурування. Використання багатоточкового з'єднання збільшує покриття мережі. При відмові одного з вузлів маршрутизація мережі динамічно перебудовується, що мінімізує вплив відмови на працездатність системи в цілому.

Розроблене апаратно-програмне забезпечення дозволяє вирішувати широкий спектр задач із збору даних вимірювань без прокладання кабельних комунікацій на великій території. Система може бути застосована для реалізації перспективної концепції IoT (Internet of Things).

УДК 621.317.7

Масленко А.О., Хіміченко Б.П.

ЦИФРОВИЙ ГЕНЕРАТОР СИНУСОЇДАЛЬНИХ КОЛИВАНЬ

Сьогодні відбувається стрімкий розвиток цифрової електронної техніки. Актуальним її застосуванням є задача реалізації наукових досліджень. Завдяки цьому використання цифрових методів значно зросло. До того ж цифрові генератори мають ряд переваг. В першу чергу цифрові генератори володіють універсальністю, оскільки вони мають можливість генерувати аналогові сигнали з формою, що була задана користувачем, або відновлювати аналогові сигнали. Завдяки цілому ряду переваг, цифрові генератори все більш поширюються при налагодженні схем, що працюють зі складними сигналами, використовуються в автоматизованих стендах для зняття динамічних характеристик цифрових приводів тощо. Цифрові генератори синусоїдальних коливань застосовують в автоматичній і обчислювальній техніці.

Однією з цілей винаходу є зменшення коефіцієнта нелінійних спотворень і підвищення стабільності амплітуди вихідних сигналів.

Розроблений генератор синусоїдальних коливань з вихідною напругою 30 В та потужністю 10 Вт в смузі частот 100 кГц.

УДК 629.7.05.02**Матусевич Р.І., Прохорчук О.В.****СИНТЕЗ РОБАСТНОГО РЕГУЛЯТОРА ДЛЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ МАЛОГАБАРИТНОГО БЕЗПЛОТНОГО ЛІТАЛЬНОГО АПАРАТУ ПРИ ВПЛИВІ ВІТРОВИХ ЗБУРЕНЬ**

Створення безпілотних літальних апаратів (БПЛА) потребують розроблення систем автоматичного керування, які б задовольняли вимоги, що висуваються до сучасних БПЛА. Системи автоматичного керування, у більшості випадків, функціонують в умовах часткової невизначеності при наявності зовнішніх збурень, таких як вітрові навантаження: ротори, термічні потоки.

Розроблено та досліджено робастний регулятор, який підвищує точність керування просторовим рухом БПЛА в умовах параметричної невизначеності його математичної моделі і випадкових вітрових збурень, які виникають в наслідок неоднорідності прогрівання поверхні Землі.

Показано, що при виборі методу синтезу системи автоматичного керування варто враховувати умови функціонування БПЛА, приладовий склад системи та швидкодію бортового обчислювача.

Проведено моделювання системи в середовищі Matlab Simulink та встановлено, що у системи, яка побудована з використанням робастного регулятора, синтезованого по методу H_{∞} , буде вища точність в порівнянні з регулятором, синтезованого по методу H_2 , але його швидкодія є гіршою.

УДК 004.942**Мурдза Ю.Ю., Шантир Д.С.****ІНФОРМАЦІЙНА НАВЧАЛЬНА СИСТЕМА ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТРОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИЛАДІВ МОВОЮ JAVA**

Сучасні автоматизовані робочі місця (АРМ) метролога на промислових лініях здебільшого забезпечуються програмними компонентами на мовах C# і JAVA, що дозволяє зручно й практично за допомогою автономних засобів досліджувати метрологічні характеристики і параметри приладів та вузлів систем.

Особливий інтерес в дослідженнях являють перехідні процеси, що виникають під навантаженням у динамічному режимі. Для підготовки фахівця до роботи на сучасних АРМ призначена інформаційна навчальна система дослідження динамічних характеристик приладів мовою JAVA.

Ядром інформаційної навчальної системи є програма, написана мовою JAVA, яка є кросплатформовою і може бути запущена як на мобільних пристроях, так і на комп'ютерах під управлінням платформ Mac та Windows. Програма в реальному часі досліджує динамічні характеристики

приладів, веде їх аналіз та виводить результати роботи, які можна переглянути на екрані свого телефона, легко їх зберегти чи передати. Така гнучкість в використанні програмного компоненту навчальної системи дозволяє підвищити ефективність процесу навчання, адже майже в кожного є мобільний телефон на базі Android чи iOS та його вседоступність, що допомагатиме студентам в навчанні й розумінні характеристик приладів, їх дослідженні та використанні, проведенні перетворень та передачі результатів мережею Інтернет.

До основних блоків структури навчальної системи входить генератор тестових аналогових сигналів, який дозволяє вести дослідження приладу у динамічному режимі; АЦП, який формує цифровий сигнал для подальшої обробки та аналізу; мікроконтроллер та написаний для нього мовою JAVA програмний компонент, який використовує стандартні модулі для аналізу характеристик та управляє роботою усіх блоків системи. Передбачено також можливість передачі результатів досліджень в мережі Internet, збереження інформації в табличному виді, використання в базах даних.

Ця система може бути використана як під час навчального процесу для студентів ВНЗ, в особистих цілях для проведення експерименту, так і на промислових лініях при підготовці фахівців та імітаційних дослідженнях характеристик приладів і вузлів виробничих процесів.

УДК 681.3

Нерозний Р.Є., Зінченко В.П., Сарибоба Г.В.

МЕХАНІЧНІ АЕРОДИНАМІЧНІ ВАГИ НА БАЗІ ТЕНЗОДИНАМОМЕТРА

Прискорення темпів науково-дослідних і конструкторських робіт, пов'язаних з розвитком авіації та ракетної техніки, викликає необхідність застосування швидкодіючих автоматизованих систем управління аеродинамічним експериментом, розробка яких має вестись паралельно з розробкою нових методів вимірювань в аеродинамічних трубах (АДТ).

Автоматизована система управління аеродинамічними дослідженнями (АСУ АД) повинна бути єдиним комплексом технічних і програмних засобів, що виконують завдання управління, збору, зберігання, обробки і передачі експериментальних даних у формах, зручних конструктору.

Запропоновано удосконалити АВМ шляхом створення на основі тензодинамометра (ТД) тензометричного модуля (ТМ), який би забезпечив ефективну технологію вагових випробувань малорозмірного апарату в АДТ.

При значно вищій швидкодії ТД забезпечується можливість проведення аеродинамічних випробувань у динаміці при миттєвих змінах величини факторів, що впливають на досліджувану модель, та умов в АДТ.

Дослідження показали можливість та ефективність застосування ТД в якості вагового елемента на АВМ.

Застосування АВМ на базі ТД, для дослідження аеродинамічних характеристик, з кращою швидкодією і точністю роблять аеродинамічні випробування ефективнішими та менш енерговитратними.

УДК 629.058

Нор І.Ю., Бондаренко О.М.

СИСТЕМА СТАБІЛІЗАЦІЇ НА БАЗІ КОРІОЛІСОВОГО ВІБРАЦІЙНОГО ГІРОСКОПУ

Актуальним є завдання підвищення точності та надійності стабілізації невеликих об'єктів, зокрема систем прицілювання або відео розвідки авіаційного, наземного чи морського використання. Задля цього у складі перспективних систем стабілізації намагаються використовувати первинні датчики на нових принципах дії, зокрема, вібраційні гіроскопи.

Розроблена математична модель стабілізатора із врахуванням особливостей роботи коріолісового вібраційного гіроскопа. Такі гіроскопи володіють високою ударною та вібраційною міцністю, високою чутливістю до вимірюваної кутової швидкості. Запропоновані методики вибору параметрів цифрового регулятора стабілізатора в залежності від вимог технічного завдання, а також створена комп'ютерна модель стабілізатора, яка включає в тому числі його механічні та електросилові елементи. Модель дозволяє дослідити поведінку стабілізатора під впливом зовнішньої дії, покращувати його характеристики, швидко виявляти виробничі дефекти, які ведуть до порушення функціонування стабілізатора.

Математичну модель цифрового стабілізатора використано для моделювання в системі реального часу Matlab Simulink. Як показало проведене моделювання, система стабілізації на коріолісових вібраційних гіроскопах малогабаритної платформи забезпечує статичну похибку стабілізації 1 т.д. та динамічну похибку стабілізації 2 т.д. в умовах ударних навантажень до 25 g та вібрації в діапазоні частот до 70 Гц.

УДК 531.383

Ожог М.В., Прокопович О.В., Рижков Л.М.

МАЛОГАБАРИТНИЙ СТАБІЛІЗАТОР НА МЕМС-ГІРОСКОПІ

Існуючі та впроваджені у використання комплекси систем прицілювання вирізняються с поміж аналогів таких систем, які розробляються, своєю дороговизною та габаритами, які обумовлені високими тактико-технічними вимогами до роботи таких систем. Так як з

розвитком елементно-вимірювальної бази та суміжного з цим устаткуванням спектри використання такого обладнання також починають розширяться, актуальним в даний час являється використання нових технологій для реалізації задач розробки та створення систем наведення з меншими масогабаритними характеристиками при збереженні затверджених класів точності та меншими затратами.

Розглянуто вирішення даної задачі, використовуючи вимірювачі на МЕМС - технологіях. Одним із шляхів побудови системи визначення орієнтації є використання датчика кутової швидкості з подальшим інтегруванням його вихідного сигналу для отримання позиційної координати руху об'єкта. Проаналізована доцільність застосування методу комплексування систем, або використання різних алгоритмів обробки сигналів для забезпечення заданої точності.

Отримана математична модель системи, яка побудована у інтерактивному інструменті Matlab – Simulink та працює в реальному масштабі часу.

Результати моделювання показали, що система має точність стабілізації по осях тангажу та рискання не гірше $10_{\text{кут.хв.}}$ на інтервалі часу до 1хв, а час перехідного процесу $t_{\text{III}} \approx 0.01\text{с}$.

Основний напрям використання системи – встановлення на морському судні для стабілізації лінії візування цілі на обмеженому інтервалі часу.

УДК 681.518.3

Олійник Д.Д., Іванова Х.О.

СИСТЕМИ ЕКСТРЕМАЛЬНИХ ВИПРОБУВАНЬ (CRASH-СИСТЕМИ)

У наш час є дуже актуальним питання щодо випробувань різних елементів техніки на стійкість до можливих деформацій, ударів, перевантажень тощо. Одна з основних проблем подібних вимірів полягає у власній спроможності вимірювального каналу протистояти руйнівним факторам. Важливу роль грають такі характеристики, як точність вимірювань та їх швидкодія. Crash-системи створюються на базі акселерометра з додаванням потрібних додаткових датчиків.

Розробляється модульна система, в якій на відміну від аналогів, – повний набір датчиків для збору необхідних даних в одному корпусі – кожен вимірювальний канал є окремою частиною, що знаходиться в окремому корпусі. Кожен модуль з'єднується з іншими за допомогою спеціальних зовнішніх кріплень і їх кількість є довільною. Система дозволяє поєднати будь-які потрібні датчики дуже просто і швидко, а її розділення на

модулі полегшує тестування кожного вимірювального каналу окремо, простішу його заміну, додавання нового, або модифікацію існуючого.

Система, що розробляється може знайти своє практичне застосування, наприклад, у ракетобудуванні – слугувати «міні чорним ящиком» для збереження усіх зібраних даних під час старту, польоту, приземлення, який буде складатися з потрібної кількості модулів, поєднаних між собою.

УДК 681.2.08

Ольховський А.В., Тернюк В.І., Шантир А.С.

ІНФОРМАЦІЙНА-ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ ФІЗІОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ЛЮДИНИ

Моніторинг фізіологічних показників забезпечує якість профілактики та лікування серцево-судинних захворювань, які за даними ВОЗ посідають перше місце серед причин смертності в світі. Це робить розробку і дослідження методів та засобів такого моніторингу актуальним науково-технічним напрямом, який фінансується провідними світовими виробниками (Microsoft, Sony, Samsung, Nike).

Неперервність моніторингу забезпечується використанням вимірювальних приладів перманентно закріплених або імплантованих у тіло людини. До фізіологічних показників, які вимірюються такими приладами на сьогодні є: частота серцевих скорочень; температура поверхні тіла; електричний опір шкіри; швидкість розсіювання тепла з поверхні тіла; фізична активність. Суттєвим недоліком існуючих приладів є низька точність вимірювань механічними датчиками, зокрема 3-х координатними акселерометрами, які застосовуються для оцінювання фізичної активності. У даній роботі запропоновано метод підвищення точності оцінювання фізичної активності шляхом аналізу кореляції вимірювальних сигналів отриманих з 3-х координатного акселерометру та пульсометру з вбудованим датчиком. При цьому застосовано кореляційний аналіз в процедурі отримання оцінки фізичної активності, що дозволяє суттєво знизити невизначеність цього показника.

Практична застосовність моніторів фізичної активності вже підтверджена медичною практикою, проте означені недоліки потребують вирішення. Структурна схема монітору, в якому реалізовано запропонований метод наведена на рисунку 1.

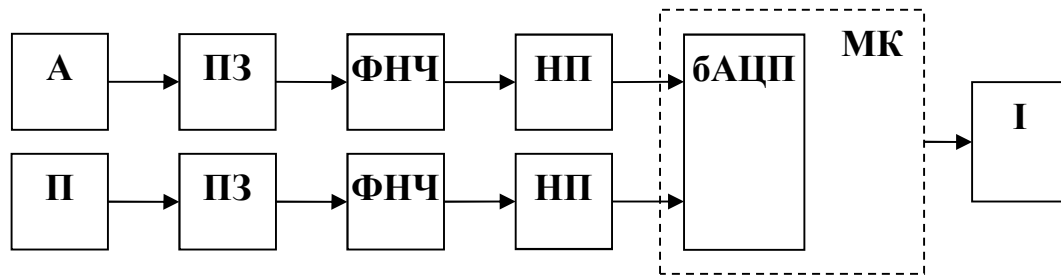


Рис. 1. Структурна схема монітору фізичної активності: А – 3-координатний акселерометр; П – пульсометр (п’єзоелектричний вбудований); ПЗ – підсилювач заряду; ФНЧ – фільтр низьких частот; НП – нормуючий підсилювач; бАЦП – багатоканальний аналого-цифровий перетворювач; МК – мікроконтролер; І – індикатор.

Розроблений метод підвищення точності оцінювання фізичної активності людини, який забезпечує якість моніторингу її фізіологічних показників, з метою вдосконалення профілактики та лікування серцево-судинних захворювань.

УДК: 681.6-64

Охріменко І.В., Зінченко В.П.

АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ АДИТИВНОГО ВИРОБНИЦТВА В АВІАБУДУВАННІ

Останнім часом лазерне плавлення металів набуває все більшої актуальності в авіабудуванні за рахунок більш коротких виробничих циклів, підвищеної економічності і практично необмеженої свободи дизайну, що сприяє активному розвитку технологій адитивного виробництва.

Зроблено аналіз ефективності адитивного виробництва в авіабудуванні на прикладі кронштейнів для Airbus A350 XWB, виготовлених за технологією 3D-друку. Виявлені наступні показники: значна економія ваги; обладнання, необхідне для адитивного виробництва титанових компонентів, значно дешевше устаткування для виробництва за допомогою субтрактивних методів; скорочення виробничого циклу; будь-які помилки в дизайні можуть бути помічені і виправлені на ранніх стадіях виробництва, а коригування дизайну не вимагає дорогого переналаштування виробничих ліній – достатньо лише змінити цифрову модель. При цьому міцність деталей виготовлених технологією адитивного виробництва потребує додаткових випробувань. Однак вже зараз можна сказати, що такі методи як мікрохвильова обробка, дозволяють підвищити міцність і стійкість до втоми до рівнів листових металів.

Аналіз показав, що оскільки чимало аспектів адитивного виробництва не досліджені, технологія лазерного плавлення поки не може конкурувати з литтям економічно при масовому виробництві. Ймовірно, що повністю

друковані авіалайнери протягом найближчих років не з'являться. Але в такій же мірі ймовірно і поступове нарощування використання 3D-друкованих компонентів в авіабудуванні.

УДК 681.18

Підойма В.В.

РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ ВИПРОБУВАНЬ ФЛЕШ-ПАМ'ЯТІ

Флеш-пам'ять зараз дуже поширена в усьому світі. Вона використовується в багатьох приладах і витісняє такі види пам'яті як EEPROM, NVRAM, ROM, RAM. Але в автомобільній промисловості застосування флеш-пам'яті гальмується підвищеними вимогами до умов використання та вартості. На сьогоднішній день активно розробляються мікроконтролери з флеш-пам'яттю, що призначені для автомобільної промисловості. Тому виникла необхідність розробки програмного забезпечення для обробки великої кількості даних, що отримуються при їх випробуваннях.

Під час дослідження і тестування нових типів флеш-пам'яті були розроблені методи оцінки якості та детального аналізу: CMR (common margin read) – для швидкої оцінки якості за сигнатурами, DMR (detail margin read) – для детального дослідження рівня заряду кожної комірки пам'яті, Cell current – для оцінки струму транзистору кожної комірки.

На рисунку 1 наведений приклад вихідних даних – це діаграма, де по осі X знаходяться номери бітових рядків, по осі Y – рівні заряду, по осі Z – кількість комірок.

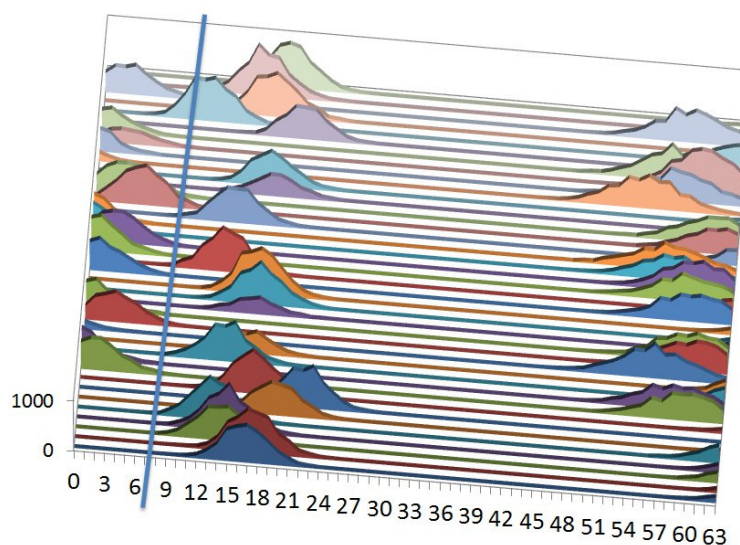


Рис. 1. Просторовий розподіл зарядів комірок пам'яті для кожної бітової лінії

З наведеної діаграми можна зробити висновок про виникнення подвійного розподілу заряду, що і є основною причиною відмов флеш-пам'яті при високих температурах. Також спостерігається зсув не тільки нижнього рівня заряду, а й верхнього, що вказує на проблеми з підсилювачами конкретних рядків.

В результаті розробки отримано ефективний інструмент для аналізу даних DMR-тестів, який дозволяє знайти причину деградації комірок флеш-пам'яті при роботі на високих температурах.

УДК 629.7

Предаченко К.О.

АНАЛІЗ КОМПОНУВАЛЬНИХ СХЕМ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ЗІ СКЛАДЕНИМ КРИЛОМ

Для отримання високих значень аеродинамічної якості та коефіцієнту масової віддачі пропонується нова компоновальна схема зі складеним крилом, що відома в ряді варіацій: *joined wing*, *box wing*, *Prandtl Plane*.

Замкнене крило дозволяє використовувати консолі з меншими хордами, та має менший індуктивний опір внаслідок впливу вертикальної закінцівки, яка об'єднує крила в одне ціле. Завдяки рознесенню крил по вертикалі така схема значно зменшує згинаючий момент в лонжеронах.

Проведений аналіз впливу ряду геометричних параметрів на аеродинамічні характеристики крила для різних варіацій компоновки зі складеним крилом, з використанням панельно-вихрового методу:

- Встановлено що розміщення переднього крила вище заднього збільшує аеродинамічну якість на 6%.
- Показаний приріст аеродинамічної якості на 6% завдяки наявності вертикальної закінцівки, плавно зчленованої з крилами яка зменшує індуктивний опір.
- Знайдено оптимальну комбінацію стріловидностей переднього та заднього крил.
- Встановлений негативний вплив поперечного V на аеродинамічну якість. Потребують детального аналізу малі кути поперечного V , є припущення що це може значно зменшити площу вертикальної закінцівки, що зменшить її вклад в опір тертя, але може збільшити індуктивний опір.
- Виявлена перевага компоновальної схема типу *Box wing* над схемою *Joined wing* без вертикальної закінцівки.

Планується провести аналіз масових характеристик та формування єдиного критерію оцінки, який буде включати як аеродинамічну якість так і відносну масу конструкції.

Отримані результати будуть використані при проектуванні малорозмірного безпілотного літального апарату.

УДК 629.7.015.7

Седневць О.В., Зінченко Д.М.

ВПЛИВ НЕСТАЦІОНАРНОГО ОБТІКАННЯ ЛІТАЛЬНОГО АПАРАТУ З ДВОМА НЕСУЧИМИ ПОВЕРХНЯМИ НА ЙОГО АЕРОДИНАМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Наявна статистика авіаційних катастроф літаків загального призначення показує, що в більшості випадках причиною аварій є контакт з наземними об'єктами. Це пов'язано з тим, що характер пілотування літаків даного типу значно складніший в порівнянні з транспортними чи пасажирськими літаками, а конструкція таких літаків не завжди розрахована на такий характер пілотування.

Із всіх існуючих аеродинамічних компоновок найбільш ефективною для задачі авіа хімічної обробки об'єктів є схема біплан, яка має кращі маневрені характеристики в порівнянні з іншими.

На основі результатів моделювання визначені параметри несучих поверхонь, при яких досягаються найкращі аеродинамічні характеристики системи (сукупності несучих поверхонь) в цілому з урахуванням нестационарності обтікання. Визначена зміна максимальної аеродинамічної якості системи в залежності від відстані між несучими площинами в вертикальній та горизонтальній площинах.

Використання результатів моделювання при проектуванні безпілотного літального апарату для авіа хімічних робіт дає можливість зменшити вплив нестационарного обтікання на систему з декількох несучих поверхонь і відповідно покращити її аеродинамічні характеристики та зменшити аеродинамічні навантаження, що будуть діяти на неї під час польоту.

УДК 681.3

Семіконь Є.В., Зінченко В.П., Сарибога Г.В.

СИСТЕМА ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МІКРОСУПУТНИКА «НТУУ КПІ»

Системи ефективного керування електроенергією є надзвичайно актуальною проблемою у наш час. Використання подібних систем

дозволить суттєво економити електроенергію на автономних об'єктах різноцільового призначення.. Робота присвячена удосконаленню системи керування енергозабезпеченням (СКЕ) мікросупутника «НТУУ КПІ» з подальшим впровадженням створеної системи для будь-яких автономних об'єктів.

Для отримання наукових результатів та в подальшому для створення універсальної моделі СКЕ виконується розробка та відпрацювання алгоритму СКЕ, програмного забезпечення (ПЗ) СКЕ «НТУУ КПІ» та математичної моделі сонячних батарей.

До складу СКЕ «НТУУ КПІ» входять: сонячні батареї, плата РС-104, акумуляторні батареї. Функції СКЕ складаються з трьох задач: ефективний розподіл електроенергії для підсистем мікросупутника, програмне керування накопиченням енергії в акумуляторних батареях, режим економії електроенергії.

Функціонально підсистема працює так:

- сонячні батареї виробляють нестабільну напругу від 6 до 50 В, яка подається на модуль стабілізації та зарядки акумуляторних батарей;
- модуль стабілізує напругу, яка подається на шину РС-104 та для живлення інших споживачів електроенергії.

Розподіл електроенергії виконує підсистема керування, яка для цього використовує модуль дискретного вводу.

Застосування СКЕ мікросупутника «НТУУ КПІ» на базі плати РС-104 з використанням розробленого алгоритму СКЕ та ПЗ дозволить ефективніше розподіляти та зберігати електроенергію отриману від сонячних батарей під час руху мікросупутника на освітлюваній частині орбіти та відповідно розподіляти її при знаходженні на тіньовій, що забезпечить неперервність роботи всіх систем мікросупутника. Відпрацювання даного алгоритму на моделі мікросупутника «НТУУ КПІ» надасть нам можливість отримати необхідні наукові результати для подальшого удосконалення СКЕ.

УДК 629.73

Семідел П.С., Бурнашев В.В.

АЛГОРИТМИ КЕРУВАННЯ АВТОМАТИЧНИМ ПРИЗЕМЛЕННЯМ БЕЗПЛОТНОГО ЛІТАКА НА ШАСІ

Сучасні безпілотні літальні апарати (БПЛА) виробляються багатьма фірмами і широко використовуються у різних галузях. Реалізація повністю автоматичної та автономної посадки безпілотного літака на шасі може бути конкурентною перевагою в порівнянні з іншими зразками БПЛА. Однак реалізація такого режиму польоту БПЛА потребує розробки систем

керування із нетривіальними законами, які здатні забезпечити необхідну точність в умовах значних збурень.

Під час досліджень, проведених в цьому напрямку, вдалося одержати наступні наукові результати.

Отриманий закон формування незбуреної траєкторії вирівнювання безпілотного літака, який дозволяє забезпечити рівність параметрів руху в точці дотику заданим значенням, та враховує параметричні зміни, вітрові збурення, складність траєкторії. В якості критерію для синтезу було обрано найменшу середню вертикальну швидкість на останніх 30% траєкторії. Це дозволило забезпечити малу вертикальну швидкість під час дотику, навіть у випадках дострокової або запізненої посадки літака.

Удосконалена методика аналітичного конструювання законів стабілізації літака на траєкторії посадки. Вона дозволяє отримати ефективні закони управління, реалізовані за обмеженого використання органів керування. Методика заснована на використанні запропонованого додаткового критерію якості, а також розробленого алгоритму пошуку його екстремуму.

Вказаний критерій полягає в мінімізації дисперсії похибки стабілізації кута нахилу траєкторії та максимального відхилення руля висоти. Показано, що цей евристичний критерій підвищує точність стабілізації літака на траєкторії посадки.

Встановлено, що алгоритм автоматизованого пошуку глобального екстремуму евристичного критерію якості на множині параметрів функціоналу Калмана-Летова має покращену надійність й підвищену швидкодію. Цей алгоритм може застосовуватися й для інших задач пошуку екстремуму. Його ефективність підтверджується тестуванням на задачах з відомими розв'язками.

Результати імітаційного моделювання автоматичного приземлення безпілотного літака із неточно відомими параметрами математичної моделі при дії вітру свідчить про працездатність отриманих законів управління й доцільності використання запропонованих методик.

УДК 531.768

Скрипник Д.Р., Володарський Є.Т.

ВИКОРИСТАННЯ MEMS ТЕХНОЛОГІЙ В АКСЕЛЕРОМЕТРАХ

Одними з елементів сенсорної системи, в переважній більшості пристроїв та машин, є акселерометри, які відповідають двом важливим критеріям: стабільна робота при великих навантаженнях, висока точність вимірювання.

Проведений аналіз нового класу акселерометрів – мікромеханічних (ММА), що виготовляються за технологією мікроелектромеханічних систем

(MEMS). Головними перевагами MEMS для акселерометрів є надмала маса (менше грама) та габарити (декілька міліметрів). ММА стійкі до різних температур ($-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ – $+85\text{ }^{\circ}\text{C}$) та до механічних впливів (удари до 10^5g), також мають хороші показники собівартості та енергоспоживання, але менш точні ніж акселерометри, виготовленні за допомогою попередніх технологій.

Розроблений алгоритм підвищення точності вимірювання з врахуванням конструктивних особливостей ММА та зменшення їх впливу на кінцевий результат вимірювання.

Отримані результати дозволяють розширити сферу використання акселерометрів, не очікуючи поки технологія вийде на новий рівень розвитку, та здешевити процес проведення краш-тестів автомобілів.

УДК 681.2.084

Слабухін І.С., Воловик Б.В., Іванов С.В.

МЕХАНІЗМ ПОЯВИ ПОХИБОК ВІД ВЗАЄМОВПЛИВУ ВІБРОПІДВІСІВ ЛАЗЕРНИХ ГІРОСКОПІВ В БЕЗПЛАТФОРМНІЙ ІНЕРЦІАЛЬНІЙ НАВІГАЦІЙНІЙ СИСТЕМІ

Проблемі зменшення зони нечутливості до малих кутових швидкостей в одноосному лазерному гіроскопі (ЛГ), яка викликана синхронізацією фаз зустрічних променів, присвячена значна кількість патентів та публікацій. Втім, зовсім не багато публікацій присвячено комбінуванню трьох ЛГ в один блок чутливих елементів (БЧЕ) і, відповідно, процесам, які виникають при функціонуванні такого блоку. Можна стверджувати, що проблема взаємного впливу ВП ЛГ досліджена не достатнім чином також її вирішення дозволяє підвищити точність блоку чутливих елементів, що є досить актуальним завданням.

Науковою новизною даної роботи є те, що вперше був розглянутий сам механізм появи похибок БНС від взаємовпливу вібропідвісів лазерних гіроскопів.

В даній роботі встановлюється природа виникнення і характер поведінки похибок ЛГ, спричинених впливом коливань ВП лазерних гіроскопів на прикладі авіаційної безплатформної інерціальної навігаційної системи (БНС).

В результаті проведеного дослідження можна зробити висновок, що робота вібропідвісів кожного лазерного гіроскопу має вплив на два інші ортогонально розміщені гіроскопи. Після аналізу цього впливу видно, що вібрації призводять до коливань осей чутливості кожного гіроскопу відносно осей вимірювання блоку чутливих елементів, а амплітуда цих коливань має величину на порядок меншу, ніж амплітуди заданих

вібропідвісами коливань навколо ортогональних осей. Ці відхилення призводять до збільшення результуючої похибки блоку чутливих елементів.

В зв'язку з характером рухів моноблоків, спричинених вібраційними впливами спостерігалася поява похибки викликаної кінчним рухом. Через використання вібропідвісів з різними частотами похибка кінчного руху не зростає в часі, а носить адитивний характер. Також була оцінена величина даної похибки в першому наближенні.

Робота має практичну цінність, оскільки знаючи модель та механізм появи похибок від взаємовпливу вібропідвісів є можливим складення алгоритмів та методів, котрі дозволять зменшити похибки всього БІНС.

УДК 004.054

Соломко Р.С., Самарцев Ю.М.

КОНТРОЛЬНО-ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА АУДИТУ ЕНЕРГЕТИЧНОГО СТАНУ ПІДПРИЄМСТВА

Актуальність контрольно-вимірювальної системи (КВС) полягає в тому, що вона дозволяє в реальному часі відображати стан енергетичних параметрів підприємства і вчасно реагувати на критичні зміни для збереження необхідних характеристик виробничого процесу.

Розроблена КВС з організацією каналів зв'язку між контрольно-вимірювальними засобами підприємства, які забезпечують одночасно надійність та стійкість до аварійних ситуацій. Вимогам надійності в масштабах підприємства відповідає інтерфейс RS-485. Проте розрив провідного зв'язку може привести до неможливості отримати інформацію від всіх контрольно-вимірювальних засобів. Для забезпечення стійкості до аварійних ситуацій, пов'язаних з розривом провідного зв'язку, використовується кільцева структура інтерфейсу з забезпеченням програмно-апаратної маршрутизації пакетів вимірювальної інформації за двома напрямками («Лівий» або «Правий»). Програмна реалізація рішення використовує протоколи TCP та IP стеку TCP/IP.

Система побудована за принципом Master-Slave з розподілом ролей протягом етапу встановлення сеансу зв'язку за протоколом TCP. Для можливості забезпечення бездротового зв'язку КВС має у своєму складі GSM канал для передачі інформації шляхом HTML протоколу.

Розроблена КВС аудиту забезпечує збір даних про енергетичний стан підприємства з формуванням сигналів про критичний стан для оперативного реагування оператора з метою визначення можливої економії витрат енергоресурсів.

УДК 621.317

Судакова С.О., Юдін П.Ю., Шумков Ю.С.

**ВИМІРЮВАЧ ПАРАМЕТРІВ КОМПЛЕКСНОГО ОПОРУ
ЄМНІСНОГО ДАТЧИКА**

Ємнісні датчики рівня знайшли широке застосування в системах регулювання, управління, контролю різними виробничими (технологічними) процесами, наприклад, в нафтопереробній, хімічній, фармацевтичній, харчовій промисловості тощо.

Часто специфіка застосування датчиків така, що вони при вимірах можуть розташовуватися на деякій відстані від вимірювальної апаратури, тобто до них потрібно підключатися за допомогою з'єднувальних кабелів. Відрізки кабелів вносять свої ємності, які є паразитними і можуть впливати на результати вимірювання. Тому виникла необхідність у проектуванні такої схеми, яка була б нечутлива до цих паразитних ємностей.

Використано метод фазочутливого перетворення, який дозволяє розділити уявну і дійсну складові параметрів комплексного опору (ПКО) датчика. Застосовано синхронний детектор (СД) ключового типу. Інформативна постійна складова вихідного сигналу СД виділяється за рахунок його інтегрування (інтегруючий АЦП). При цьому змінна складова (пульсації) має такий період, який ціле число раз потрапляє в інтервал інтегрування АЦП, тому (при точному збігу) заглушується практично нескінченно. Тому не потрібно використовувати фільтр нижніх частот.

Генератор синусоїдальної напруги повинен формувати сигнал з малими нелінійними спотвореннями. Такий генератор побудований на двох інтеграторах за принципом моделювання нелінійного диференціального рівняння 2-го порядку типу Ван-дер-Поля, стійким рішенням якого є синусоїдальні коливання.

Наведено аналіз похибки вимірювання RC-параметрів комплексного опору датчиків з урахуванням ємності з'єднувальних кабелів, амплітудної та фазової похибок вимірювального підсилювача схеми перетворення комплексного опору в напругу із-за ємності кабелів та похибок інших блоків вимірювального каналу. Запропонований метод корекції похибки вимірювання.

Запропонований метод дозволяє підвищити точність вимірювань. Вимірювач RC-параметрів комплексного опору може бути застосований при побудові інформаційно-вимірювальних систем.

УДК 629.7.072

Сумарєв В.Ю., Прохорчук О.В.

ОДНОЧАСНЕ ВИКОРИСТАННЯ ДВОХ ПРИЙМАЧІВ СНС В СИСТЕМІ НАВІГАЦІЇ ТА ОРІЄНТАЦІЇ БПЛА

Розвиток безпілотних літальних апаратів (БПЛА) призводить до зростання вимог до точності та надійності бортового обладнання, зокрема до систем орієнтації та навігації. Найбільш поширеним розв'язком цієї задачі є інтегрування інерціальної навігаційної системи (ІНС) та приймача сигналів супутникової навігаційної системи (СНС) в єдиний комплекс. Однак, використання двох приймачів СНС, рознесених на певну відстань, у складі інтегрованої системи орієнтації та навігації дозволило б отримати переваги над звичайною комплексованою системою.

Об'єктом дослідження є двоантенна система орієнтації та навігації БПЛА, що дозволяє визначати місцезнаходження та курс літального апарату з високою точністю, достовірністю та надійністю в реальному часі та адаптуватися до зміни зовнішніх збурень протягом всього часу їх функціонування.

В роботі розглядаються принципи обробки даних про місцезнаходження рухомого об'єкту, що отримуються від двох віддалених на об'єкті приймачів сигналів СНС, а також визначаються методи «відсіювання» недостовірних вимірювань: по геометричному фактору зменшення точності HDOP, кількості супутників, що використовуються для вирішення невизначеності та порівнянні отриманих в результаті вимірювань відстані між приймачами з заздалегідь відомою величиною цієї відстані. Оскільки відстань L між приймачами нам відома з високої точністю, то її величину, обчислену за отриманими від приймачів координатами, можна порівнювати з еталонною відстанню, відповідно, обравши критерії «відсіву» координат, що отримуються при русі БПЛА, таким чином, щоб розрахована величина L не перевищувала заданих проміжків. Цей принцип актуально застосовувати на БПЛА, оскільки при постійному русі об'єкту зібрати достатню статистику та точно оцінити середнє квадратичне відхилення (СКВ) позиції важко.

Під час виконання роботи було розроблено двоантенну систему орієнтації та навігації, проаналізовано спостережність такої системи та розроблено програмне забезпечення в середовищі MATLAB, яке дозволяє промодельовувати поведінку системи в залежності від зовнішніх збурень.

Результати, отримані в роботі, підтвердили високу точність та надійність розробленої системи орієнтації та навігації, дозволили виділити її переваги та недоліки, а також визначити доцільність її використання в якості бортового обладнання БПЛА.

УДК 681.2**Татарчук О.Д., Самарцев Ю.М.****СИСТЕМА ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ РУХОМИХ ОБ'ЄКТІВ У ПРОСТОРИ**

При випробуванні різноманітних рухомих об'єктів, таких як автомобілі, безпілотні літальні апарати тощо, виникає необхідність реєструвати та обробляти інформацію про їх поточне положення та визначати ступінь пошкодження при їх руйнуванні. При цьому положення, у якому об'єкт зазнав руйнувань, має бути записане у запам'ятовуючий пристрій. Для цього використовують crash-системи, що складаються зі спеціальних інерційних сенсорів та обчислювальних пристроїв, які здатні забезпечити необхідну швидкодію.

Розроблена система, в якій пропонується враховувати інерційність руху об'єкта навколо різних координатних осей, тобто збільшувати чи зменшувати частоту опитування окремих вимірювальних каналів залежно від напрямку та швидкості руху об'єкта. Збільшенням частоти опитування каналів з більшою швидкістю за рахунок каналів з меншою швидкістю зміни положення досягнуто підвищення точності вимірювань.

У якості первинних вимірювальних перетворювачів використовуються магнітометричні сенсори Honeywell HMC5883L, виконані за технологією мікроелектромеханічних (MEMS) систем. Їх перевагами є невеликі розміри та достатньо висока швидкодія, можливість передачі інформації каналами I²C. Програмне забезпечення мікроконтролера для роботи з шиною I²C працює в режимі головного (master) пристрою, сенсори є веденими (slave) пристроями.

Недоліком сенсорів HMC5883L є чутливість до впливу зовнішніх магнітних полів, внаслідок чого виникають спотворення від магнітом'яких (Soft Iron Distortion) та магнітотвердих (Hard Iron Distortion) матеріалів. Для зменшення впливу цих спотворень використовується калібрування магнітометрів, що дозволяє суттєво підвищити точність отриманих результатів вимірювань.

Для збору вимірювальної інформації використовується платформа ST Nucleo F411RE з мікроконтролером STM32F411RET6 на основі ядра ARM Cortex-M4 (тактова частота 100 МГц). Інформація записується на карту пам'яті SD через послідовний інтерфейс SPI.

Розроблена система може бути застосована як для випробувань наземних транспортних засобів чи інших механізмів, так і для випробування літальних апаратів, що дозволить забезпечити автоматизацію експерименту та отримання високоточної вимірювальної інформації.

УДК 629.783.41

Терьохін С.В., Черняк М.Г.

ІНСТРУМЕНТАЛЬНІ ПОХИБКИ ІДЕНТИФІКАЦІЇ КОЕФІЦІЄНТІВ НЕЛІНІЙНОЇ МЕТРОЛОГІЧНОЇ МОДЕЛІ НАВІГАЦІЙНИХ АКСЕЛЕ-РОМЕТРІВ МЕТОДОМ ТЕСТОВИХ ПОВОРІТІВ В ГРАВІТАЦІЙНОМУ ПОЛІ ЗЕМЛІ

Навігаційні маятникові акселерометри (НА) є датчиками первинної інформації практично всіх сучасних інерціальних навігаційних систем (ІНС), а похибки НА суттєво впливають на точність розв'язання задач, що вирішуються в цих системах.

Навігаційний акселерометр вимірює проекцію уявного лінійного прискорення основи на свою вимірювальну вісь (ВВ) і перетворює її у вихідний електричний сигнал на основі своєї метрологічної моделі (ММ). Коефіцієнти ММ НА визначаються в результаті його метрологічних випробувань (калібруванні).

На даному етапі існує велика кількість математичних моделей визначення числових значень коефіцієнтів ММ НА. Проте не вирішеною залишається задача оцінки точності їх ідентифікації, на яку суттєво впливає точність обладнання, яке використовується при калібруванні.

Для оцінки точності ідентифікації коефіцієнтів ММ НА необхідно отримати математичну модель інструментальних похибок ідентифікації коефіцієнтів ММ НА.

При ідентифікації коефіцієнтів ММ НА методом тестових поворотів в гравітаційному полі Землі, джерелами виникнення інструментальних похибок їх визначення є похибки початкового горизонтування платформи з НА, випадкова похибка задавання тестового положення НА відносно площини горизонту (ПГ) та випадкова похибка вимірювання вихідного сигналу НА. Наявність вищезазначених похибок призведе до виникнення різниці між фактичним значенням вихідного сигналу НА та його ідеальним значенням (якщо вищезазначені похибки відсутні).

Для знаходження математичної моделі ідентифікації коефіцієнтів ММ НА необхідно знайти залежність різниці між вихідними сигналів НА в фактичному і ідеальному випадках від вищенаведених похибок стендового обладнання (похибок позиціонування НА відносно ПГ та похибок вимірювання вихідних сигналів НА). Після цього, необхідно підставити дані вирази в формули для розрахунку числових значень коефіцієнтів ММ НА. Отримані рівняння і будуть шуканою математичною моделлю інструментальних похибок ідентифікації коефіцієнтів ММ НА.

Якщо в завданні на калібрування задаються вимоги до точності ідентифікації коефіцієнтів ММ НА, то, на основі отриманої математичної моделі, можна визначити вимоги до точності стендового обладнання.

УДК 62-1/-9

Титенко М.О., Зінченко В.П.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАСОБІВ ТА МЕТОДІВ ЗДОБУВАННЯ ДАНИХ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ МАСОВО-ІНЕРЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЛІТАКА

Щорічно провідні літакобудівні компанії займаються виготовленням літаків та проектуванням їх нових моделей. Розробка нової моделі літака є доволі тривалим процесом – потрібно пройти повний цикл проектування літака. При цьому правильність та швидкість визначення його оптимальних масово-інерційних характеристик є однією з основних задач. На даний момент існує декілька методів вимірювання комплексу оптимальних масово-інерційних характеристик літаків, в тому числі САD-систем, які доволі часто видають результати своєї роботи у вигляді, важкому для сприйняття.

Проводиться детальний аналіз масово-інерційних характеристик літаків та методів їх вимірювань (як окремих характеристик, так і їх комплексу) за допомогою автоматизованих САD-систем; виявлені оптимальні характеристики та методи і засоби, за допомогою яких характеристики вимірюються оптимально.

За результатами аналізу будуть визначені оптимальний метод або САD-система, що призначені для вимірювання оптимальних масово-інерційних характеристик літаків.

Результати роботи можуть бути використані як при проектуванні літаків вітчизняними літакобудівними компаніями, так і в навчальному процесі.

УДК 681.3.31

Ткаченко А.В., Яременко Т.В.

СИСТЕМИ ОБЛІКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ В АЛЬТЕРНАТИВНІЙ ЕНЕРГЕТИЦІ

В умовах зростаючої залежності України від енергетичних поставок та постійного підвищення цін на енергоносії, енергоємна національна економіка, зазнає значних втрат, що призводить до зниження рівня виробництва та гальмування соціально-економічного розвитку. Широкомасштабне впровадження альтернативних джерел енергії в Україні дозволить зробити суттєвий крок у зменшенні енергетичної залежності країни, охороні довкілля та створенні умов для входження країни до європейської спільноти.

В умовах відсутності вітчизняних аналогів та високої ціни на закордонні розробляється система обліку електроенергії з урахуванням

альтернативних джерел на основі двонаправлених інтелектуальних лічильників електроенергії, які ведуть облік електроенергії, взятої з мережі, з урахуванням електроенергії, що віддається в мережу – якщо є надлишок, то він віддається в мережу, якщо енергії не вистачає, то вона береться з мережі. Фактично споживач живиться за рахунок власної енергії (альтернативного джерела). Особливістю даної системи є і те, що вона може функціонувати за умови відсутності струму мережі.

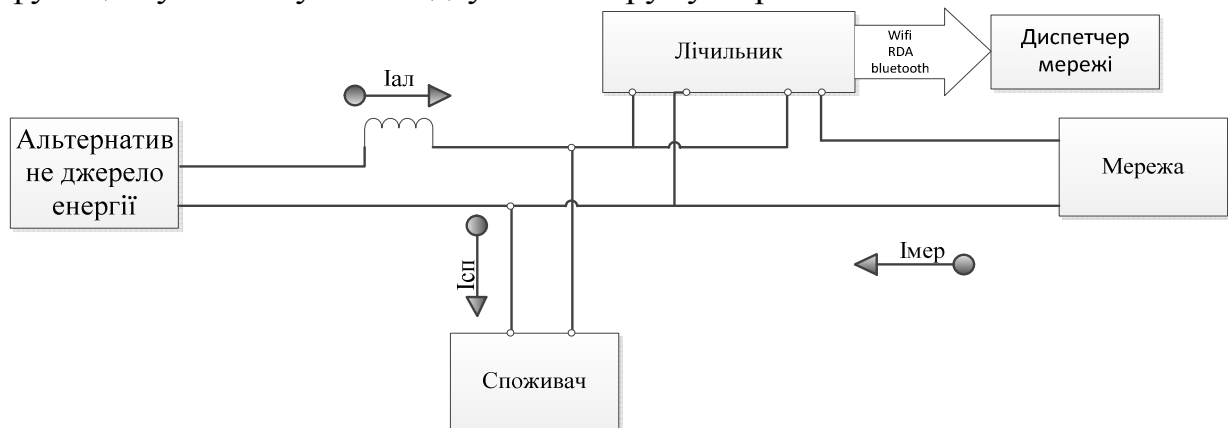


Рис. 1 Структурна схема системи обліку електроенергії

На рисунку 1 зображено: $I_{ал}$ – струм альтернативного джерела, $I_{мер}$ – струм мережі, $I_{сп}$ – струм споживача.

В розроблюваній системі обліку за результатами аналізу елементної бази та алгоритмів вимірювань буде використана мікросхема ADE7953 – її перевагами є наявність трьох АЦП, що значно підвищить швидкодію.

Запропонована система може бути використана для ведення обліку енергії та для забезпечення віддаленого контролю.

УДК 681.18

Третініченко О.В.

ОРГАНІЗАЦІЯ МЕРЕЖ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ЛІЧИЛЬНИКІВ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

В умовах суцільної економії енергоресурсів надуває актуальності використання інтелектуальних датчиків – лічильників нового покоління з автоматичним (без участі людини) зчитуванням показань в реальному часі, розрахунком вартості енергії та використанням безпроводних технологій для відправлення даних.

Розроблена інформаційно-вимірювальна система (ІВС) для збору даних інтелектуальних лічильників з можливістю керування їх роботою за допомогою мобільного додатку або через браузер. ІВС базується на

спеціалізованих малоресурсних (потребують всього 10 кБ оперативної пам'яті та 100 кБ пам'яті кодів) Інтернет-протоколах: CoAP (Constrained Application Protocol) і MQTT (Message Queue Telemetry Transport). Вони дозволяють відсилати пакети, менші за розміром ніж пакети протоколу HTTP, простіше генеруються та потребують менше оперативної пам'яті. Відсутність підтримки ресурсоємного транспортного протоколу TCP (а CoAP працює через UDP) дозволяє реалізувати повні IP-мережі для малорозрядних мікроконтролерів, а також повну клієнт-серверну модель віддаленого керування процесом надсилання повідомлень в таких мережах.

Для реалізації у середовищах Java та Android протоколів CoAP та MQTT було використано фрейм-ворки типу nCoAP і JcoAP, що є у вільному доступі (за ліцензією Apache 2.0).

Запропонована організація мереж має суттєві переваги для систем із обмеженими апаратними ресурсами. Розроблена ІВС має низьку собівартість.

УДК 681.3

Третяк О.О., Самарцев Ю.М.

ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ПАРАМЕТРАМИ МІКРОКЛІМАТУ ТЕПЛИЧНОГО ГОСПОДАРСТВА

Відновлювальні середовища використовуються для забезпечення якісних екологічних умов життєдіяльності, зокрема у виробництві продуктів рослинництва. Відомо, що сприятливі умови та параметри відновлювального середовища різні для окремих видів продуктів рослинного походження, крім того вони змінюються впродовж часу розвитку рослин. Тому витрати, необхідні для забезпечення найбільш сприятливих умов вирощування, можуть бути оптимізовані застосуванням інформаційно-вимірювальної моделі середовища, яка зберігає параметри середовища для кожного виду і кожного періоду росту, і дає можливість коригувати умови виробництва в межах допустимих норм для забезпечення заданих технічних параметрів продукції та максимальної врожайності.

Створено інформаційну модель відновлювального середовища, яка дозволяє динамічно регулювати параметри мікроклімату в залежності від потреб рослин в різні періоди їх росту та незалежно від природних умов. Інформаційна модель виділяє коло параметрів, які найбільшим чином впливають на врожайність рослин та забезпечення їх продуктивних або споживчих характеристик, що дозволяє раціонально використовувати енергоресурси завдяки динамічній зміні параметрів.

Розробку можна використовувати в тепличному господарстві для вирощування різних видів рослин в цілому комплексі теплиць або в окремо взятих об'єктах, оскільки дана система має незалежну інформаційну модель,

яка дозволяє контролювати процес вирощування цілого комплексу рослин. Також систему можна використовувати в навчальній програмі за необхідністю.

УДК 531.383

Трунов В.Ю., Гавриленко В.В., Бондаренко Н.В. ВИПАДКОВІ ПОХИБКИ ВИХІДНОГО СИГНАЛУ МІКРОМЕХАНІЧНОГО ГІРОСКОПА

У роботі аналізується шумова складова нульового сигналу ММГ, яка в значній мірі визначає граничні можливості чутливого елемента. При цьому систематичні складові не аналізуються як такі, аналіз, калібровка та компенсація яких добре відомі. Модель нульового сигналу звичайно їх враховує.

Мікромеханічні гіроскопи (ММГ) відносяться до області низьких точностей. Одними з найбільш суттєвих є випадкові похибки ММГ, викликані наявністю в вихідному сигналі шумів великого рівня та низькочастотних гармонік.

На основі експериментальних досліджень виявлено характер випадкових складових вихідного сигналу ММГ типу ADXRS401. Встановлена наявність низькочастотних випадкових гармонік, параметри яких (частота, амплітуда) змінюються в процесі роботи та від пуску до пуску, та визначають чутливість ММГ як вимірювача кутових швидкостей. Так, низько частотні випадкові гармоніки нульового сигналу визначають точність ММГ, але через їх переважаючу та велику амплітуду, вони впливають і на чутливість сенсора.

Використання ММГ як сенсора систем орієнтації та навігації пов'язане з застосуванням алгоритмів інтегрування вихідного сигналу, що при наявності в ньому «білого» шуму приводить до наростання в часі дисперсії (Йдеться про дисперсію проінтегрованого сигналу). Виявлена закономірність зміни похибки вимірювання кута повороту ММГ та запропонована її модель, зручна для ідентифікації її параметрів та наступної компенсації.

УДК 629.73

Хабібулін Р.Р., Бурнашев В.В.

**СИНТЕЗ РЕГУЛЯТОРА ДЛЯ КЕРУВАННЯ АВТОМАТИЧНИМ
ЗАХОДОМ НА ПОСАДКУ БЕЗПІЛОТНОГО ЛІТАЛЬНОГО
АПАРАТУ**

Вимоги до точності керування безпілотним літальним апаратом (БПЛА) на етапі заходу на посадку більш жорсткі, ніж на інших етапах. Посадка БПЛА літакового типу малих розмірів класичним способом є аварійно-небезпечною навіть при дії невеликих вітрових збурень. Однією з необхідних умов здійснення успішної посадки є забезпечення виконання вимог до параметрів руху в точці початку приземлення. Її виконання залежить від якості керування на етапі заходу на посадку.

Удосконалені алгоритми автоматичного керування заходом на посадку безпілотного літака та визначені допустимі діапазони вітрових, інформаційних та параметричних збурень, при яких можливо забезпечити необхідну точність керування на даному етапі польоту.

Розроблений спеціальний алгоритм для визначення рівнів гранично допустимих збурень. В якості критерію для віднесення збурення до допустимого використовувався факт не перевищення суми математичного очікування та трьох середньоквадратичних відхилень похибок стабілізації висоти, вертикальної та горизонтальної швидкостей, кута атаки, а також поздовжньої координати їх допустимих значень.

В результаті застосування розробленого алгоритму визначені гранично допустимі рівні збурень при використанні лінійно-квадратичного, стохастично-оптимального, H_2 -оптимального та H_∞ -субоптимального регуляторів. За умови не перевищення похибки оцінки середньої швидкості вітру в районі аеродрому 2 м/с, найкращим виявився стохастично-оптимальний регулятор. Використовуючи його, захід на посадку можливий при дії вітру зі швидкістю 8 м/с.

Розрахунки були виконані за умови максимальної вертикальної швидкості дотику 1,3 м/с в місце на злітно-посадковій смузі, що не віддалене від запланованого більше, ніж на 25 метрів. Результати підтверджуються серіями імітаційних моделювань.

УДК 629.7.025.58

Хомінич О.О.

ПИТАННЯ АЕРОДИНАМІЧНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ЛІТАЛЬНОГО АПАРАТУ ЗАМКНЕНОЇ ПРОСТОРОВОЇ СХЕМИ З УРАХУВАННЯМ КРИТЕРІЇВ ТРАНСПОРТНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

Робота присвячена дослідженню аеродинаміки різних компоновок літальних апаратів (ЛА) із замкненою просторовою схемою.

За допомогою панельно-вихрового методу симетричних особливостей (PANSIM) виконано розрахунок і оцінка компоновок ЛА замкненої просторової схеми з різними типами сполучення несучих поверхонь.

Актуальність роботи визначається в знаходженні раціональних компоновальних рішень конструкції ЛА із замкненою просторовою схемою, що забезпечують задовільні співвідношення характеристик аеродинаміки, міцності і керованості, що дозволять забезпечити виконання цільової функції ЛА з більшою ефективністю в порівнянні з ЛА класичної схеми.

Наукова новизна досліджень визначена необхідністю дослідження способів сполучення несучих поверхонь ЛА замкненої просторової схеми та визначення впливу основних параметрів компонування на характеристики аеродинаміки та потребою у вдосконаленні науково-методичного апарату, що дозволяє виконати аеродинамічне проектування нових компоновок ЛА із замкненою просторовою системою крил.

Результати статті мають значну практичну цінність та можуть бути використані в процесі розробки перспективної авіаційної техніки.

Для кожної компоновки ЛА замкненої просторової схеми був визначений вплив відносної координати та кута V-подібності переднього крила на транспортну ефективність ЛА та на максимальне значення аеродинамічної якості.

В ході проведення розрахункових досліджень можна зробити наступні висновки:

1. Визначено вплив способів сполучення несучих поверхонь ЛА замкненої просторової схеми на транспортну ефективність та знайдено раціональне компоновальне рішення конструкції ЛА даної схеми.

2. Отримано значення параметрів транспортної ефективності, та аеродинамічної якості ЛА замкненої просторової схеми, які наочно демонструють переваги компоновки ЛА із заднім прямим крилом в порівнянні з іншими компоновками на всьому проміжку відстаней між переднім і заднім крилом ЛА.

3. Отримано значення максимальних параметрів транспортної ефективності та аеродинамічної якості ЛА замкненої просторової схеми, які демонструють переваги даної компоновки при максимальній відстані між переднім та заднім крилом ЛА (крила паралельні).

УДК 681.3

Чапалюк Б.В., Добролюбова М.В.

РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ І ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ ВІДСТАНІ ТА ОБРОБКИ ЗОБРАЖЕННЯ

Створення штучних систем розпізнавання образів та розрахунку відстані залишається складною теоретичною й технічною проблемою. Необхідність у такому розрахунку виникає в самих різних областях: від військової справи й систем безпеки до оцифровування різних аналогових сигналів.

Здійснена розробка алгоритму та програмного забезпечення (ПЗ) для розрахунку відстані до об'єкту, а також для обробки зображень, що отримуються з камери. Для виділення та знаходження контурів необхідного об'єкту на зображенні, проводиться бінаризація по порозу з подвійним обмеженням за діапазоном, що може бути попередньо визначений за допомогою калібрувальної частини розробленої програми. Після цього здійснюється пошук контурів об'єкту оператором Собеля. Для знаходження геометричних характеристик виділеного зображення використовуються моменти зображення, що розраховуються за формулою:

$$m_{ji} = \sum_{x,y} (array(x,y) \cdot x^j \cdot y^i),$$

де $array(x,y)$ – 2D масив растрового зображення, x,y – кількість пікселів, j – порядок x , i – порядок y , де порядок означає, так звану, потужність, на якій відповідний компонент узятий в сумі з іншими відображеннями.

Для знаходження відстані від камери, до центру розпізнаного об'єкту використовується формула:

$$d = \frac{fh_r h_i}{h_0 h_s},$$

де f – фокусна відстань, мм; h_r – реальний розмір об'єкта, мм; h_i – висота зображення в пікселях; h_0 – висота предмета на зображенні, px; h_s – висота датчика, мм;

Слід зазначити, що дана формула буде точно відображати відстань тільки в ідеальному випадку, коли камера буде розміщуватися строго горизонтально відносно об'єкта, відстань до якого необхідно розрахувати.

Розроблена програма, за допомогою якої можна відслідковувати переміщення об'єкту певного кольору та визначати відстань до нього. Ведуться: дослідження по збільшенню точності вимірювання відстані до об'єкту; розробка алгоритму, що дозволить точно визначати цю відстань не залежно від розташування камери відносно об'єкту.

УДК 629.7.025.73

Чебоха Д.С., Зінченко Д.Н.

ВІТРОГЕНЕРАТОР З ВЕРТИКАЛЬНОЮ ВІССЮ

На сьогодні стрімкий розвиток енергетики вітру викликаний технічною простотою агрегатів генераторів, збільшеним ККД генераторів електричного струму. Проте вітрогенератори класичної схеми повітряного гвинта мають відчутні обмеження за швидкістю вітру – це робить неможливим добич енергії в умовах її максимальної концентрації.

Для вирішення цієї проблеми в пропонується проект генератора, що створюється кількома вертикальними криловими елементами. При цьому обмеження в швидкості вітру практично не існує, а форма крила та тип профілю дозволить використовувати для вирішення поставленої задачі агрегати вже існуючих легких літаків.

Для вирішення поставленої задачі в дипломній роботі розроблена математична модель аналізу впливу геометричних параметрів профілю на ефективність вітрогенератору.

За результатами аналізу матеріалів розрахунків аеродинамічних характеристик існуючих крилових профілів, виконаного в роботі, розглянуто та запропоновано застосування нерухомої механізації лопаті генератора у вигляді передкрилка, зроблена оцінка доцільності застосування варіанту компоновки як із однією віссю обертання, так і з декількома.

Отримано основні геометричні параметри генератору вихрив, що базується на типовій споживчій потужності – 2 кВт та робочій швидкості повітря 10 м/с.

УДК 681.3.01

Чекановський О.В.

ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА ГУСТИНИ АВІАЦІЙНОГО ПАЛИВА, ЯКА БАЗУЄТЬСЯ НА ВІБРОЧАСТОТНИХ ДАТЧИКАХ

Інформаційно-вимірювальна система (ІВС) авіаційного палива є необхідною для вимірювання густини палива безпосередньо в паливному резервуарі, де воно може контактувати з різними домішками та змінювати густину під дією низьких температур, під час польоту.

Розроблена система вимірювання густини авіаційного палива з допомогою вібраційних датчиків, що дозволяють визначити вимірювальні параметри середовища з високою точністю, методи паралельного вимірювання густини та температури, виведення скоригованих даних на відповідно виміряну температуру.

ІВС густини авіаційного палива має ряд переваг: запобігає похибкам, які притаманні іншим аналогам (ультразвуковим, ізотопним та динамометричним вимірювачам густини), а саме: вона виключає похибки вимірювання, які виникають при утворенні бульбашок повітря в пальному; безпосередньо перетворює вимірюваний параметр (густина) в частотно-модульований сигнал без використання проміжних перетворювачів, що забезпечує високу точність вимірювання, оскільки відтворення еталона частоти є одним з найточніших ($5 \cdot 10^{-12} \%$).

Розроблена система визначить густина пального під час польоту та передасть на бортовий комп'ютер виміряні дані, що в свою чергу буде використано для перерахунку розходу пального. Також дана система може використовуватись на виробництві, де необхідно визначати густина рідини (пального або рідин з густиною 680-1200 (кг/м³)) в закритих резервуарах.

УДК 621.317

Чернюк А.А.

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА МЕТОДІВ РОЗШИРЕННЯ РОБОЧОГО ДІАПАЗОНУ МІКРОМЕХАНІЧНИХ ДАТЧИКІВ КУТОВОЇ ШВИДКОСТІ

Досягнутий в мікромеханічних інерціальних датчиках рівень тактико-технічних характеристик відкрив шляхи впровадження останніх в ті області техніки, де раніше (з економічних міркувань та технічних параметрів) їх застосування було неприйнятним. Однак робочий діапазон і деякі параметри таких датчиків не в повній мірі відповідають потребам сучасної техніки, тому в роботі розв'язано наступні актуальні питання:

– Досліджений процес управління коливаннями кільцевого резонатора і виділення корисного сигналу кутової швидкості; встановлено, що діапазон вимірювання обернено пропорційний амплітуді основного коливального контуру.

– Запропонована математична модель вихідного сигналу перетворювача кутової швидкості, враховуючи дії прискорення і випадкових складових.

– Розроблені нові методики вимірювання основних параметрів датчиків кутової швидкості, які дають можливість за один цикл випробувань в автоматичному режимі визначити статичну характеристику, частотний діапазон і стабільність ДКШ.

– Досліджена залежність вихідного сигналу ДКШ від прискорення, діючих вздовж і перпендикулярно вимірювальної осі. Встановлено, що залежність має лінійний характер.

Запропонований новий спосіб настройки схеми обробки сигналу мікромеханічного резонатора, який забезпечує можливість регулювання

діапазону вимірювання в межах двох порядків, а також полоси пропускання ДКШ в межах одного порядку. Спосіб полягає у взаємному регулюванні амплітуди коливання основного коливального контуру.

УДК 004.451.9

Чернявський А.Л.

РОЗРОБКА СИСТЕМИ ЗБОРУ ДАНИХ НА ОСНОВІ ОПЕРАЦІЙНОЇ СИСТЕМ РЕАЛЬНОГО ЧАСУ FREERTOS

Використання операційних систем реального часу (ОСРЧ) в системах збору даних обумовлено необхідністю швидкої реакції і невеликого часу виконання задач (отримання вимірювальної інформації без затримок, які можуть спричинити втрату актуальності отриманих даних), зростанням вимог до надійності систем, підвищенням їх складності, необхідності виконання багатьох задач в одній системі і, як наслідок, збільшення ймовірності виникнення збоїв при написанні ПО системи на «голому» залізі.

Далеко не кожна ОСРЧ є оптимальною для розробки систем збору даних. Так, наприклад, мікроядерна ОС QNX і її прямиї конкуренти VxWorks включають в себе широкий функціонал, але дорого коштують. Ядро Real-Time Linux є надто громіздким і змушує використовувати невиправдано значні апаратні ресурси. Використання операційної системи FreeRTOS дозволяє спростити розробку, підтримку і модернізацію систем збору даних завдяки безкоштовності, відкритості програмного коду (і, як наслідок, можливості переносу систем на різні апаратні архітектури), простоті інтерфейсу програмування (API) і невеликому розміру ОС.

Запропоновано типові структурні рішення та розроблено апаратно-програмне забезпечення мікроконтролерної багатозадачної системи збору даних. Для роботи системи використано мікроконтролер Texas Instruments Im3s9b95, до якого через шину I2C мікроконтролера підключено датчики. Мікроконтролер є головним (master) пристроєм, датчики – підлеглими (slave). Інтерфейс SPI використовується для запису даних на накопичувач microSD. Внутрішній контролер Ethernet забезпечує доступ до мережі Інтернет, отримання параметрів мережі здійснюється через протокол DHCP.

Дії, які виконує система, розподілено на 3 логічні задачі з різними пріоритетами: отримання інформації з датчиків через визначені інтервали часу (найвищий пріоритет, основна задача), запис інформації на карту microSD (найнижчий пріоритет, який обумовлений відсутністю необхідності запису вимірювальної інформації з великою частотою), забезпечення роботи вебсерверу HTTPD для онлайн-доступу до вимірювальної інформації (середній пріоритет). ОС керує послідовністю виконання кожної задачі враховуючи задані пріоритети й поточний стан

кожної з задач (blocked, ready, running) і в потрібний час переключає контекст на іншу задачу. Для синхронізованої і захищеної від помилок проектування міжпроцесної взаємодії використовуються низькорівневі примітиви, які надає операційна система, а саме mutex, semaphores, queues.

Загалом, використання розроблених апаратно-програмних рішень дозволило значно зменшити вартість як обладнання, так і програмного забезпечення систем збору експериментальних даних: розмір операційної системи в оперативній пам'яті не перевищує 10-20 Кб.

УДК 681.3.06

Чернях Б.Г.

ПОБУДОВА ІНТЕРФЕЙСУ СИСТЕМ ВИМІРЮВАННЯ ТА КОНТРОЛЮ НА БАЗІ ТЕХНОЛОГІЇ WEB-SOCKET

У багатьох задачах вимірювання та контролю виникає проблема побудови інтерфейсу для відображення отриманих даних у вигляді, придатному для сприйняття людиною. Побудова вузькоспеціалізованих апаратних пристроїв на спеціальній елементній базі часто є економічно недоцільною, тому набули поширення інтерфейси користувача у вигляді програмного забезпечення для персональних комп'ютерів. Такий підхід вирішує завдання масштабування, ремонту та вивчення базової взаємодії користувача з інтерфейсом.

З розвитком Web-технологій та зменшенням вартості побудови каналів передачі інформації актуальними стали інтерфейси керування, розроблені у вигляді Web-додатків. Однією з таких технологій є WebOPi, яка дозволяє використовувати OPi-файли інтерфейсів в Web-браузері практично без внесення будь-яких модифікацій. OPi-файли створюються утилітою Control System Studio, яка має відкритий програмний код та поширюється за ліцензією Eclipse Public License v1.0. Але WebOPi має досить суттєві обмеження в швидкодії та ефективності використання ресурсів. Так, наприклад, вся логіка роботи інтерфейсу виконується на сервері. Дані необхідно передавати у вигляді громіздких HTTP пакетів, в яких передаються не самі дані, а об'єкти інтерфейсу. Ці особливості обмежують використання WebOPi в проектах з високою швидкістю. Вирішити проблему швидкодії дозволяє технологія WebSocket, що забезпечує двосторонній повнодуплексний зв'язок Web-сервера та Web-браузера. WebSocket був стандартизований комітетом W3C та описаний в RFC 6455.

На основі технології WebSocket розроблено програмне забезпечення для ефективних інтерфейсів систем вимірювань, досліджень та контролю. Протокол визначає та забезпечує процедуру з'єднання, процеси кодування, декодування та буферизації даних. Дані передаються у вигляді змінних

стану в бінарному форматі, а керуючі команди – в форматі JSON. Серверна частина побудована на базі технології WebSocket Java API, яка підтримується поширеними серверами GlassFish 4 та Tomcat 8.

На основі розробленого програмного забезпечення реалізовано інтерфейс для мережевої мікроконтролерної системи вимірювань кутової швидкості, що базується на основі Java-технологій. Це забезпечило незалежність програмних рішень від архітектури конкретних апаратних платформ.

УДК 681.3.06

Чмихун Є.М.

РЕАЛІЗАЦІЯ СТАНДАРТУ IEEE-1451 НА ОСНОВІ МІКРОКОНТРОЛЕРА ADUC847

Високі темпи розвитку мікроелектроніки призводять до безперервного зниження вартості мікропроцесорних елементів і стрімкого зростання їх функціональних можливостей. Це дозволяє використовувати їх в усе менших за розмірами приладах. Саме ці причини сприяють активному розвитку технологій інтелектуальних датчиків. Стандарт інтелектуальних датчиків IEEE-1451 визначає можливість «plug-and-play» конфігурації для модулів датчика, яка досягається через «електронні специфікації» («electronic data sheet»). Головна задача стандарту – це забезпечення промислового стандартного інтерфейсу для ефективного з'єднання датчиків з мікроконтролерами та мікроконтролерів з мережами.

На основі мікроконтролера ADuC847 розроблено апаратно-програмну реалізацію стандарту IEEE-1451. Вона розділена на п'ять основних частин: блок управління STIM і даних каналу; інтерфейс датчика STIM (Smart Transducer Interface Module – модуль інтелектуального датчика); блок підтримки інтерфейсу TI; блок TEDS (Transducer Electronic Data Sheet – специфікація, записана в електронному форматі, яка описує STIM і датчики, пов'язані з ним); блок адресації і функцій. Особливості використання ADuC847 як платформи для реалізації STIM, що відповідає стандарту IEEE 1451, наведено на рисунку 1.



Рис.1. Реалізація стандарту IEEE 1451 на архітектурі ADuC847

STIM управляється з пам'яті програм FLASH/EE, дані кожного каналу датчика, регістри стану і управління зберігаються в ОЗУ весь час функціонування STIM. Інтерфейс датчика відображений на ЦАП, АЦП і лінії введення/виводу. ТІІ відповідає SPI-порту. TEDS відображено в 4 Кб FLASH/EE пам'яті даних. Блок адресації і функцій розміщено в FLASH/EE пам'яті програм.

Програмно-апаратна реалізація стандарту IEEE1451 на базі мікроконтролерів сімейства мікроконвертерів ADuC847 дозволила отримати продуктивні та дешеві інтелектуальні датчики на їх основі.

УДК 681.3

Шнира А.В., Добролюбова М.В.

РОЗРОБКА ПІДСИСТЕМИ ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ В РАМКАХ СИСТЕМ МОНІТОРИНГУ 3D-ПРИНТЕРІВ

Технології 3D-друку надають широкі можливості друкувати моделі та прототипи для різноманітних задач. Найбільш розповсюдженими є 3D-принтери на основі FDM технології друку для побудови прототипів і кінцевих виробів пошарово з термопластику інженерного класу.

У лабораторному 3D-принтері (конструкції RepRap) вже використовуються 2 датчики температури, за допомогою яких можна встановлювати необхідну температуру на екструдері та робочій поверхні. В Repeater Host (ретранслятор хоста) зміни температурних показань робочої поверхні і екструдера протягом останніх 60 хвилин можна чітко відслідкувати за допомогою графіків. Під час досліджень впливу температурних показників на концептуальну модель, що друкується 3D-принтером виявлено наступні дефекти нагрівання: на екструдері та на робочій поверхні температура постійно змінюється від більшого до меншого значення, що свідчить про нерівномірність нагрівання; модель в

процесі друку може охолоджуватися в різних частинах по-різному, що призводить до її деформації.

Для забезпечення максимально можливої якості друку, необхідно відкалібрувати усі підсистеми принтеру, а саме: температуру екструдера та температуру робочої поверхні.

На основі проведеного огляду аналогічних технічних рішень вибрано найбільш вдалий для створення підсистеми вимірювання температури метод конструкторської реалізації, що заснований на використанні напівпровідникових цифрових датчик DS18B20 для вимірювання температури.

Розроблена підсистема забезпечує підвищення достовірності результатів вимірювання температури робочої поверхні 3D-принтера за рахунок проведення вимірювань в декількох точках, на відміну від аналогів, де вимірювання температури проводяться в одній точці, та дозволяє врахувати нерівномірність нагрівання для забезпечення максимально можливої якості друку.

УДК 681.3

Шорохова А.Є., Шурпач С.А.

СИСТЕМНО-ОРІЄНТОВАНИЙ КАЛІБРАТОР ІНФРАЧЕРВОНОГО ВИМІРЮВАННЯ

У технічних задачах переважно застосовують вимірювання за допомогою безконтактних методів, оскільки при вимірюванні контактними методами відбувається спотворення дійсного значення температури об'єкта. Це підтверджує актуальність використання безконтактних методів і засобів виміру температури джерела. В наслідок цього, в області інфрачервоної спектроскопії виникає необхідність калібрування вимірювального каналу температури.

Розглянуто системно-орієнтований калібратор інфрачервоного випромінювання, призначений для калібрування вимірювачів інфрачервоного випромінювання в певному діапазоні з максимальною точністю, для забезпечення точного виміру температури джерела, в якому у якості нагрівального елемента використовуються паралельно підключені один до одного вольфрамові нитки. Кожен нагрівальний елемент має окремий температурний канал. Це необхідно для створення певного конфігураційного поля.

В основу калібратора покладено порівняння електричної потужності, що виникає на нагрівальному елементі і температурної потужності.

Температурна потужність розраховується ґрунтуючись на залежності Стефана-Больцмана: потужність випромінювання абсолютно чорного тіла пропорційна четвертій мірі його абсолютної температури T .

Електрична потужність розраховується як потужність постійного струму. Оскільки значення сили струму і напруги постійні та дорівнюють миттєвим значенням у будь-який момент часу. Якщо ж значення потужностей не рівні, необхідно змінити напругу, що подається, на нагрівальному елементі, для отримання потужності рівної температурної потужності.

Розроблена система калібрування може бути впроваджена у будь-яку вимірювальну систему, що відповідає необхідним параметрам. Вона зручна тим, що є компактною і нестационарною, що дозволяє її використовувати на виїзних місцях проведення досліджень.

УДК 629.7.022

Ягмурлу Д., Зинченко Д.Н.

АЭРОДИНАМИЧЕСКАЯ КОМПОНОВКА БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА КОРОТКОГО ВЗЛЕТА И ПОСАДКИ

Вопрос увеличения эксплуатационных возможностей БПЛА в современной практике самолетостроения является одним из приоритетных, т.к. часто специфика применения таких комплексов исключает стационарное аэродромное базирование, и старт БПЛА должен быть осуществлен с места, которое определяется не условиями оптимальности, а оперативной необходимостью. Одним из способов решения проблемы обеспечения короткого взлета и посадки БПЛА является оптимизация его аэродинамической компоновки и массово-габаритных параметров. Особенный интерес представляют аэродинамические компоновки крыльев малого удлинения, способные сформировать пространственное безотрывное обтекание несущей поверхности с большими перепадами давления без использования механизации крыла и других дополнительных усложнений конструкции.

Предложено решение, которое в полной мере учитывает особенности обтекания несущей поверхности вязким потоком воздуха с большими перепадами давления на нижней и верхней поверхности крыла БПЛА, наличие и использование отрывных вихревых течений воздуха для улучшения несущих свойств. Широкая инвариантность этого решения определила использование при исследовании панельно-вихревого метода вычислительной аэродинамики, обладающего высокой вычислительной эффективностью и приемлемой точностью.

На основании анализа результатов математического моделирования, обтекания расчетных моделей с различными геометрическими параметрами (удлинение, сужение, стреловидность, крутка), предложена конструктивная реализация несущей поверхности БПЛА короткого взлета и посадки.

УДК 519.65

Яковенко В.М., Галицька І.Є.

ЗАСТОСУВАННЯ БАЄСІВСЬКОГО ПІДХОДУ ДО АПРОКСИМАЦІЇ ПОЛІНОМУ

Задача апроксимації функції є широко поширеною та актуальною, коли необхідно виявити прихований закон зміни даних. Найчастіше використовується поліноміальна, тригонометрична, логарифмічна або експоненціальна апроксимація.

Задача розпізнавання образів оперує з наступною моделлю даних: множина сигналів X , множина прихованих станів Y та множина моделей Θ .

Вводиться поняття рандомізованої стратегії вибору q_x . Значення функції стратегії вибору – це умовні ймовірності, які описують для спостережуваного вихідного сигналу вибір образу, в якому перебуває об'єкт. Оцінювання та вибір найкращої стратегії проводиться за допомогою функції штрафу ω . Для складених образів кожна стратегія характеризується ризиками стратегії по відношенню до кожної моделі:

$$R_x(q_x, \theta) = \sum_{x \in X} \sum_{y' \in Y} \sum_{y \in Y} q_x(y' | x) p(y, x; \theta) \omega(y, y')$$

Стратегія називається баєсівською по відношенню до вагової функції τ , якщо вона має вигляд:

$$\arg \min_{q_x \in Q_x} \sum_{\theta \in \Theta} \tau(\theta) R_x(q_x, \theta)$$

Доведено, що стратегія, яка має мінімізувати ризик при розпізнаванні, повинна бути баєсівською. Для будь-якої небаєсівської стратегії існує баєсівська стратегія, яка для всіх моделей забезпечує не менший ризик при розпізнаванні. Звідси випливає, що необхідно знайти таку вагову функцію, в якій ваги різних моделей найкращим чином ранжируються відповідно до експериментальних даних. Після цього у відповідь на сигнал x приймається рішення у вигляді:

$$y^* = \arg \min_{q_x \in Q_x} \sum_{y \in Y} \left[\sum_{\theta \in \Theta} \tau(\theta) p(x, y; \theta) \right] \omega(y, y')$$

Задача розглянута на прикладі квадратичної регресії в квадраті одиничного розміру. Нехай на координатній площині задано квадрат з вершинами в точках $(0,0)$, $(0,1)$, $(1,1)$, $(1,0)$, в якому проведені квадратичні криві. Кожна така парабола однозначно задається через три точки з абсцисами $0, 0.5, 1$ – ці три числа є характеристиками для кожної з моделей. Експериментальні дані складаються з набору точок, що належать одній з парабол, із додаванням певного гаусового шуму. Необхідно по цьому набору даних встановити, якій з парабол вони належать, апроксимувати її

коефіцієнти, і забезпечити якомога менший ризик при розпізнаванні. Штраф за прийняття рішення, що парабола проходить через точку (x_0, y_0) , якщо насправді вона проходила через точку (x_0, y_1) , є квадратом відстані між цими точками $(y_0 - y_1)^2$.

Для пошуку найближчої до оптимальної стратегії необхідно:

1. Ініціалізувати вагову функцію τ - рівні значення для всіх моделей.
2. Побудувати баєсівську процедуру навчання g_z для поточної вагової функції τ .
3. Для кожної моделі $\theta \in \Theta$ знайти значення $\Delta(\theta) = R_z(g_x, \theta)$.
4. Знайти $\Delta = \max_{\theta} \Delta(\theta)$ - якість процедури навчання g_z .
5. Знайти $\bar{\Delta} = \sum_{\theta} \tau(\theta) \Delta(\theta)$.
6. Знайти верхню та нижню меж $S = \min(S, \Delta)$ і $s = \max(s, \bar{\Delta})$. Початкові значення при ініціалізації алгоритму $S = \infty, s = 0$.
7. Якщо $S - s < \varepsilon$ - необхідна точність досягнута, алгоритм припиняє роботу
8. Перенормувати вагову функцію $\tau(\theta) = \tau(\theta) + \gamma_i \Delta(\theta)$, де γ_i - заданий коефіцієнт нормування.
9. Перейти до п.2.

Проведені експерименти показують, що баєсівські стратегії дозволяють отримувати апроксимацією з меншою функцією ризику на 10-20%, ніж при використанні методу індуктивного моделювання, при невеликій кількості експериментальних точок.

УДК 629.7.085.2

Янков С.О.

АНАЛІЗ КОМПОНУВАЛЬНИХ СХЕМ ПУСКОВОГО ПРИСТРОЮ ДЛЯ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ КОНТЕЙНЕРНОГО ЗАПУСКУ

Висока мобільність безпілотних літальних апаратів (БпЛА) забезпечується малими геометричними розмірами та масою, що дає змогу транспортувати ЛА до місця запуску в невеликих транспортних контейнерах і виконувати швидкий старт протягом 10...25 хвилин після збирання ЛА в льотну конфігурацію. Ефективність швидкого та якісного старту залежить в значній мірі від компоувальної схеми контейнеру для запуску БпЛА.

Створення контейнеру для запуску БпЛА, який є складовою частиною системи контейнерного запуску БпЛА потребує вирішенням ряду проблем: обґрунтований вибір компоувальної схеми, її основних пневмо-балістичних характеристик; мінімізація маси та геометричних розмірів з врахуванням

геометрії БпЛА; розробки методології розрахунку характеристик катапультних пристроїв в умовах проектних обмежень.

Відомо декілька варіацій пускового пристрою (класична схема та з діафрагмою), але відсутній їх порівняльний аналіз, недосліджене питання ідентифікації характеристик перевантаження БпЛА в різних варіаціях компоновки контейнеру.

Для вирішення поставлених задач проведено детальний аналіз науково-технічної літератури, її критичного переосмислення, виконано попередні розрахунки, макетування та випробування, детально проаналізовано отримані результати. В ході пошуку встановлено, що найбільш доцільною компоновкою є контейнер з діафрагмою. Газодинамічні характеристики в поєднанні з конструктивною простотою такого контейнеру є оптимальними по критерію вартість-ефективність.

Отримані результати дослідження показали:

1. Компоновка з діафрагмою показала себе більш вигідною з точки зору енергетичної віддачі за умови незмінних початкових умов, за критерієм мінімального початкового тиску та розміру контейнеру.

2. Компоновка класичного типу програє компоновці з діафрагмою внаслідок недостатньої швидкості перетікання повітря, але є більш вигідною за умов мінімального перевантаження.

Практична цінність роботи полягає в розробці підходів до визначення базових характеристик контейнеру для запуску БпЛА з врахуванням критерію вартість-ефективність.