

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

**ФАКУЛЬТЕТ АВІАЦІЙНИХ І КОСМІЧНИХ СИСТЕМ**

**ПРОТЕХНОЛОГІЇ, НАВІГАЦІЯ, КЕРУВАННЯ  
РУХОМ ТА КОНСТРУЮВАННЯ  
АВІАЦІЙНО-КОСМІЧНОЇ ТЕХНІКИ**

**Тези доповідей учасників  
XX науково-технічної конференції  
студентів та молодих учених**

**15-16 лютого 2017 року**

**м. Київ**

Київ  
«Політехніка»  
2017



Гіротехнології та конструювання літальних апаратів: Тези доп. учасн. XX наук.-техн. конф. студ. та молодих учених. – К.: ІВЦ “Видавництво «Політехніка»”, 2017. – 39 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.Ю. Трунов, асп.

В.Ю. Трунов, асп.

Я.С. Козей, асп.

Програмний комітет:

О.В. Збруцький, проф.

В.В. Сухов, проф.

О.В. Прохорчук, доц.

М.В. Добролюбова, доц.

А.Ю. Трунов, асп.

В.Ю. Трунов, асп.

Я.С. Козей, асп.

Відповідальний  
редактор

*О.В. Збруцький*, проф.

Наукове видання

Гіротехнології, навігація, керування рухом та  
конструювання авіаційно-космічної техніки

Тези доповідей учасників  
XX науково-технічної конференції  
студентів та молодих учених  
15-16 лютого 2017 року  
м. Київ

## Зміст

<b>Барінов А.О., Зінченко Д.М.</b> .....	<b>5</b>
ВИКОРИСТАННЯ САТІА ДЛЯ ОЦІНКИ ШУМОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗАКІНЦІВКИ ЛОПАТІ БПЛА ВЕРТОЛЬОТНОГО ТИПУ	
<b>Білоусов Т. В., Бондар Ю. І.</b> .....	<b>6</b>
РОЗПОДІЛ АЕРОДИНАМІЧНИХ СИЛ ПО РОЗМАХУ КРИЛА ЛІТАКА З УРАХУВАННЯМ СТАТИЧНОЇ АЕРОПРУЖНОСТІ	
<b>Бобір О.О., Володарський Є.Т.</b> .....	<b>8</b>
АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИЯВЛЕННЯ ВИКИДІВ У ВИБІРКАХ МАЛИХ ОБ'ЄМІВ	
<b>Бозова М.В., Кривохатко І.С.</b> .....	<b>9</b>
АНАЛІТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЛІТАЛЬНОГО АПАРАТА СХЕМИ «ТАНДЕМ» НА ЙОГО АЕРОДИНАМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ	
<b>Васильчук С.М., Богомазов С.А.</b> .....	<b>10</b>
МІКРОПРОЦЕСОРНИЙ МОДУЛЬ ВИМІРЮВАННЯ ВІДСТАНИ	
<b>Дворецька К.Т., Сухов В.В., Козей Я.С.</b> .....	<b>11</b>
МЕТОДИКА ІНТЕГРОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ЛІТАКА	
<b>Душеба О. В.</b> .....	<b>13</b>
ПЕРСПЕКТИВНІСТЬ МЕТОДІВ ТОПОЛОГІЧНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ	
<b>Жигальов І.В., Богомазов С.А.</b> .....	<b>14</b>
МІКРОПРОЦЕСОРНИЙ ВИМІРЮВАЛЬНИЙ МОДУЛЬ НА ОСНОВІ МІКРОКОНТРОЛЕРА SILABS C8051F064	
<b>Заїка С.М., Бурнашев В.В.</b> .....	<b>15</b>
СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ СНАРЯДОМ НА ЕТАПІ ВХОДЖЕННЯ В ЛАЗЕРНИЙ ПРОМІНЬ	
<b>Кіраш О.Ю.</b> .....	<b>16</b>
СИСТЕМА ІМІТАЦІЙНОГО ПРОГНОЗУВАННЯ ПОВЕДІНКИ ЛІТАКА ПРИ СКИДАННІ ВАНТАЖУ	
<b>Лівадіна А.Ю.</b> .....	<b>17</b>
ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА ТИСКУ ГАЗУ В ГАЗОПРОВІДІ	
<b>Лікаренко І.О.</b> .....	<b>18</b>
АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ОБРОБКИ РЕЗУЛЬТАТІВ ВИМІРЮВАНЬ В АЕРОДИНАМІЧНИХ ТРУБАХ	
<b>Нерозна І.О.</b> .....	<b>19</b>
ПІДСИСТЕМА ОПЕРАТИВНОГО ДИСТАНЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ МІКРОКЛІМАТУ БДЖОЛИНИХ ВУЛИКІВ	
<b>Масько О.М., Козей Я.С.</b> .....	<b>20</b>
СТАНДАРТИ НАТО ДЛЯ БЕЗПІЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ КОМПЛЕКСІВ	
<b>Мацілецька О.С., Прохорчук О.В.</b> .....	<b>22</b>
ПІРСТАБІЛІЗОВАНА ПЛАТФОРМА АСТРОНАВІГАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ БЕЗПІЛОТНОГО ЛІТАЛЬНОГО АПАРАТУ	
<b>Олійник Д.Д., Богомазов С.А.</b> .....	<b>22</b>
МЕРЕЖЕВА СИСТЕМА ЗБОРУ ДАНИХ НА ОСНОВІ ВБУДОВАНОЇ LINUX-ПЛАТФОРМИ	
<b>Охотнікова О.Ю., Прохорчук О.В.</b> .....	<b>23</b>
ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ КУТОВОЇ ОРІЄНТАЦІЇ БПЛА	



<b>Петруша С.Г., Богомазов С.А.</b> .....	<b>24</b>
МІКРОПРОЦЕСОРНИЙ МОДУЛЬ ДЛЯ КУРСОВИХ ВИМІРЮВАНЬ	
<b>Попов А. Є.</b> .....	<b>25</b>
ВПЛИВ СТРУМЕНЯ ШТОВХАЮЧОГО ГВИНТА НА ОПЕРЕННЯ БПЛА	
<b>Прохорчук О.В., Кравченко К.В.</b> .....	<b>27</b>
СИСТЕМА КЕРУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСОДАРСЬКИМ БЕСПІЛОТНИМ ЛІТАЛЬНИМ АПАРАТОМ	
<b>Ревуцька Г.І.</b> .....	<b>27</b>
АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ	
<b>Рижков Л.М., Семіконь Є.В.</b> .....	<b>28</b>
РОЗРОБКА ІМІТАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ СОНЯЧНОЇ БАТАРЕЇ МІКРОСУПУТНИКА	
<b>Рижков Л.М., Федорченко С.Л.</b> .....	<b>29</b>
ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ В ДВОВЕКТОРНІЙ СИСТЕМІ ВИЗНАЧЕННЯ ОРІЄНТАЦІЇ	
<b>Скрипник Д.Р., Володарський Є.Т.</b> .....	<b>30</b>
РОБАСНЕ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ДЛЯ МАЛИХ ВИБІРОК	
<b>Сухов В.В., Козей Я.С., Масько О.М.</b> .....	<b>31</b>
ПРОГНОЗУВАННЯ МАСИ КОНСТРУКЦІЇ ЛІТАКА	
<b>Третініченко О.В., Богомазов С.А.</b> .....	<b>31</b>
СИСТЕМА ВІДДАЛЕНОГО ЗБОРУ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДАНИХ НА БАЗІ СПЕЦІАЛІЗОВАНИХ WEB-ПРОТОКОЛІВ SOAP/CORE	
<b>Троценко Д. С., Зінченко Д. М., Шквар Є. О.</b> .....	<b>32</b>
ВПЛИВ АКТИВНОГО КЕРУВАННЯ ПРИМЕЖОВИМ ШАРОМ НА ЗМЕНШЕННЯ ОПОРУ ТЕРТЯ КРИЛА	
<b>Царелунга О.О., Вірченко Г.А.</b> .....	<b>33</b>
ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОГО ПОЛОЖЕННЯ КРИЛА ДОЗВУКОВОГО ЛІТАЛЬНОГО АПАРАТУ	
<b>Циганов А.Л.</b> .....	<b>34</b>
ОРГАНІЗАЦІЯ БАГАТОКАНАЛЬНИХ СИСТЕМ ЗБОРУ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДАНИХ	
<b>Чемерис А.Т.</b> .....	<b>35</b>
АВТОМАТИЗОВАНА ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ЗА ЖИТТЄДІЯЛЬНІСТЮ БДЖОЛИНИХ СІМЕЙ ТА ПРОЦЕСОМ ЗБОРУ МЕДУ	
<b>Чмихун Є.М., Яремчук А.А., Богомазов С.А.</b> .....	<b>366</b>
СИСТЕМА ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ І МАГНІТНИХ ПОЛІВ В МОРСЬКОМУ СЕРЕДОВИЩІ	
<b>Шевкун М.С., Добролюбова М.В.</b> .....	<b>37</b>
СИСТЕМА ОБЛІКУ КІЛЬКОСТІ ІНФОРМАЦІЇ ПІД ЧАС НАДАННЯ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ ПОСЛУГ	
<b>Шнира А. В.</b> .....	<b>38</b>
МЕТОД ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ СТАТИСТИЧНОЇ ОБРОБКИ ДАНИХ ПРИ МАЛОМУ ОБ'ЄМІ	

УДК 536.526

Барінов А.О., Зінченко Д.М.

## ВИКОРИСТАННЯ САТІА ДЛЯ ОЦІНКИ ШУМОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗАКІНЦІВКИ ЛОПАТІ БПЛА ВЕРТОЛЬОТНОГО ТИПУ

На даний час не має БПЛА вертольотного типу зі зміненими закінцівками. Існуючі форми, що використовуються на великих вертольотах не підходять для них, так як число Рейнольдса відрізняється на порядок, що зумовлює інший характер обтікання.

Результатом синтезу форми, є нова геометрія закінціки лопаті несучого гвинта, яка має кращі характеристики як по рівню шуму так і ефективності в цілому, за звичайну прямокутну і таку, яка використовується на повнорозмірних апаратах.

Шляхом комп'ютерного моделювання продувок лопатей несучого гвинта БПЛА вертольотного типу, с закінцівками різних форм в плані и в поперечному перерізі, підібрати таку геометричну модель, котра знизить рівень шуму від кінцевих вихорів, і по характеристикам буде кращою за прямокутну лопать. Порівняння провести с закінцівками лопатей повнорозмірних вертольотів. С метою дослідження взаємодії лопатей у вихровому сліді використана модель базової лопаті с можливістю зміни (підбору) форми закінцівки на відносному радіусі 0,8-1,0. Рядові зміни виконуються шляхом підбору аеродинамічного профілю кінцевої частини, стрілоподібності (прямої і зворотної), кручення, звуження і форми у плані. Для попередньої оцінки ефективності форми закінцівки, моделювання обтікання виконується зі спрощенням, щоб візуалізувати вихорі, що сходять з лопаті. Опускається обертання гвинта, і викликана цим взаємодія лопаті що доганяє зі збуреннями, викликаними лопаттю що йде попереду і не приймається до уваги ефект підсмоктування, котрий змінює реальний кут атаки, що не співпадає з кутом установки, що ускладнило б розгляд задачі. Також швидкість вздовж розмаху закінцівки береться постійною.

Одною з програм, що реалізують можливість моделювання гідродинамічних процесів методами CFD, являється програмний продукт Flo EFD for САТІА V5, котрий був застосований у якості інструменту для досліджень у даній роботі. У програмі Flo EFD розв'язуються рівняння збереження маси, імпульсу, енергії і інших відповідних характеристик потоку з використанням метода кінцевих об'ємів (МКО) у центрі комірки розрахункової сітки. Важливою властивістю МКО являється те, що у ньому закладено точне інтегральне збереження таких величин, як маса, кількість руху і енергія на будь-якій групі контрольних об'ємів, а відтак, і на всій розрахунковій області. Ця властивість проявляється при будь-якому числі вузлових точок. Таким чином, навіть рішення на грубій сітці задовольняє поставлену задачу.



БПЛА з такими закінцівками мають менший радіус помітності у разі використання у військових цілях. У разі використання для громадського сектору, наприклад, відеозйомки, збільшується цінність звуку знятого з борту ЛА, так як він менше перекривається шумом гвинта. Також, взагалом, з меншим рівнем шуму знижується психологічне навантаження на оператора БПЛА і інших людей, які знаходяться поряд з працюючою машиною.

Шляхом комп'ютерного моделювання ми порівняли характеристики лопатей з різними закінцівками і підібрали таку форму закінцівки лопаті несучого гвинта для БПЛА вертольотного типу, з корисним навантаженням 5-20 кг, котра зменшить рівень шуму що створюється, у порівнянні з відомими рішеннями що використовуються.

Для отримання величини зменшення шуму, провести натурні випробування, на стенді, з використання закінцівок підібраної форми, виготовлених, методом 3D друку, що дозволяє швидко виготовити деталі лопаті без використання базової пресформи.

#### **УДК 536.526**

**Білоусов Т. В., Бондар Ю. І.**

### **РОЗПОДІЛ АЕРОДИНАМІЧНИХ СИЛ ПО РОЗМАХУ КРИЛА ЛІТАКА З УРАХУВАННЯМ СТАТИЧНОЇ АЕРОПРУЖНОСТІ**

Протягом останніх десятиліть авіаційна галузь дуже розвинулася у різних напрямках, але покращення характеристик літальних апаратів залишається однією з найбільш актуальних наукових і прикладних проблем. У цій області провідним напрямком є удосконалення аеродинамічних характеристик міцності і надійності літальних апаратів різноманітного призначення.

При визначенні навантажень і деформацій крила під дію аеродинамічних сил, деформації суттєво впливають на величину і розподіл сил. Аеродинамічні сили залежать від деформації тіл, які знаходяться в повітряному потоці. Тому визначати аеродинамічні сили і деформації конструкції слід разом. Вивчення взаємодії пружної конструкції з повітряним потоком складає зміст теорії аеропружності. Прояви, характерні взаємодіям аеродинамічних і пружних сил, відносяться до статичної аеропружності (СА). Найважливішим з них являється втрата ефективності елеронів і рулів і втрати статичної стійкості конструкції в повітряному потоці.

Вплив деформацій на зміни аеродинамічних характеристики враховуються за допомогою аеродинамічних похідних  $c_n^a$  і  $m_z^a$ . Основні зміни навантажень уздовж розмаху крила при згинно-крутильних деформаціях пов'язані з приростами місцевих кутів атаки і зміною поперечного кута  $V$ . Деформації кручення та згину крила визначають

додатки місцевих кутів атаки перетинів крила розташованих по потоку, та визначається в загальному випадку як:

$$\Delta\alpha = \Delta\alpha_{кр} + \Delta\alpha = \varphi \cos \chi_{ож} - \frac{dy}{dz_{ож}} \sin \chi_{ож}.$$

При позитивному перевантаженні, деформації вигину збільшують кут поперечного  $V$ , що веде в польоті до підвищеної поперечної стійкості в порівнянні з трубними випробуваннями:  $\mu_{сеч} = \frac{dy}{dz_{ож}} \cos \chi_{ож}$ . Деформації

змінюють напрямок вектора нормальної аеродинамічної сили і відповідно з'являється складова аеродинамічного навантаження вздовж осі  $OZ$  пов'язаної системи координат. У випадках несиметричного навантаження і при ковзанні ці складові необхідно враховувати, особливо якщо на кінці крила встановлені кінцеві аеродинамічні поверхні.

Система сил і моментів, що діють на крило, моделлю якого є балка, приводиться до сил і моментів у системі осі жорсткості. Тоді значення пружних лінійних і кутових деформацій мають вигляд:

$$\omega(z) = \int_0^l C^{y\mu}(z, \mu) Z(\mu) d\mu; \quad \varphi(z) = \int_0^l C^{\varphi\mu}(z, \mu) t(\mu) d\mu,$$

де  $C^{y\mu}(z, \mu) = \int_0^z \frac{d\mu}{EI}$  - матриця коефіцієнтів впливу на вигин;

$$C^{\varphi\mu}(z, \mu) = \int_0^z \frac{d\mu}{GJ} - \text{матриця коефіцієнтів впливу на кручення.}$$

У даному випадку це призвело до зменшення зовнішнього навантаження в деяких перетинах за розмахом крила від 3% до 14%.

Проведено параметричні дослідження по визначенню показників, що характеризують максимальну дальність польоту дозвукового літака, а саме значення максимальної величини добутку аеродинамічної якості на число Маха  $(K * M)_{\max}$  та максимальне відношення аеродинамічної якості до квадратного корення з коефіцієнта підйомної сили  $(K/\sqrt{C_y})_{\max}$  при різних значеннях числа Маха ( $M$ ) та коефіцієнту підйомної сили ( $C_y$ ), тобто при будь-якому режиму польоту.

Практична застосовність

Аналіз результатів досліджень показав, що оптимальним положенням крила літака відносно фюзеляжу з точки зору забезпечення максимальної дальності польоту при числах Маха менше 0,55 є високоплан. При досягненні чисел Маха більших 0,55 спостерігається значне падіння максимального відношення аеродинамічної якості до квадратного корення з коефіцієнта підйомної сили  $(K/\sqrt{C_y})_{\max}$  при схемі високоплан, чого не

спостерігається при схемі середньоплан, де цей показник практично незмінний на всьому діапазоні значень чисел Маха. Тому при числах Маха більших 0,55 доцільно використовувати схему середньоплан для більш ефективного використання літального апарату з точки зору дальності польоту.

**УДК: 519.254**

**Бобір О.О., Володарський Є.Т.**

## **АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИЯВЛЕННЯ ВИКИДІВ У ВИБІРКАХ МАЛИХ ОБ'ЄМІВ**

Обробка результатів вимірювання під час досліджень передбачає роботу з різними видами статистичних критеріїв, які дозволяють визначити аномальність результатів вимірювань. При дослідженні та аналізі вибірок малих об'ємів чутливість статистичних критеріїв значно знижується, що негативно впливає на коректність висновків та результатів дослідження. Але, якщо всі викиди приймати за похибки та видаляти їх, що в більшості випадків є просто не вірним, тим більше, що є безпечніші процедури, то значно знизиться статистична надійність оцінки результатів дослідження. Тому рішення про усунення наявних аномальних результатів повинно бути здійснене тільки після додаткової ретельної перевірки.

Оскільки більшість сучасних параметричних та непараметричних критеріїв мають певні недоліки, які найбільше проявляються при дослідженнях вибірок малих об'ємів, то виникла необхідність створити якийсь новий підхід, або дослідити вже існуючі критерії та методи для дослідження вибірок малих об'ємів за умов, коли їх використання є найбільш коректним.

Метою даної роботи є створення власного підходу, використовуючи вже відомі критерії та методи, для підвищення достовірності випробувань у вибірках малого обсягу (від 3 до 100 значень), за результатами моделюючого експерименту. Ідея роботи полягає в тому, що перевіряються дані вибірок малого обсягу, а саме, досліджуються взаємозв'язки між елементами вибірки однієї генеральної сукупності, яка розподілена за нормальним законом, з використанням критерія Граббса. Це робиться для того, щоб виявити найменші відхилення закону від нормального, тобто знайти викиди, які можуть негативно відобразитися на коректності статистичних висновків.

Ще однією проблемою вибірок малого об'єму є їх асиметрія. При цьому вибіркові значення однієї і тієї ж генеральної сукупності можуть вважатися за викиди або квазивикиди, тобто критерій Граббса стає не довершеним і потрібно шукати нове вирішення проблеми. Тому моделюючий експеримент дозволить знайти відповідні значення критерія Граббса та коефіцієнта асиметрії для однієї генеральної сукупності.



Дане дослідження дасть змогу підвищити статистичну надійність та довіру до результатів вимірювань випробувальних лабораторій.

Застосування результатів даного експерименту дозволить зменшити кількість випробувань, тобто проводити меншу кількість експериментів, що сприяє економії коштів та ресурсів.

Також дані дослідження дозволять доповнити та покращити вже існуючі статистичні методи і критерії.

### **УДК 629.735.3**

**Бозова М.В., Кривохатко І.С.**

## **АНАЛІТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЛІТАЛЬНОГО АПАРАТА СХЕМИ «ТАНДЕМ» НА ЙОГО АЕРОДИНАМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ**

Найбільш актуальною з наукових і прикладних проблем протягом останніх п'ятдесяти років є збереження енергоресурсів. У галузі літакобудування цю проблему вирішують шляхом покращення тактико-технічних характеристик літальних апаратів (ЛА), а саме критерію максимальної аеродинамічної якості. Так як класична схема ЛА вивчена ретельно, увагу слід приділити оптимізації нетрадиційних схем. Дана робота присвячена аеродинамічній схемі «тандем», що згідно аналізу аналогів набула розповсюдження серед безпілотних літальних апаратів (БпЛА), при чому її поширення прискорюється, а різноманіття конструктивних рішень свідчить про недостатній рівень оптимізації подібних компоновок. Для вибору діапазону раціональних параметрів безпілотного літального апарата (БЛА) схеми «тандем» були проаналізовані численні аналоги, кількість яких збільшується з кожним роком, їх геометричні параметри та отримані льотні характеристики. За останні два роки варто відзначити такі ЛА схеми «тандем»: Eraole (2016) – двомісний літак з гібридної електричною силовою установкою з 25% сонячної і 75% водню; The Pterosaur – концепт 2016 р., що поєднує маневреність з широким діапазоном швидкостей і здатністю вертикального і короткого зльоту/посадки (V / STOL); Dragonfly-1603 (2016) – український БпЛА, представлений на X Міжнародному авіакосмічному салоні «Авіасвіт-XXI». При цьому у відкритих джерелах немає матеріалів про оптимізацію геометрії схеми «тандем» за критерієм максимальної аеродинамічної якості або максимальної дальності польоту.

Метою дослідження є оптимізація геометричних параметрів ЛА схеми «тандем» за критерієм максимальної аеродинамічної якості при збереженні поздовжньої стійкості.

Для дослідження використано аналітичний метод, апробований на результатах випробувань в аеродинамічній трубі. Аеродинамічний профіль обрано такий, що за результатами числових розрахунків показав при даному

числі Рейнольдса ( $Re=250\,000$ , обчисленому за хордою одного крила) високу аеродинамічну якість та коефіцієнт підйімальної сили. Кут деградації (різницю між кутами установлення переднього і заднього крил) та центрівку ЛА визначено з умови забезпечення поздовжньої стійкості в широкому діапазоні кутів атаки, включаючи закритичні, та умови забезпечення нульових балансувальних втрат на крейсерському режимі. З огляду аналогів обрано характерні співвідношення компоновки: переднє крило високоплан, заднє – низькоплан, хорди крил однакові  $b$ , висота коробки крил  $h=b$ , поздовжнє винесення  $lx=5b$ , розмах переднього крила  $l_1=10b$ , розмах заднього – змінний. Геометричне кручення не застосовувалось, так як недоцільно для малих БпЛА. Кути поперечного  $V$  переднього та заднього крил обрані однаковими за модулем, але протилежного знаку – це дозволяє зберегти поперечну стійкість ЛА – і змінювались від нуля до значення, що відповідає максимальній аеродинамічній якості. При появі додатного кута  $V$ -подібності переднього крила ( $\psi_1 > 0^\circ$ ) та від'ємного – у заднього крила ( $\psi_2 < 0^\circ$ ) кінцеві вихори віддаляються, негативна інтерференція крил (скіс потоку на задньому крилі та опір взаємодії) знижується,  $K_{\max}$  зростає та досягає максимуму при  $\psi_1 = +20^\circ$ ,  $\psi_2 = -20^\circ$ . При цьому фокус компоновки зміщується назад, адже заднє крило стає більш несучим, і шляхом підбору центрівки можливе досягнення незмінного ступеня поздовжньої статичної стійкості  $m_z^{Cy} = -0,24$ . Однак недоліком є збільшення балансувальних втрат та зниження максимального коефіцієнта підйімальної сили  $C_{y\max}$ , що збільшує мінімальну швидкість та звужує діапазон швидкостей польоту ЛА, тому доцільно обрати параметри з меншими за модулем кутами поперечного  $V$ .

Виходячи з огляду аналогів можна зробити висновок, що аеродинамічна схема «тандем» знайшла свою нішу в галузі мікро-БпЛА різного призначення.

Зроблено висновок про необхідність врахування балансувальних втрат при визначенні аеродинамічної якості ЛА схеми «тандем».

## УДК 681.18

Васильчук С.М., Богомазов С.А.

### МІКРОПРОЦЕСОРНИЙ МОДУЛЬ ВИМІРЮВАННЯ ВІДСТАНІ

У наш час вимірювальні модулі широко використовуються в різних сферах діяльності, оскільки вони дають змогу вимірювати широкий спектр фізичних величин. Аналоговий сигнал надходить на вхід таких модулів та перетворюється у цифровий сигнал з обробкою для подальшого використання. При цьому досить актуальним є питання вибору мікроконтролера, який відповідав би певними вимогам до функціональності, продуктивності та безумовно, ціні.

Розроблено мікропроцесорний модуль вимірювання відстані, що складається з двох основних частин: мікроконтролера SiLabs C8051F310 і ультразвукового датчика HC-SR04. Мікроконтролер C8051F310 є досить дешевим і водночас дуже функціональним, що є причиною високого рівня його популярності: саме його обирають для вирішення різноманітних завдань. SiLabs C8051F310 є високоінтегрованим мікроконтролером для обробки змішаних сигналів – аналогових та цифрових. Це 8-розрядний мікроконтролер на основі потужного 8051 ядра з продуктивністю 25 МГц. Його особливістю є той факт, що флеш-пам'ять може бути перепрограмована навіть в процесі роботи, забезпечуючи енергонезалежне зберігання даних а також модернізацію програм в польових умовах. Програмне забезпечення для даного мікроконтролера розроблено мовою програмування C та має повний контроль над усіма периферійними пристроями і може індивідуально відключити будь-який або всі периферійні пристрої для економії електроенергії.

Ультразвуковий датчик HC-SR04 це стабільний і точний сонар, який не має "сліпих зон". На відміну від інфрачервоних далекомірів, на покази ультразвукового датчика не впливає колір об'єкта або засвічення від сонця. Має такі технічні характеристики: діапазон відстані від від 2 до 400 см, напруга живлення 5 В, ефективний кут спостереження 15°. Датчик має низьке енергоспоживання (15 мА під час роботи), що є важливим параметром у використанні з мобільними роботами. Точність досягає 3 мм. Він генерує звукові імпульси на частоті 40 кГц і приймає відбиті від перешкод імпульси. Сенсор випромінює короткий ультразвуковий імпульс, який відбивається від об'єкта і приймається сенсором. Відстань розраховується виходячи з часу до отримання відбитого сигналу і швидкості звуку в повітрі. Вона кодується тривалістю електричного сигналу на виході датчика. За часом поширення звукової хвилі туди і назад та результатами вимірювання температури повітря мікроконтролер однозначно визначає відстань до об'єкта.

Розроблений далекомір може служити датчиком для робота, завдяки якому він зможе визначати відстані до об'єктів, об'їжджати перешкоди, або будувати карту приміщення. Його можна також використовувати в якості датчика для сигналізації, що спрацюватиме при наближенні об'єктів.

### **УДК 533**

**Дворецька К.Т., Сухов В.В., Козей Я.С.**

## **МЕТОДИКА ІНТЕГРОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ЛІТАКА**

Одним з основних критеріїв оцінки якості літаків є мінімізація вартості перевезень за умови забезпечення безпеки польотів. В авіації зазначена проблема стимулює дослідження, спрямовані на вивчення можливостей



зменшення маси конструкції, як головного чинника, що знижує прямі експлуатаційні витрати.

Теоретичні основи систематизованого вивчення питань міцності і вагової ефективності авіаційних конструкцій закладені в роботах Шенлі Ф.Р., Калягіна А.А., Егера С.М., Козловського В.І., Шейніна В.М. та інших вчених. Вагове проектування конструкцій зазвичай ґрунтується на використанні так званих "вагових формул", отриманих з статистичного аналізу побудованих літаків. Але цей метод діє коли літак або його елементи створюються на основі існуючих прототипів. До того ж при використанні незвичних форм, нестандартних конструктивно-силових схем або істотних змін розмірів літака точність вагових розрахунків значно зменшується. Спроби усунення недоліків в силовій схемі на завершальних етапах проектування конструкції зазвичай вимагають значних додаткових витрат часу і матеріальних ресурсів. З метою підвищення якості проектів та ефективності процесу проектування в роботах Комарова В. А. запропонований метод формування силової схеми за умовами міцності із залученням методу скінченних елементів МСЕ ще до початку повномасштабної розробки конструкції на етапі робочого проектування тобто, метод використовує тривимірні континуальні моделі змінної щільності. Свого часу він не використовувався через обмежені можливості тодішньої техніки, але зараз з огляду на сучасну комп'ютеризацію його цілком можна використовувати для проектування нових авіаційних конструкцій.

На стадії ескізного проектування зазвичай невідомі багато параметрів елементів конструкції, які визначаються в процесі її подальшого опрацювання. У той же час на ранніх етапах проектування необхідне знання характеристик жорсткості та вагових характеристик конструкції. У цих умовах для обґрунтованого вибору силової схеми з урахуванням різноманітних вимог може бути використано гіпотетично пружне середовище змінної щільності (континуальна модель), що повторює геометричні форми об'єкта, що розробляється. Для створення найбільш раціональної конструктивно-силової схеми, з точки зору передачі зусиль, в континуальній моделі необхідно провести розподіл матеріалу. Для оцінки характеристик жорсткості пропонується наступна методика. Створюється кінцево-елементна модель необхідного елемента літака і розраховується її напружено-деформований стан. Потім в геометричні обмеження конструкції вписується тривимірна модель змінної щільності і проводиться оптимізація розподілу щільності її елементів на зовнішні навантаження. Таким чином можна розглянути всі можливі варіанти конструкції необхідного елемента, а вивчивши вплив зовнішнього навантаження на кожен з них обирати найбільш підходящий.

Сучасні авіаційні конструкції близькі до вичерпання можливостей підвищення аеродинамічних і вагових характеристик, а рішення цих

проблем є одним із засобів забезпечення скорочення витрат і термінів створення нових літаків. Це свідчить, по-перше, про актуальність розробки методів проектування силових схем і вагового аналізу авіаційних конструкцій, які використовують високоточне математичне моделювання вже на стадії ескізного проектування і, по-друге, про суперечність між існуючими способами проектування і потребою впровадження в конструкцію літальних апаратів нових технічних рішень.

**УДК 629.01**

**Душеба О. В.**

## **ПЕРСПЕКТИВНІСТЬ МЕТОДІВ ТОПОЛОГІЧНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ**

Як правило проектування особливо навантажених і відповідальних елементів планера літака потребує закладання в них великої кількості матеріалу, вага якого складає значну частку від ваги літака.

Даний матеріал демонструє технічні результати, що можуть бути досягнуті за допомогою методик проектування деталей, в основу яких покладено методи топологічної оптимізації, що полягають в ітераційному процесі виявлення та видалення надлишкового матеріалу з проектною області, що приводить до форми, близької до оптимальної з точки зору рівномірного розподілення напружень та співвідношення ваги та міцності.

Вдосконалення та застосування методик визначення конструктивних параметрів складових частин літака, дозволяє зменшити його масу, що веде до зростання його економічної ефективності та конкурентоздатності або тактико-технічних характеристик, що надає даній тематиці значної актуальності.

Приведено порівняння результатів використання традиційної аналітичної методики та методики на основі топологічної оптимізації для проектування кронштейну навіски елерона літака.

Вихідними були дані про основні геометричні характеристики кронштейну та сили  $P_2 = -16\ 000\ \text{H}$ , що на нього діє, матеріал деталі Д16Т, а також границя міцності Д16Т з урахування запасу міцності

Для топологічної оптимізації використано програмне забезпечення ProTopCI від CAESS. Для верифікації та порівняння результатів було використано Creo Parametric від PTC.

Визначено, що вага першого кронштейну – 2,29 кг. Вага другого – 1,62 кг. Виявлено, що даний кронштейн не є дуже навантаженим, тому його конструкція де в чому продиктована лише технологічними обмеженнями. Проте це не заважає зробити висновок, про те що друга модель має ряд переваг перед першою моделлю:

- Легше в 1,41 разу (на 620 грам).
- Має більш рівномірне розподілення напружень в матеріалі і відповідно менше схильних до виникнення тріщин місць.

- Більш автоматизований і швидкий метод розрахунку.

Попри це вона має один суттєвий недолік – дорога на сьогоднішній день технологія виготовлення деталі. Це може бути або фрезерування на п'ятикоординатному фрезерному станку або ж в перспективі – 3D друк.

Практичне значення отриманого результату може полягати в рекомендаціях щодо методики проектування кронштейнів навіски елеронів, а саме в залученні методів топологічної оптимізації. Внесення таких коректив до традиційних методик призведе до зменшення загальної маси літака.

### **УДК 681.518.3**

**Жигальов І.В., Богомазов С.А.**

### **МІКРОПРОЦЕСОРНИЙ ВИМІРЮВАЛЬНИЙ МОДУЛЬ НА ОСНОВІ МІКРОКОНТРОЛЕРА SILABS C8051F064**

На сьогоднішній день з розвитком електронних систем постійно підвищуються вимоги до продуктивності і функціональності мікроконтролерів. Особливо це стосується вимірювальних модулів, складовою яких є 8-розрядні мікроконтролери. Мікропроцесорні модулі використовуються для вимірювання різних фізичних величин, які надходять на вхід у вигляді аналогових сигналів і потребують перетворення сигналів у цифрову форму та їх обробку для подальшого використання. Тому питання з підвищення точності і швидкості цього перетворення, а також спрощення процесу розробки програмного забезпечення є дуже актуальним.

Мікропроцесорний вимірювальний модуль складається з двох основних складових – це мікроконтролер SiLabs C8051F064 і температурний датчик TMP37. Мікроконтролер SiLabs C8051F064 являє собою повністю інтегровану систему на одному кристалі для обробки не тільки аналогових, але і цифрових сигналів. За допомогою спільної роботи високопродуктивного мікропроцесорного ядра CIP-51 і двох вбудованих 16-розрядних АЦП даний мікроконтролер дозволяє підвищити швидкість перетворення до одного мільйону перетворень за секунду, що є найкращим показником серед інших 8-розрядних мікроконтролерів з інтегрованими АЦП. Ядро CIP-51 використовує конвеєрну архітектуру, що підвищує швидкість виконання команд. Це ядро виконує 70 % своїх команд за один чи два системних тактових циклів і тільки чотири команди потребують більше чотирьох системних тактових циклів. При роботі на тактовій частоті 25 МГц продуктивність ядра може досягати 25 MIPS. До особливостей мікроконтролера C8051F064 також потрібно віднести його низьку ціну і енергоспоживання, яке дорівнює 20 мВт. Дуже важливим етапом є розробка програмного забезпечення для мікроконтролерів. Мікроконтролер C8051F064 має вбудовані засоби, які дозволяють внутрішньосистемне налагодження програми у режимі реального часу, що дозволяє прискорити

розробку програмного забезпечення. Демонстраційна плата для мікроконтролера SiLabs C8051F064 містить в собі повністю завершену систему збору даних. TMP37 являє собою інтегральний датчик температури з аналоговим виходом. Його особливостями є висока точність і робота при низькій напрузі. Напруга на виході датчика лінійно пропорційна температурі в градусах по шкалі Цельсія. Датчик має низький вихідний опір, що дозволяє приєднувати його до ланцюгів АЦП мікроконтролерів. Мікропроцесорний вимірювальний модуль температури з таким датчиком може вимірювати температури в діапазоні від 5 °С до 100 °С.

Розроблений мікропроцесорний вимірювальний модуль можна використовувати для вимірювання температури повітря, а також, підключати до персонального комп'ютера чи пристрою для виведення інформації через USB порти.

### **УДК 621.382**

**Заїка С.М., Бурнашев В.В.**

## **СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ СНАРЯДОМ НА ЕТАПІ ВХОДЖЕННЯ В ЛАЗЕРНИЙ ПРОМІНЬ**

Серед сучасних ствольних керованих ракет особливе місце займають протитанкові ракети з лазерно-променевою системою керування, що дозволяє забезпечити високу точність наведення і необхідний рівень захищеності від перешкод при враженні сучасних цілей.

Однак на першій секунді польоту снаряду лазерний промінь відсутній. Таким чином на початковому етапі польоту ракета залишається некерованою і найбільш вразливою до зовнішніх збурень. Це підвищує ймовірність невдалих пусків і накладає погодні обмеження на експлуатацію виробу. Розв'язання задачі керування на заданій траєкторії до потрапляння в лазерний промінь в літературних джерелах відсутнє.

Метою роботи є синтез автономної системи керування протитанковою керованою ракетою, що діє з моменту вильоту зі ствола і здатна забезпечити успішне потрапляння в лазерний промінь в умовах впливу вітру. Для її досягнення вирішені відповідні задачі: розроблена математична модель руху ракети і створена імітаційна модель; розроблений алгоритм пошуку оптимального кута встановлення ствола; синтезовані закони керування ракети на етапі входження в лазерний промінь; визначено склад системи керування; визначені вимоги до органів керування в залежності від швидкості вітру; виконане моделювання польоту протитанкової ракети з системою керування в умовах впливу зовнішніх збурень.

Розроблена автономна система керування дозволяє забезпечити приведення ракети в лазерний промінь при поривах вітру до 15 м/с. При відсутності керування на першій секунді польоту така ракета буде втрачена при пориві вітру зі швидкістю більше 5 м/с.



Основним елементом системи керування на етапі входження в лазерний промінь повинна бути БНС. Спрощення складу чутливих елементів до системи орієнтації значно зменшує допустиму під час запуску ракети швидкість вітру. Виключення із законів керування лінійних координат і швидкості снаряду знижує припустиму швидкість вітру до 7,1 м/с. Якщо в законі керування використати параметри орієнтації й проєкції лінійної швидкості, система може забезпечити потрапляння ракети в промінь при бічних поривах вітру до 10,3 м/с.

Після входження ракети в промінь сигнали керування, що надходять на рулі від автономної системи, поступово зменшуються за розробленим законом. Одночасно пропорційно підсилюються сигнали від лазерно-променевої системи. Це забезпечує відсутність небажаних перехідних процесів при ввімкненні лазерно-променевої системи.

Розроблений алгоритм пошуку кута встановлення ствола забезпечує входження ракети в промінь на заданій дистанції з мінімальними похибками керування рухом в вертикальній площині.

**УДК 004.415.2.043**

**Кіраш О.Ю.**

### **СИСТЕМА ІМІТАЦІЙНОГО ПРОГНОЗУВАННЯ ПОВЕДІНКИ ЛІТАКА ПРИ СКИДАННІ ВАНТАЖУ**

Одним із способів доставки вантажів в будь-яку точку планети є його транспортування літальним апаратом з подальшим скиданням. При цьому економиться час і забезпечується можливість доставки вантажу в заданий район. Політ літального апарату характеризується багатьма взаємопов'язаними параметрами. Важливим завданням є дослідження параметрів збуреного руху літального апарату при скиданні вантажів, з метою поліпшення його керованості і стійкості. Але даний спосіб є, деякою мірою, небезпечний і може призвести до незворотних наслідків, адже різка зміна ваги літального апарата супроводжується його відхиленням від осі нормального польоту, що впливає на поведінку літака, тому дана робота саме і полягає в створенні системи прогнозування поведінки літака в тих чи інших ситуаціях.

Основним призначення розробленої системи імітаційного прогнозування поведінки літака при скиданні вантажу, є завчасне визначення відхилення літака від осі нормального польоту при скиданні вантажу, враховуючи вплив відповідних факторів, та оцінка можливих ризиків такого виду перевезення.

Під час розробки програмного компоненту даної системи обробки інформації використовуються наступні технології: Java, Spring Framework, Spring MVC, Hibernate, XML, JPA, JSP, HTML, CSS, SQL, MySQL тощо.



Основним завданням даної роботи є створення програмних засобів прогнозування та представлення поведінки літака у повітрі в спокійному стані та при скиданні вантажу. Для збору і обробки вимірювальної та визначеної інформації застосовується принцип об'єктно-орієнтованого програмування, а також спеціалізовані засоби моделювання та офіційно затверджену інформацію про характеристики літаків.

Зокрема за допомогою технологій програмування був створений веб-додаток для представлення та обробки інформації, а за допомогою математичних розрахунків були розроблені методи для визначення зміни поведінки літака при скиданні вантажу, враховуючи зовнішні фактори.

**УДК 621.6**

**Лівадіна А.Ю.**

## **ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА ТИСКУ ГАЗУ В ГАЗОПРОВОДІ**

Вимірювання тиску активно використовується у багатьох галузях промисловості, особливо в машинобудуванні, металургії, паливно-енергетичному комплексі тощо. Транспортування газу, нафти, води магістральними трубопроводами, а також забезпечення населення водою, газом, теплом за допомогою комунальних систем, не можуть здійснюватися без контролю тиску в цих системах. Розробка інформаційно-вимірювальної системи (ІВС) для моніторингу тиску газу спрямована на підвищення точності вимірювання і швидкодії та одночасний контроль декількох параметрів. Надзвичайно актуальним є те, що тиск, розрідження, перепади тиску та температура у газопроводі контролюються та вимірюються за допомогою однієї системи і надаються оператору в зручній формі.

Основою вимірювання тиску є встановлення його значення у вимірювальному середовищі, що потрібно для керування технологічними процесами та забезпечення безпеки виробництва. На теперішній час відомо багато засобів вимірювання тиску газу, основним з яких є манометри, де чутливим елементом виступає трубка Бурдона, поршень, мембрана або інше тіло. Особливістю ІВС, що розробляється, є можливість одночасного дослідження тиску, розрідження та перепаду тиску у газопроводі, а також вимірювання температури. Крім того, в системі передбачена можливість представлення даних в зручній для перегляду та зберігання формі. Принцип роботи ІВС полягає у наступному: на вхід датчиків, що утворені мембраною, яка деформується під дією прикладеного до неї тиску та передає навантаження на тензорезистори, що утворюють мостове коло, з перших трьох каналів поступає тиск, різниця тисків та розрідження. В результаті зміни опорів тензорезисторів міст розбалансовується, і на виході датчика отримується значення напруги, яке підсилюється і надходить до аналого-цифрового перетворювача (АЦП). На шину обміну даними від

мікропроцесора надходить адреса відповідного каналу, в залежності від того, який параметр необхідно виміряти. АЦП, отримуючи сигнал від мікропроцесора, встановлює на шині відповідний до значення тиску код. Для вимірювання температури застосовується температурний датчик, основним параметром якого є шпаруватість імпульсів. Аналоговий компаратор, що вбудований в мікропроцесор, приймає значення сигналу з датчика. Для зв'язку ІВС з ПК використовується інтерфейс RS-485.

Отже, використання ІВС, що розробляється, дозволить одночасно контролювати і вимірювати декілька параметрів, забезпечуючи при цьому високу точність, а легкість використання і налаштування системи надасть змогу користуватися нею широкому колу людей.

**УДК 533.69.048**

**Лікаренко І.О.**

### **АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ОБРОБКИ РЕЗУЛЬТАТІВ ВИМІРЮВАНЬ В АЕРОДИНАМІЧНИХ ТРУБАХ**

Дослідження в аеромеханіці пов'язані з визначенням таких характеристик потоків як швидкість частинок середовища, густини, тиску, температури як функцій простору і часу. Після їх визначення в кожній конкретній ситуації стає можливим обчислення сил та моментів сил, що діють на тіло в потоці. В даній роботі, конкретній ситуації, було розглянуто процес випробування об'єктів в аеродинамічних трубах (АТ) на прикладі аеродинамічних профілів (АП).

Актуальною задачею дослідження аеродинамічних характеристик авіаційних профілів (АП) є оцінка аеродинамічної якості профілю.

Було проаналізовано актуальні задачі щодо створення автоматизованої системи обробки результатів вимірювань в АТ (АСОРВАТ). Розглянуто проблеми оцінки аеродинамічної якості, її залежності від кута атаки профілю. Аеродинамічна якість профілів має дуже широкий діапазон, від декількох одиниць і майже до 300. АП вимагають дуже ретельного виготовлення і показують високу аеродинамічну якість тільки в обмежених умовах по турбулентності набігаючого потоку і числах Рейнольдса. Також у реальних умовах важко передбачити точне значення профільного опору, так як воно в значній мірі залежить від якості обробки поверхні крила.

Цікаві нові результати по аналізу основ аеродинаміки представлено в даній роботі. І ці результати були досягнуті за рахунок дослідження аеродинамічних характеристик АП в АТ. В результаті створено Інтернет-ресурс, як інструмент оцінки якості АП.

Для створення прикладного програмного забезпечення комп'ютерних систем збору і обробки вимірювальної інформації сьогодні застосовуються спеціалізовані засоби, що використовують принцип об'єктно-орієнтованого

програмування. Серед таких засобів найбільш розвиненою і універсальною платформою є Java. Тому для розробки автоматизованої системи обробки результатів вимірювань в аеродинамічних трубах в наш час був доцільним вибір саме програмного забезпечення з використанням сучасних Web-технологій Java.

Основним призначенням створеної системи є прискорення обробки та аналізу аеродинамічних випробувань. Тепер авіаконструктор чи інженер-розробник, скориставшись сервісом запропованим Інтернет-ресурсом мають змогу попередньо оцінити якість профілю та його придатність до застосування в їх конкретній розробці. Також розроблений ресурс (автоматизована система) дає можливість опублікувати результати власних вимірювань, що безперечно, принесе користь іншим спеціалістам в даній галузі.

**УДК 621.3.087.4**

**Нерозна І.О.**

### **ПІДСИСТЕМА ОПЕРАТИВНОГО ДИСТАНЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ МІКРОКЛІМАТУ БДЖОЛИНИХ ВУЛИКІВ**

На сьогодні розвиток бджолиного промислу має стрімкий характер. Це зумовлено не тільки зростанням попиту на продукти бджільництва, а, перш за все, гострою потребою у якісному опиленні культурних рослин, яке збільшує врожайність сільськогосподарських культур та усуває необхідність застосування пестицидів і створення гібридних рослин, здатних до самозапилення.

Україна займає перше місце у світі за кількістю бджолярів і лише восьме місце за продуктивністю виготовлення меду. На цей показник впливає багато біологічних особливостей бджолиної сім'ї, а саме: границі температури, вологості, рівень вуглекислого газу в середині вулика, фон звуків, власне харчування, наявність води навколо тощо. Нормальна життєдіяльність бджоли перш за все залежить від мікроклімату вулика. Взимку температура в середині гнізда повинна становити не менше 25-28 °С. Затрати енергії бджоли на регулювання оптимального мікроклімату впливають на її зношення, майбутню медопродуктивність, швидкодію та якість розплоду. Важливим є і регулювання мікроклімату в спекотні дні літа – 90 % комах займаються вентиляцією вулика, що зменшує працездатність бджоли. Бджоляр допомагає створити потрібні умови мікроклімату для комах, але після втручання людини до бджолиного гнізда, сім'я отримує стрес та входить з нього декілька діб.

На сьогоднішній день отримання кліматичних показників здійснюється цифровими термометрами та гігрометрами, на великих пасіках вимірювання йде вибірково. У результаті бджоляр отримує неточні дані

загального стану бджіл усієї пасіки, що негативно впливає на рентабельність продукції.

Для покращення умов життєдіяльності бджоли, її працездатності та підвищення виробництва меду пропонується автоматизація дистанційного контролю мікроклімату в середині вулика.

Підсистема моніторингу мікроклімату вулика, що розробляється, складається з двох частин: автономного пристрою, що вимірює показники температури, вологості, вуглекислого газу та пристрою-ретранслятора, який отримує усі данні і відправляє їх на сервер через GSM модуль. Пристрої зв'язуються по бездротовому каналу зв'язку на частоті 433 МГц. Автономна частина матиме живлення від акумуляторів. Данні з сервера можуть бути отримані користувачем зручним йому запитом. При цьому інформація збирається з кожного вулика на один головний, який в свою чергу одночасно передає загальний стан усіх на сервер через радіосигнал.

Данна підсистема є основою для побудови системи прийняття рішень щодо регулювання (автоматизованого або мануального) мікроклімату у бджолиних гніздах. Це дозволить бджолам уникнути стресу і, тим самим, не припиняти процес збору нектару та виготовлення меду.

### **УДК 629.735.3**

**Масько О.М., Козей Я.С.**

## **СТАНДАРТИ НАТО ДЛЯ БЕЗПІЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ КОМПЛЕКСІВ**

Впровадження стандартів НАТО в Україні – необхідний крок для підвищення обороноздатності країни та покращення конкурентоздатності українських безпілотних авіаційних комплексів на світовому ринку озброєнь. Стандартизаційні угоди (англ. Standardization Agreement - STANAG) дозволяють найбільш ефективно здійснювати спільне управління силами і засобами збройних сил, проведення спільних операцій і місій, бойову підготовку, технічне оснащення армій, розробку і виробництво озброєння і військової техніки.

Впровадження в Україні STANAG забезпечить позитивні зміни не лише в збройних силах, а й відкриє для вітчизняних виробників нові напрямки кооперації із західними партнерами. Мета стандарту - підвищення здатності до взаємодії між системами контролю і управління безпілотного авіаційного комплексу в питаннях обміну інформацією. Стандарт надає розробникам систем максимальну гнучкість, тому він не визначає ні фізичних інтерфейсів для можливості з'єднання (стику) різних систем, ні їх конфігурації.

Стандарти, які узгодженні з ІКАО та NATO Industry Advisory Group SAA Study і, які, на нашу думку, необхідні для першочергового впровадження в Україні в сфері наукових досліджень та виробництва БпАК:

легкі БпЛА вертикального зльоту та посадки STANAG 4746 (злітна маса менша або рівна 150 кг), легкі БпЛА злітною масою до 150 кг – STANAG 4703; важкі БпЛА злітною масою понад 150 кг – STANAG 4671; важкі БпЛА вертикального зльоту та посадки STANAG 4702; STANAG 4586 – формує вимоги до форматів даних та до протоколів обміну, визначаючи один з п'яти можливих рівнів сумісності літального апарату і пункту управління. STANAG 4660, регламентує всі аспекти високо захищеного каналу проміна даними для БпЛА IC2DL (Interoperable Command and Control Data Link). Стандарт описує передачу на землю (downlink) оперативних даних (телеметрії), (uplink) - команд управління платформою і обладнанням. У документі характеризуються частоти, ширина полоси сигналів, відстань між пунктами прийому-передачі інформації, швидкість передачі і ряд інших специфічних параметрів. STANAG 4586 забезпечення сумісності БпЛА і наземних пунктів управління (Ground Control Station). Величезний позитивним ефект від впровадження цього стандарту – відсутність необхідності розробляти окремі пункти управління для кожного типу БпЛА. Задача вирішується, в тому числі, введенням в комплект апаратури наземної станції спеціального модуля підтримки конкретного типу літального апарату (VSM - Vehicle Specific Module). STANAG 7085 – описані вимоги до радіоліній зв'язку БпЛА, сумісних з тактичними засобами.

Аналіз існуючих серійних зразків БпАК, які виробляються в Україні і використовуються в ЗСУ показав, що жоден з них не відповідає вимогам STANAG хоча б на 50%. Все це спричинює величезну проблему як під час розробки комплексів, навчання персоналу, експлуатації так і безпосереднього застосування в ЗСУ в рамках концепції єдиного інформаційного простору. Для прикладу – розвідувальна інформація отримана за допомогою БпЛА, являється доступною тільки для генерального штабу, а не військового підрозділу, який знаходиться в зоні проведення розвідки. Це призводить до несвоєчасного усунення загроз, які виявленні. Іншим прикладом являється використання відкритих каналів зв'язку, які без проблем перехоплюються ворогом та дають йому тактичну перевагу при аналізі дій військових підрозділів ЗСУ.

Для спрощення процедури застосування, стандарти повинні бути необхідним чином валідовані в Україні та прийняті за базу і являться обов'язковими для використання при формуванні завдань на проведення наукових робіт, підготовки магістерських та дисертаційних робіт, розробки нових зразків БпАК.

Таким чином, в роботі оглянуто дійсні стандарти НАТО по напрямку БпАК, розкрито їх область застосувань, обґрунтовано необхідність їх використання в ході виконання наукових робіт за тематикою БпАК як в науковій так і виробничій сферах.

**УДК 004****Мацілецька О.С., Прохорчук О.В.****ГІРОСТАБІЛІЗОВАНА ПЛАТФОРМА АСТРОНАВІГАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ БЕЗПЛОТНОГО ЛІТАЛЬНОГО АПАРАТУ**

На сьогодні актуальною є задача підвищення точності керованих гіростабілізаторів, що працюють в суміщених режимах стабілізації та управління. На них покладаються завдання щодо стабілізації та управління цілою низкою спеціальних бортових систем: антени бортових радіолокаційних станцій, чутливі елементи головок самонаведення реактивних снарядів, авіаційні приціли, аерофотоапарати, пеленгатори, візир та ін. Гіроскопічні системи застосовуються в різних областях техніки: в авіації і на морських судах - для цілей навігації і автоматичного управління рухом корабля; в артилерії і на танках - для визначення курсу і стабілізації прицілів і зняття на заданому напрямку в просторі; в гірничорудній і нафтової промисловості - при прокладанні шахт і тунелів, при бурінні нафтових свердловин і т.д. Основною частиною будь-якого гіроскопічного приладу або системи є гіростабілізатор, який визначає точність і експлуатаційні характеристики гіроскопічних систем. Області застосування таких систем розширюються, разом з тим, зростають вимоги до них по точності стабілізації, точності визначення параметрів орієнтації, мінімізації маси, габаритів, вартості, енергоспоживання, часу готовності і здатності інтегруватися в сучасні системи управління об'єкта. Виконання цих вимог є складною і актуальною науково-технічною задачею, яка вимагає свого вирішення.

Вперше розроблено математичну модель складної системи, яка складається з платформи і азимутально-висотного підвісу телеблока, яка допоможе оцінити досліджені похибки стабілізації при різних зовнішніх збурень. Запропонована система дозволяє підвищити точність гіростабілізатора для астронавігаційної системи. Аналіз результатів моделювання показав, що похибка стабілізації платформи і телеблока знаходиться в межах 10 кут. сек.

**УДК 681.518.3****Олійник Д.Д., Богомазов С.А.****МЕРЕЖЕВА СИСТЕМА ЗБОРУ ДАНИХ НА ОСНОВІ ВБУДОВАНОЇ LINUX-ПЛАТФОРМИ**

З кожним днем все більшої популярності набуває так званий Інтернет речей (IoT). За статистичними даними у 2016 році до мережі було підключено близько 6.4 мільйони пристроїв, а до 2020 року очікується число пристроїв понад 50 мільйонів. Це яскраво показує тенденцію до швидкого розширення даної галузі і потреби людей у розвитку цих технологій. Однією з найбільших проблем для розробки подібних пристроїв

є складність використання загальноживаних протоколів (наприклад, HTTP). Подібна ситуація має місце у зв'язку з суттєвою обмеженістю системних ресурсів пристроїв. На даний момент це вирішується кожною компанією за допомогою пропрієтарних протоколів, що написані за конкретними вимогами до проекту і не розповсюджуються для відкритого використання іншими розробниками. Це створює додаткові проблеми в «екосистемі» Інтернету речей, так як в ідеалі вона повинна базуватись на невеликій кількості загальноприйнятих стандартизованих протоколів. Зараз існує декілька стандартизованих протоколів для Інтернету речей, що активно розвиваються.

Розроблено мережеву систему збору даних з використанням Constrained Application Protocol (CoAP), що побудована на основі Linux-платформи Raspberry Pi. Попередні системи використовували більш складні та «важкі» протоколи (наприклад, HTTP), що призводило до збільшення вимог щодо мінімальних системних ресурсів пристрою, який мав бути під'єднаний до Інтернету речей. В свою чергу, це призводило до додаткових витрат електроенергії, необхідності швидкого та стабільного Інтернет-каналу, тощо. Використання протоколу CoAP дозволило отримати ряд суттєвих переваг. Це невеликі вимоги до системних ресурсів пристрою (10кБ оперативної пам'яті, 100кБ пам'яті кодів, Інтернет-канал з пропускною спроможністю в 10кб/с), що в зменшує вартість самих пристроїв та витрати на їх подальше використання. Цей протокол є стандартизованим, та має поширену REST-архітектуру, що значно спрощує розробку програмного забезпечення. Вбудована Linux-платформа на базі Raspberry Pi має вільне розповсюдження та використання, а також весь необхідний функціонал для взаємодії з пристроями, що передають інформацію за допомогою протоколу CoAP.

Розроблена система може бути використана у широкому діапазоні галузей промисловості. Зокрема у вимірювальній техніці, господарській галузі, та в будь-яких інших галузях де може знадобитись віддалений збір даних з пристроїв, що мають обмежені системні ресурси. Наприклад, це може бути автоматизоване виробництво, де за допомогою даної системи будуть контролюватись певні показники, як то швидкість конвеєрів, або тиск, чи навіть яскравість ламп, що освітлюють приміщення.

**УДК 531.383**

**Охотнікова О.Ю., Прохорчук О.В.**

## **ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ КУТОВОЇ ОРІЄНТАЦІЇ БЦЛА**

Високі вимоги до якості навігаційного забезпечення літальних апаратів пояснюють появу нових підходів в області розробки навігаційних систем для визначення їх координат та просторової орієнтації.

Для розв'язання такої задачі використовується комплексування інерціальних гіроскопічних навігаційних систем, супутникових навігаційних систем та астровимірювальних систем. Таке поєднання разом з використанням сучасних засобів обробки інформації дає можливість оцінювати похибки датчиків первинної інформації для забезпечення високоточного перешкодозахищеного визначення параметрів просторового положення та кутової орієнтації БПЛА.

Відомі реалізовані слабкозв'язанні та глибокоінтегрованні схеми комплексування систем, відмінність яких полягає в тому, що прогноз параметрів руху глибокоінтегрованих здійснюється за допомогою реалізованих алгоритмів числення самої БНС з урахуванням керуючих впливів, отриманих на основі роботи алгоритмів оптимального фільтру.

Ставиться задача підвищення точності визначення кутової орієнтації БПЛА шляхом використання спостерігача Калманівського типу, до оцінювальних параметрів якого входять окрім похибок довготи широти швидкості ЛА та дрейфів гіроскопів та акселерометрів, ще й похибки астровізуючого пристрою. Оцінені похибки використовуються для корекції АВП. У роботі підвищення точності досліджуваної системи відбулось завдяки запропонованому алгоритму роботи з використанням оптимального фільтру Калмана, у вектор стану похибок якого введено 3 додаткові параметри похибок кутової орієнтації  $\Delta\varphi_x, \Delta\varphi_y, \Delta\varphi_z$  зоряного датчика. Запропонований алгоритм дозволив підвищити точність визначення параметрів орієнтації БПЛА у 2 рази. Математичне моделювання роботи системи підтвердило працездатність розроблених математичних моделей та запропонованого алгоритму.

Використання результатів даного дослідження на практиці можливе в кількох напрямках: застосування здійснених напрацювань на кафедрі ПСКЛА та їх долучення до переліку матеріалів, які приймаються для розробки навчально-методичної літератури цільового спрямування; подальша розробка питань викладених в цій роботі дозволить забезпечити їх використання як основи та/або теоретичного підґрунтя при підготовці подібних систем.

**УДК 681.3.06**

**Петруша С.Г., Богомазов С.А.**

### **МІКРОПРОЦЕСОРНИЙ МОДУЛЬ ДЛЯ КУРСОВИХ ВИМІРЮВАНЬ**

Протягом тривалого часу людство використовувало карти та компаси для навігації. Відстеження напрямку має широку сферу використання включаючи такі сфери як навігаційна, військова, хірургічна, робототехнічна, мобільна, ігрова, віртуальна реальність, розпізнання жестів. Донедавна напрямок здебільшого визначали методами розпізнавання руху, наприклад використовуючи відео, радар, звук. Але ці методи чутливі до



умов використання. Завдяки науково-технічному прогресу з'явилися супутникові системи, що дозволяють визначати положення та швидкість руху об'єкта на поверхні Землі. Але використання цих систем не завжди можливе або доцільне. Тому актуальною є розробка системи відстеження положення та напрямку, яка може бути альтернативним або допоміжним засобом для існуючих систем глобального позиціонування.

Простою реалізацією надійної системи вимірювання положення та напрямку є мікропроцесорний модуль з необхідним набором мікромеханічних датчиків. Необхідні вимірювання виконуються за допомогою трьохосьового акселерометра (вимірює прискорення), трьохосьового гіроскопа (вимірює відносний напрямок), трьохосьового магнітометра (вимірює напрямок відносно магнітних полюсів землі).

Демонстраційний макет модуля вимірювання положення та напрямку реалізовано на основі універсальної плати MCU TM4C123G LaunchPad™ Evaluation Kit, яка базується на високопродуктивній архітектурі ARM® Cortex®-M4F, та плати з набором сенсорів Sensor Hub BoosterPack. На основі пристроїв Tiva™ серії C споживачам пропонуються привабливі економічно ефективні рішення за рахунок інтеграції конкретних програм і периферійних пристроїв з наданням повної бібліотеки програмних засобів, які зводять до мінімуму витрати часу на цикл розробки. Для розробників доступна велика спільнота користувачів, широкий вибір інтегрованих середовищ розробки (Code Composer Studio™, Energia, KEIL, Mentor Embedded, IAR Systems). Всі мікроконтролери сімейства Tiva™ C Series мають сумісний програмний код, що в свою чергу надає переваги при заміні плати.

Таке рішення має наступні переваги та можливості: енергоефективність, доступність, підтримка ігрового обладнання, систем контролю та моніторингу, вимірювання параметрів руху, використання для медичних інструментів, в обладнанні для тестування та вимірювання, для промислової автоматизації, в протипожежних системах та системах безпеки, для керування освітленням, для транспортних засобів.

**УДК 533.695.4**

**Попов А. Є.**

## **ВПЛИВ СТРУМЕНЯ ШТОВХАЮЧОГО ГВИНТА НА ОПЕРЕННЯ БПЛА**

Сучасне використання безпілотних літальних апаратів обумовлене широким спектром задач, а саме: відеоспостереження, аерофотознімання, перевезення вантажів, моніторинг навколишнього середовища та ін. При проектуванні подібних апаратів вирішується цілий ряд проблем серед яких захищеність агрегатів ЛА при посадці. Використання штовхаючого гвинта, що встановлений над фюзеляжем в площині симетрії ЛА, дозволяє

захистити силову установку при посадці, проте таке рішення призводить до потрапляння частини оперення апарату в струмінь гвинта, що негативно впливає на стабільність та керованість всього апарату.

Метою даної роботи було дослідження впливу струменя штовхаючого гвинта на різні типи оперення: нормальне, V-подібне та U-подібне оперення, а також нівелювання впливу струменя гвинта на стабільність та керованість БПЛА. Для дослідження застосовувався програмний комплекс PanFlow, що використовує панельно-вихоровий метод для чисельного розрахунку аеродинамічних характеристик ЛА. В програмі була розроблена модель БПЛА "FLIRT" в розробці якого приймало участь студентське конструкторське бюро ФАКС з різними типами оперення. Після розрахунку порівнювались картини обтікання різних типів оперення при нульовому куті атаки відносно поздовжньої осі фюзеляжу та швидкості 70 км/год.

Після обробки результатів було виявлено, що нормальне оперення на даному типі БПЛА знаходиться поза струменем штовхаючого гвинта, що не призведе до виникнення проблем зі стійкістю. Проте подібне розташування оперення небажане з точки зору його захищеності, що було підтверджено чисельними льотними випробуваннями.

Коли V-подібне оперення потрапляє в струмінь від штовхаючого гвинта, то при цьому спостерігається збільшення впливу струменя при зменшенні кута V-подібності. Оскільки струмінь гвинта закручується та обтікає праву та ліву половини оперення по різному, потрапляння оперення в потік від гвинта призводить до серйозних проблем з керуванням, що унеможлиблює використання даного типу оперення в подібній конфігурації. Зазначених вище проблем можна уникнути при рознесенні половин оперення в кореневій частині на певну відстань. При цьому збільшення розмаху горизонтального пілона зменшує вплив струменя на половинки оперення. Таким чином формується U-подібне оперення з горизонтальним пілоном та похилими половинами.

Застосування такого типу оперення дозволяє поєднати прийнятні характеристики стабільності та керованості із стійкістю до пошкоджень оперення при посадці, що також було підтверджено льотними випробуваннями. Окрім рознесення половин оперення було збільшено кут між віссю двигуна та поздовжньою віссю ЛА, що забезпечило стабільність польоту на від'ємних кутах атаки.

Таким чином, використання U-подібного оперення в даній конфігурації виглядає найбільш оптимальним з точки зору технологічності та стійкості до пошкоджень, порівняно з нормальним, і відповідає вимогам до стійкості та керованості БПЛА.

**УДК 632.08**

**Прохорчук О.В., Кравченко К.В.**

**СИСТЕМА КЕРУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСОДАРСЬКИМ  
БЕСПЛОТНИМ ЛІТАЛЬНИМ АПАРАТОМ**

У сучасному житті безпілотні літальні апарати (БПЛА) становляться все більш популярними затребуваними у різних сферах діяльності людини. Значну роль БПЛА відіграють у військовій сфері, сучасні армії світу вже котрий рік мають на своєму оснащенні різні за функціоналом та розміром БПЛА. Для вирішення цивільних задач БПЛА має великі перспективи. Так БПЛА використовують для аерофотозйомки, для контролю за об'єктами або їх станом, тощо. У роботі розглядається система керування БПЛА для сільського господарства з оптимізацією енерговитрат.

У роботі розробляється критерій оптимальності керування БПЛА, суть якого полягає у тому, що чим менша траєкторія руху БПЛА, тим менше витрачається енергетичних ресурсів. Іншими словами, чим ефективніша траєкторія, тим менше затрачаємо енергії. Ефективність траєкторії полягає у її максимальному збігу з зоною виконання завдання, для нашого БПЛА розпилу трихограми. Постає питання в створенні алгоритму розрахунку мінімальної траєкторії для оброблення певного сільськогосподарського поля. Мінімізувати траєкторію ми можемо проаналізувавши мінімально можливий розворот БПЛА та довжину і ширину поля. За результатами аналізу, ми зможемо обрати мінімальну за довжиною траєкторію польоту БПЛА.

Сільське господарство – є однією з найбільш перспективних галузей розвитку БПЛА. Застосування БПЛА в сільському господарстві дає можливість: створення електронних карт полів, інвентаризації сільгоспугідь, оцінити обсяг робіт і контролювати їх виконання, вести оперативний моніторинг стану посівів, тощо. Більш розвиненим у цій сфері є БПЛА для аерофотозйомки. У нашій роботі пропонується використовувати БПЛА для нанесення трихограми на рослини. При цьому використовуючи розроблений критерій оптимальності енерговитрат. У кінцевому результаті ми зможемо отримати автономний комплекс для контролю і обробки сільськогосподарських культур.

**УДК 62-971.2**

**Ревуцька Г.І.**

**АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ДОСЛІДЖЕННЯ  
ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ**

Термопары дуже широко використовуються в усіх галузях промисловості: від вимірювання температури різних об'єктів до автоматизованих систем управління і контролю. Широкому використанню

термопари завдячують надійній конструкції, можливості працювати в широкому діапазоні температур і дешевизні, а також простоті, зручності монтажу і, головне, можливості вимірювання локальної температури. Термопара – пара провідників з різних матеріалів, з'єднаних на одному кінці і формують частину пристрою, що використовує термоелектричний ефект для вимірювання температури. Принцип дії заснований на ефекті Зеєбека або, інакше, термоелектричному ефекті. Коли кінці провідника знаходяться при різних температурах, між ними виникає різниця потенціалів, пропорційна різниці температур.

Однією з проблем використання термопари є її залежність від напруги або струму. Теоретично залежність ТЕРС від напруги або струму повинна мати квадратичний характер, але на практиці в реальних перетворювачах квадратична залежність не спостерігається. Причинами цього є залежність опору від протікаючого по нагрівачі струму або залежність опору від прикладеної до нагрівача напруги, нелінійність теплопередачі від нагрівача до термопари, нелінійність термоперетворювача. Це відбувається через те, що температурний коефіцієнт нагрівача може бути як позитивним так і негативним, а робоча температура нагрівачів може досягати 400 °С. В зв'язку з цим є підозра, що при роботі в режимі заданої напруги при від'ємному температурному коефіцієнті може виникати позитивний зворотній зв'язок, який може призвести до само розігріву нагрівача.

Для дослідження характеристик термоелектричних перетворювачів в залежності від режимів їх роботи, а саме в режимі заданої напруги і режимі заданого струму, була створена система, яка складається з калібратора (відтворює постійний змінний струм і напругу з високою точністю), нановольтметра (для виконання стабільних вимірювань напруги з низьким рівнем шуму і для надійного визначення характеристик матеріалів з високою повторюваністю), персонального комп'ютера та об'єкта дослідження.

За допомогою цієї автоматизованої системи будуть досліджені термоелектричні характеристики термопари. Отримані результати і висновки з них допоможуть уникнути само розігріву нагрівача і таким чином забезпечити нормальну роботу під час використання в різних галузях промисловості.

### **УДК 681.3**

**Рижков Л.М., Семіконь Є.В.**

## **РОЗРОБКА ІМІТАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ СОНЯЧНОЇ БАТАРЕЇ МІКРОСУПУТНИКА**

На сьогоднішній день сонячні батареї вважаються одним з найбільш надійних і досить добре відпрацьованих варіантів забезпечення космічного апарату енергією. Потужність випромінювання Сонця на орбіті Землі

становить 1367 Вт / м<sup>2</sup>. Це дозволяє отримувати приблизно 130 Вт на 1 м<sup>2</sup> поверхні сонячних батарей (при ККД 8 ... 13%). Сонячні батареї розташовують або на зовнішній поверхні апарата або на розкривних жорстких панелях. Для максимізації одержуваної енергії перпендикуляр до їх поверхні повинен бути спрямований на Сонці з точністю 10...15 гр.

Для ефективного накопичення і розподілу електроенергії на борту мікросупутника має бути система енергозабезпечення (СЕЗ). Первинним джерелом енергії в СЕЗ є сонячна батарея (СБ), що виробляє нестабільну напругу. Для СБ космічного призначення пред'являються особливі вимоги за якістю перетворення, масо габаритні параметри, радіаційна стійкість, стабільність і довговічність. Тому актуальним завданням при створенні ефективної СЕЗ є розробка імітаційної моделі сонячної батареї мікросупутника, яка дозволить дослідити та проаналізувати основну характеристику СБ, а саме, вольт-амперну характеристику.

Розроблено імітаційну модель сонячної батареї мікросупутника, яка дозволить дослідити вольт-амперну характеристику СБ.

Основними при проектуванні системи енергозабезпечення мікросупутників є параметри первинного джерела енергії, такі, як напруга, струм та максимальна вихідна потужність СБ.

Імітаційна модель дозволяє знайти ці параметри і використовувати їх для подальшого проектування СЕЗ мікросупутника.

Результати досліджень можуть бути використані при проектуванні СБ, в науковій роботі та в навчальному процесі.

**УДК 629.783**

**Рижков Л.М., Федорченко С.Л.**

## **ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ В ДВОВЕКТОРНІЙ СИСТЕМІ ВИЗНАЧЕННЯ ОРІЄНТАЦІЇ**

З ростом обчислювальної потужності сучасних технології з'явилась можливість практично використовувати нові методи та алгоритми для вирішення багатьох технічних задач. Наприклад використовувати нейронні мережі, що можуть вирішувати задачі апроксимації функцій та організації асоціативних систем.

Апроксимація складної функції дає можливість зменшити навантаження на розрахунковий пристрій, зменшити час обчислень та збільшити швидкодію алгоритму, який буде використовувати цю функцію.

В двовекторній системі визначення орієнтації використовуються данні, отримані з датчика Сонця та магнітометричної системи. Для визначення положення супутника використовувався алгоритм TRIAD, що потребує знання положення двох векторів в орбітальній системі координат та в зв'язаній з супутником системах координат.



Для визначення проекцій напрямку вектора напруженості магнітного поля Землі (МПЗ) використовуються різні моделі МПЗ. Для збільшення швидкодії використано спрощену модель МПЗ. Було виконано апроксимацію спрощеної МПЗ за допомогою нейронної мережі розміром  $6 \times 6 \times 6$  нейронів (3 шари по 6 нейронів) з заданою точністю. На основі отриманих даних виконано аналіз ефективності даного методу.

Результати моделювання показали високу ефективність використання нейронної мережі в двовекторній системі визначення орієнтації супутника.

**УДК: 519.254**

**Скрипник Д.Р., Володарський Є.Т.**

### **РОБАСНЕ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ДЛЯ МАЛИХ ВИБІРОК**

Дослідження є одним із перших кроків при проектуванні та створенні нових засобів вимірювальної техніки або при їх вдосконаленні. Дослідження дозволяють знаходити нові закономірності або відкривати закони, пояснюючи майже всі випадкові процеси в роботі приладу. Базуючись на дослідженнях підбирають раціональні експериментальні методи, враховуючи математичну модель та випадкові зовнішні фактори. Такий підхід ефективний майже у всіх випадках, окрім тих коли кількість результатів є обмеженою або відтворюваність експерименту є неможливою. Це зумовлено тим, що при вибірках малого об'єму застосовувані статистичні критерії втрачають чутливість до аномальних значень.

Однією з головних умов статистичного аналізу є відтворюваність проведеного експерименту при незмінних умовах. Однак на практиці стовідсотково відтворити один і той же експеримент неможливо, оскільки завжди наявна мінливість умов проведення та самого об'єкту досліджень. Найбільше це впливає на вибірки малого об'єму. Мінімальне та максимальне значення таких вибірок дуже часто приймаються за аномальні, хоча насправді вони отримані в майже однакових умовах, утворюють одну сукупність, знаходяться в допустимих межах.

Робастність, тобто не чутливість до відхилень та неоднорідностей, дозволяє уникнути помилкового прийняття за викиди коректних значень у вибірках малого об'єму. Проведені моделюючи дослідження дозволяють встановити непараметричні критерії, за якими визначаються дійсні викиди для вибірок малого об'єму.

Алгоритми обробки експериментальних даних на основі робастних методів дозволяють отримати статистично надійні результати при проведенні випробувань унікальних об'єктів з високою вартістю або при випробуваннях з руйнуваннями, коли не має можливості або недоцільно випробувати велику кількість об'єктів. Також з'явиться можливість більш детально дослідити різні фізичні явища, відтворити які на даний момент дуже складно або взагалі неможливо.

**УДК 629.7.013****Сухов В.В., Козей Я.С., Масько О.М.****ПРОГНОЗУВАННЯ МАСИ КОНСТРУКЦІЇ ЛІТАКА**

Визначення маси планеру літака є одним з основних завдань при проектуванні будь-якого літального апарату. Маса конструкції літака складається з суми мас великої кількості взаємопов'язаних елементів, що обумовлює складність аналітичної моделі.

Існує декілька підходів до формування аналітичної моделі маси конструкції літака.

Перший підхід запропонований *Halland D.W.* полягає у розрахунку окремо маси всіх елементів конструкції (лонжерона, нервюр, обшивки, шпангоутів, поверхонь керування, фюзеляжу, оперення, і т.д.) як функцій від загальної маси, пропорційних площі крила. Метод досить докладний і точний оскільки спирається на колосальний досвід попередників та перевірені рішення, але застосовується лише для літаків масою 500-1500 кг.

Другий підхід запропонований *Stender W.*, базується на статистичних даних для планерів. Весь планер масою  $m_{пл.}$  оцінюється в параметричній формі, залежність включає в себе розмах крила  $l$ , площу крила  $S$ , кількість хвостових балок, експериментальні константи  $A, B$ .

Третій підхід базується на значеннях навантаження на крило. Так в дослідженнях *Rehmet M. A.* для визначення маси планеру літального апарату, на сонячній енергії було запропоновано визначати масу планеру як функцію від видовження та площі з використанням певних проектних коефіцієнтів ( $A_1 = 0.103 \text{ кг/м}^2, A_2 = 1.157 \text{ кг/м}^2$ ).

Для оптимального прогнозування маси конструкції планера варто використовувати синтезовану модель основу на вищенаведених підходах, тобто, на основі існуючих характеристик прототипів та досвіду проводити оцінку можливої маси кожного з елементів конструкції з забезпеченням проектних значень навантаження на крило. Навантаження на крило є загальним параметром для оцінки маси конструкції та обмежується технологічними можливостями, швидкістю польоту, корисним навантаженням.

**УДК 681.18****Третініченко О.В., Богомазов С.А.****СИСТЕМА ВІДДАЛЕНОГО ЗБОРУ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДАНИХ НА БАЗІ СПЕЦІАЛІЗОВАНИХ WEB-ПРОТОКОЛІВ COAP/CORE**

CoRE (Constrained RESTful Environments) – це фреймворк для створення ресурсно-обмежених додатків, що забезпечує роботу в мережах, де розміри пакетів обмежені або присутня висока вірогідність втрат пакетів, причому деякі вузли можуть періодично відключатись на короткі проміжки

часу. Такі мережі та їх вузли характеризуються жорсткими вимогами до пропускної здатності та до джерел живлення, обмеженим розміром коду та оперативної пам'яті для кожного вузла. Робочою групою IETF CoRE Working Group запропоновані рішення, які призначені для моніторингу та управління датчиками, промисловими автоматами, контролерами, тощо. Як частину реалізації фреймворку цією робочою групою запропоновано спеціальний протокол CoAP (Constrained Application Protocol), який призначений для обміну даними в мережах ресурсно-обмежених пристроїв (10 Кбайт оперативної пам'яті, 100 Кбайт пам'яті кодів) та між такими мережами, з'єднаними через Інтернет.

На основі мікрокомп'ютера Raspberry Pi розроблено програмне та апаратне забезпечення для системи віддаленого збору експериментальних даних на базі технології CoAP/CoRE. Програмне забезпечення на мові Python зчитує дані з датчика температури та вологості DHT-22 та за допомогою вбудованого CoAP-клієнта відсилає дані на відповідний ресурс, що встановлений на CoAP-сервері. Передбачена також можливість підключення нових пристроїв. Протокол CoAP реалізовано на основі транспортного протоколу UDP, що покращує швидкодію для малих розмірів пакетів даних. Кожен пристрій, приєднаний до Raspberry Pi, має свій унікальний URL, де міститься вся інформація про доступні ресурси цього пристрою. Перетворення запитів CoAP-протоколу у запити протоколу HTTP дозволяє реалізувати просте кешування, що використовується для датчиків, які опитуються кожні п'ять-десять хвилин. Дані зберігаються на проксі-сервері, тому при запиті відсилаються останні одержані дані без опитування пристрою, який може бути відключеним в цей час. Протокол CoAP підтримує аналоги стандартних HTTP-запитів (Post, Get, Put, Delete) для ефективного використання ресурсів та спрощеного підключення нових пристроїв. Програма-сервер розроблена на мові Java. Для роботи із CoAP протоколом використовується фреймворк Californium. Розроблено простий Web-інтерфейс для перегляду даних через браузер.

Мікропроцесорні мережі CoRE/CoAP дозволяють повноцінне функціонування вимірювальних мереж на базі малорозрядних мікроконтролерів. Для збору та передачі вимірювальної інформації достатньо апаратних ресурсів та оперативної пам'яті 8-бітних мікропроцесорів. Використана технологія є практичною, приклади її типової реалізації знаходяться у вільному доступі.

#### **УДК 532.546.6**

**Троценко Д. С., Зінченко Д. М., Шквар Є. О.**

### **ВПЛИВ АКТИВНОГО КЕРУВАННЯ ПРИМЕЖОВИМ ШАРОМ НА ЗМЕНШЕННЯ ОПОРУ ТЕРТЯ КРИЛА**

В останні роки з особливою гостротою постала проблема енергозбереження. Поступова оптимізація силових установок та аеродинамічних форм літаків призвела до того, що традиційні методи



підвищення енергозбереження практично вичерпані. У майбутньому цей процес буде тільки посилюватися. В авіації зазначена проблема стимулює дослідження, спрямовані на вивчення можливостей поліпшення льотних характеристик літака. А саме зменшення опору і збільшення підйомної сили, що призводить до скорочення витрат палива.

Як відомо, опір літака включає в себе опір тертя та опір тиску. Згідно з дослідженнями, що були проведені В.І. Корніловим, складова опору тиску зведена до мінімуму довершеною аеродинамічною формою сучасних авіалайнерів. Натомість, складова опору тертя може бути зменшена методами, які ще очікують детальних досліджень.

Системи активного керування примежовим шаром досліджувалися в різних країнах світу і раніше. Але визначення оптимального, з точки зору зменшення опору, та з точки зору технологічних міркувань, розміщення та довжини ділянки видуву на реальному профілі крила досліджені недостатньо.

На прикладі пласкої пластини було визначено величину впливу на опір тертя, в залежності від зміни швидкості видуву повітря через пористу поверхню. Також, було визначено вплив на величину опору тертя, в залежності від величини ділянки видуву вздовж хорди. Встановлено величину впливу на опір тертя, в залежності від розташування ділянки видуву по хорді. Було визначено швидкість видуву, розташування та величину ділянки видуву на хорді крила. Був проведений розрахунок аеродинамічних характеристик літака без та з ділянкою видуву.

Результати дослідження можуть бути використані для покращення аеродинамічних характеристик літаків, зокрема Ан-124.

Практичне використання результатів може бути включене до навчального процесу на кафедрі ПСКЛА, а саме до навчально-методичної літератури, або бути використане при написанні дисертаційного дослідження.

**УДК 533.6.04**

**Царелунга О.О., Вірченко Г.А.**

## **ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОГО ПОЛОЖЕННЯ КРИЛА ДОЗВУКОВОГО ЛІТАЛЬНОГО АПАРАТУ**

В авіаційній науці і авіабудуванні вже давно існує поділ літаків в залежності від розташування крила по відношенню до фюзеляжу на високоплан, середньоплан і низькоплан. Причому, треба наголосити, що мова йде про моноплани, тобто про літаки з одним крилом, на відміну від біпланів, трипланів і т.д.

При розробці нового літака, а особливо БПЛА, конструктори намагаються досягти максимальної ефективності його використання. Для досягнення максимальної дальності польоту, велику роль відіграє схема розташування крила відносно фюзеляжу.

Нові наукові і технічні результати. Проведено параметричні дослідження по визначенню показників, що характеризують максимальну дальність польоту дозвукового літака, а саме значення максимальної величини добутку аеродинамічної якості на число Маха  $(K * M)_{\max}$  та максимальне відношення аеродинамічної якості до квадратного корення з коефіцієнта підйомної сили  $(K/\sqrt{C_y})_{\max}$  при різних значеннях числа Маха (M) та коефіцієнту підйомної сили ( $C_y$ ), тобто при будь-якому режиму польоту.

Аналіз результатів досліджень показав, що оптимальним положенням крила літака відносно фюзеляжу з точки зору забезпечення максимальної дальності польоту при числах Маха менше 0,55 є високоплан. При досягненні чисел Маха більших 0,55 спостерігається значне падіння максимального відношення аеродинамічної якості до квадратного корення з коефіцієнта підйомної сили  $(K/\sqrt{C_y})_{\max}$  при схемі високоплан, чого не спостерігається при схемі середньоплан, де цей показник практично незмінний на всьому діапазоні значень чисел Маха. Тому при числах Маха більших 0,55 доцільно використовувати схему середньоплан для більш ефективного використання літального апарату з точки зору дальності польоту.

Практичне використання результатів може бути використано при проектуванні нових літаків, в тому числі БПЛА літакового типу, включене до навчально-методичної літератури (підручники, навчальні та методичні посібники, рекомендації до виконання курсових робіт і т. д.), впровадження на кафедрі ПСКЛА, або використане при написанні дисертаційного дослідження (отримані аналітичні залежності та чисельні значення можуть бути корисні для розробки і дослідження подібних задач).

**УДК 621.3.088.6**

**Циганов А.Л.**

**ОРГАНІЗАЦІЯ БАГАТОКАНАЛЬНИХ СИСТЕМ ЗБОРУ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДАНИХ**

Вимірювання інтегральних значень фізичних величин є найпоширенішим видом вимірювань. Найчастіше розглядають саме одноканальні вимірювання, для яких розроблена велика кількість методів та засобів, що забезпечують отримання результату з мінімальною похибкою. Однак переважна більшість технологічних процесів та експериментальних досліджень передбачають моніторинг великої кількості різноманітних параметрів. Тому виконання багатоканальних вимірювань є ще більш важливою задачею.

При відсутності в схемі багатоканального вимірювання пристроїв вибірки зберігання (ПВЗ) між вибірками сигналів виникає часовий зсув. Якщо не враховувати даний зсув, то він проявляється у вигляді фазового зсуву між двома сигналами, що викликає велику похибку при обробці вибірок. І навіть якщо врахувати даний часовий зсув, то все одно подальша обробка сигналів суттєво ускладнюється, оскільки вони не мають спільної часової сітки. Тому важливо розробити алгоритм, який дозволив би врахувати такий зсув в часі і скорегував викликану ним похибку.

Найпростішим вирішенням такої задачі є інтерполяція двох сигналів в одній часовій сітці. Головною умовою для застосування такого підходу є виконання умови теореми Котельникова, тобто період дискретизації сигналу має бути хоча б в два рази менший за період самого сигналу. Тоді вхідний сигнал може бути відновлений за допомогою інтерполяційного ряду.

Незважаючи на відсутність на вході ПВЗ, завдяки відновленню сигналу другого каналу в моменти вибірок для першого каналу можна виконувати їх подальшу спільну цифрову обробку. Похибка зумовлена інтерполяцією сигналу, як правило, значно менша за решту складових похибки (похибка квантування, нелінійності АЦП).

Дослідження ефективності інтерполяції для корекції часового зсуву варто виконувати на моделі реального багатоканального сигналу. Для цього створено імітаційну модель вимірювання активної потужності сигналу, що представляє собою двоканальну вимірювальну систему. Один з каналів призначений для вимірювання напруги, інший – для вимірювання струму.

Для підвищення точності вимірювання запропоновано алгоритм інтерполяції з накладанням вагових вікон, що дозволяє за допомогою цифрової обробки сигналів отримувати результат вимірювання з бажаною точністю в широкій смузі частот, навіть за відсутності кратності частоти дискретизації та частоти сигналу.

Запропонований алгоритм є основою для його застосування в багатоканальних вимірювальних системах, де вимірювальні величини взаємопов'язані між собою. Це дозволить оптимізувати процес вимірювання та зменшити загальну вартість пристрою за рахунок вилучення ПВЗ.

**УДК 621.3.087.47**

**Чемерис А.Т.**

## **АВТОМАТИЗОВАНА ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ЗА ЖИТТЄДІЯЛЬНІСТЮ БДЖОЛИНИХ СІМЕЙ ТА ПРОЦЕСОМ ЗБОРУ МЕДУ**

Однією з найвідоміших сільськогосподарських галузей в Україні є бджільництво. Медоносні бджоли здатні долати величезні відстані, щоб принести екологічно чистий пилок і нектар. Продукти життєдіяльності

бджіл не лише вживають в їжу, ними ще і лікуються, що набагато продуктивніше і натуральніше за дорогі фармацевтичні препарати. Але для цього необхідно постійно створювати комфортні умови утримання бджолиних сімей та охороняти пасіки від небажаного втручання сторонніх осіб.

Інформаційно-вимірювальна система (ІВС) контролю за життєдіяльністю бджолиних сімей, що розробляється, дозволяє відстежувати стан вуликів віддалено (наприклад, зі смартфона), значно зменшуючи фізичне втручання в життя самих бджіл, та попереджати в реальному часі про загрози, які з'явилися поруч з пасікою.

Для контролю за продуктивністю виробництва меду зазвичай на кожній пасіці виокремлюється так званий контрольний вулик, який ставиться на ваги, що контролюють бджолину сім'ю середньої сили. Контрольний вулик зважують щодня ввечері і за різницею у вазі визначають прибуток або збиток меду за добу. За свідченнями контрольного вулика судять про роботу всієї пасіки. Основною складовою ІВС, що розробляється, є ваги для контрольного вулика, які працюють в діапазоні до двохсот кілограмів з роздільною здатністю сто грам. ІВС контролює та вимірює і інші параметри, необхідні для знаходження найкращих умов утримання бджіл та прогнозування врожаю меду. Комплексні дані записуються системою у базу даних, за допомогою якої можна проводити дослідження життєдіяльності бджолиних сімей, відстежувати ефективність роботи пасіки, охороняти вулик або павільйон, проводити екологічні дослідження і отримувати сповіщення на електронну адресу або SMS в разі виходу екологічних параметрів за допустимі межі, різке зниження маси вулику або вторгнення.

Особливістю системи, що розробляється, є і те, що вона дозволяє дистанційно без порушення мікроклімату бджолиного гнізда контролювати життєдіяльність бджолиних сімей протягом усього року.

У порівнянні з аналогами, така система економічніша за рахунок створення власного програмного забезпечення, значною перевагою якого є можливість налаштування будь-яких бажаних параметрів.

Отже, автоматизована інформаційно-вимірювальна система контролю за життєдіяльністю бджолиних сімей та процесом збору меду забезпечує розширення функціональних можливостей і дистанційний контроль процесу збору меду, що беззаперечно підвищує продуктивність бджолиної сім'ї.

#### **УДК 681.562-5**

**Чмихун Є.М., Яремчук А.А., Богомазов С.А.**

### **СИСТЕМА ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ І МАГНІТНИХ ПОЛІВ В МОРСЬКОМУ СЕРЕДОВИЩІ**

Морські електромагнітні дослідження є однією з важливих складових частин морської геофізики. Проведення цих досліджень на величезних

практично недосліджених просторах Світового океану, що становлять 70,8 % поверхні земної кулі, представляє великий науковий інтерес, як у фундаментальному, так і в прикладному аспектах. Морські електромагнітні дослідження дозволяють передбачати землетруси, реєструвати вибухи та інші аномалії, а також проводити вивчення глибинного розподілу електропровідності морського дна, що дає унікальну інформацію про стан земних надр.

В результаті роботи було створено програмне забезпечення для обробки комплексних полів морських аномалій. Електромагнітне поле цих аномалій реєструється датчиками морського стенду. З одержаної інформації формується файл вхідних даних, який передається на вхід програмного додатку. При розробці програмного забезпечення використано метод одночасної обробки результатів вимірювань магнітного і електричного поля, так як в цьому випадку відкривається можливість більш повного врахування особливостей складних джерел поля, з'являється можливість аналізу модуляцій, які виникають в полях цих джерел під час руху аномалії.

У створеному програмному забезпеченні реалізовані алгоритми відновлення дальності, координат і інтенсивності джерел електричних і магнітних полів землетрусів і аномалій. Передбачено режим розрахунку коефіцієнта провідності ґрунту дна, який впливає на результати вимірювання потенціалів електричного поля. Для побудови об'ємного зображення розподілу електричного і магнітного полів використана бібліотека з відкритим вихідним кодом, яка надає широкий спектр способів інтерполяції, включаючи лінійну інтерполяцію та інтерполяцію кубічними сплайнами. Також реалізовано режим відображення проєкцій об'ємного зображення як для кожного поля окремо, так і для обох полів одночасно. Програмне забезпечення включає бібліотеку моделей типових джерел електричних і магнітних полів з можливістю її подальшого розширення для більш повного аналізу даних, одержаних з морського стенду.

Створене програмне забезпечення використовується для об'ємного відображення результатів вимірювань електричних та магнітних полів в морському середовищі, побудови моделей на основі експериментальних даних, а також для стеження за розвитком і рухом джерел цих аномалій.

**УДК 004.772**

**Шевкун М.С., Добролюбова М.В.**

## **СИСТЕМА ОБЛІКУ КІЛЬКОСТІ ІНФОРМАЦІЇ ПІД ЧАС НАДАННЯ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ ПОСЛУГ**

Одними із найважливіших та пріоритетних інноваційних складових соціально-економічного розвитку держави є сфера зв'язку і провідні телекомунікаційні технології. Сталий розвиток інформаційно-телекомунікаційної інфраструктури є основною передумовою для підвищення конкурентоспроможності економіки та інтеграції України у

глобальне інформаційне суспільство, дозволяє поліпшити умови і якість життя людини за рахунок доступу до національних та світових інформаційних ресурсів. На сучасному ринку телекомунікаційних послуг, де попит досяг певного насичення, основна увага операторів зв'язку спрямована на розширення переліку послуг та підвищення їх якості. Однією з найбільш вагомих послуг останнього часу є доступ до ресурсів мережі Інтернет, а саме: операції з цінними паперами, покупка товарів, платежі по рахунках різного типу, орієнтація і пошук об'єктів в місті тощо. При наданні послуг операторами зв'язку здійснюється облік обсягу послуг з метою їх тарифікації (за часом, за обсягом прийнятої та/або переданої інформації; без обмеження обсягу даних з обмеженням по швидкості передачі) і визначення абонентської системи оплати. Тому питання щодо запобігання надання неякісних послуг та захисту прав споживачів є дуже актуальним.

Особливістю системи, що розробляється, є можливість одночасного дослідження процесу пакетної передачі даних та вимірювання часу передачі даних з метою моніторингу і контролю обліку кількості інформації під час надання телекомунікаційних послуг. При цьому досліджуються величини різної природи: час, частота і об'єм інформації (біт). Пакетна передача даних в системі, що розробляється, реалізована на протоколах TCP/IP. До складу системи входить внутрішній кварцевий генератор, а також пристрій Arduino Uno на основі мікроконтролера ATmega16U2, який приймає вимірювальну інформацію, проводить її обробку та передає на персональний комп'ютер через послідовний інтерфейс USB. На комп'ютері встановлене відповідне програмне забезпечення (як стандартне, так і розроблене під вузькі задачі), за допомогою якого здійснюється керування системою та обробка результатів вимірювання, що заносяться до бази даних. Окрім цього, система, що розробляється, надаватиме можливість проводити метрологічний нагляд за якістю послуг, а саме: приймати та конвертувати інформацію про значення тривалості або кількості вимірюваної іншими системами обліку інформації та порівнювати її з власними результатами; визначати метрологічні характеристики випробувального обладнання та порівнювати їх з нормованими значеннями.

Отже, використання системи, що розробляється, дозволить одночасно контролювати і вимірювати декілька параметрів, забезпечуючи при цьому високу точність, та зменшити вартість проведення метрологічного контролю.

**УДК 006.83**

**Шнира А. В.**

## **МЕТОД ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ СТАТИСТИЧНОЇ ОБРОБКИ ДАНИХ ПРИ МАЛОМУ ОБ'ЄМІ**

Якість продукції оцінюється шляхом проведення випробувань. Результатом проведення дослідів виступає вибірка значень вимірюваної

величини. Також на результат випробування впливає випадкова величина. Основною умовою для спільної обробки даних є їх однорідність. Для перевірки на однорідність використовується теорія статистичної обробки даних. Було проведено аналіз існуючих найбільш використовуваних і ефективних статистичних параметрів вибірки. При цьому було встановлено, що найбільша ефективність досягається при достатньому об'ємі вибірки значень. Достатньою може вважатися вибірка  $n \geq 30$  значень. Бувають випадки, коли має місце проведення унікального, дорогого дослідження, або ж застосування методу із руйнуванням зразка матеріалу, і не виходить отримати вибірку потрібного об'єму. Часто вибірки не перевищують трьох, чотирьох значень. В такому випадку відкидання навіть одного значення може кардинально змінити реальну картину, а втрата статистичної надійності зростає до десятків відсотків, що в свою чергу ставить під сумнів достовірність отриманої інформації.

При малих об'ємах даних характерна асиметрія розподілу, при якій, практично, немає можливості визначити характер розподілу та провести перевірку однорідності на предмет аномальних значень. Мінімальні та максимальні значення викидаються за викиди. За класичною обробкою даних ми повинні виключити ці значення, але вага одного значення дорівнює 10-15 % точності результатів вимірювання. Тому, пропонується в якості ознаки, яка належить або не належить генеральній сукупності даних, використовувати коефіцієнт асиметрії, який є відношенням третього центрального моменту до кубу СКВ.

Мета – розробка методу, який дозволить підвищити точність результатів вимірювання.

Актуальність полягає у правильному прийнятті рішень яке допустиме значення повинно бути при вибірках малого об'єму.

Тому пропонується такий алгоритм, який можна застосувати у випробувальних лабораторіях з додатковим зовнішнім показником достовірності випробувань:

1. Змоделювати генеральну сукупність, що має нормальний закон розподілу.
2. Випадковим чином формуємо 1000 вибірок по 4 значення.
3. Оцінити вихід max або min значення за  $\pm 2\sigma$ .
4. Обчислити коефіцієнт асиметрії.
5. Побудувати залежність асиметрії від об'єму вибірки.

Таким чином, буде перевірений вплив асиметрії на вибірку малого об'єму та знайдені граничні значення коефіцієнта асиметрії.