

ВІДГУК

офіційного опонента
на дисертаційну роботу **Голуб Катерини Юріївни**
"Методи і засоби підвищення точності дієлькометричних вологоміврів",
що подана на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук
за спеціальністю 05.11.13 – прилади і методи
контролю та визначення складу речовин

Актуальність теми. Вологометрія є однією з найбільш складних галузей вимірювань та приладобудування, що обумовлено багатокomпонентністю та гетерогенністю речовин, які містять вологу та підлягають неруйнівному контролю. Цей факт вимагає приймати до уваги фізико-хімічні властивості всієї досить складної контрольованої системи "речовина-волога". Найбільш розповсюдженими на практиці аналізаторами вмісту вологи є дієлькометричні ємнісні перетворювачі. В цих перетворювачах інформативним параметром є електрична ємність, яка залежить від зміни діелектричної проникності середовища, що функціональна зв'язана із вмістом вологи. Для засобів вимірювання даної групи характерною є корельована похибка, що викликана різними значеннями вихідної відносної діелектричної проникності аналізованих матеріалів в обезводненому стані, тобто "сортовою невизначеністю", величина якої в багатьох випадках перевищує значення інших складових похибки. Відзначимо, що традиційні способи її компенсації ефективні лише тоді, коли сорт досліджуваного матеріалу є апіорі відомим.

Найбільш перспективними методами підвищення точності вимірювань в цієї ситуації є методи без поліпшення метрологічних характеристик окремих вузлів засобів вимірювань, які засновані на введенні в систему надмірності, що дозволяє отримати додаткову інформацію не тільки щодо вимірюваної величини, а й про похибки. Таким чином, в наслідок додаткових операцій можна виключити ці похибки з результату вимірювання. Тому розробка структурно-алгоритмічних методів підвищення точності засобів вимірювання, що передбачає визначення вологості із застосуванням тестових методів, є актуальним науково-практичним завданням, яке визначило напрям досліджень у дисерта-

ційній роботі та обумовило актуальність теми дисертації.

Актуальність теми роботи підтверджується також тим, що вона пов'язана з виконанням держбюджетних науково-дослідних робіт Міністерства освіти і науки України «Методологія проектування елементів та інформаційно-вимірювальних систем контролю параметрів авіаційних двигунів і промислових паливно-енергетичних комплексів» (державний реєстраційний номер 0111U001072) і «Методологія удосконалення промислових паливно-енергетичних комплексів та авіаційних двигунів з використанням інформаційно-вимірювальних систем моніторингу станів, що змінюються, в умовах невизначеності вхідних даних» (державний реєстраційний номер 0115U000838).

Оцінка змісту дисертаційної роботи, її завершеність

Дисертаційна робота Голуб К.Ю. складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел і одного додатка.

У вступі наведена загальна характеристика роботи, обґрунтовано актуальність досліджень, сформульовано їх мету і задачі, визначено об'єкт і предмет досліджень, викладено наукову новизну і практичне значення отриманих результатів, показано зв'язок роботи із науковими програмами.

У першому розділі проведено аналіз методів та приладів для вимірювання вологості речовин. Встановлено, що за обсягом виробництва найбільш поширеними є діелькометричні вологоміри. При цьому невизначеність вимірювань даними вологомірами становить близько 0,5 %. Також у даному розділі проведено аналіз способів визначення вологості речовин у межах діелькометричного методу. Найбільш ефективним з точки зору компенсації «сортової невизначеності» виявився спосіб із застосуванням тестових методів.

В результаті проведеного в першому розділі аналізу виявлено найбільш важливі завдання та актуальні напрямки дослідження.

У другому розділі проведено дослідження відомих тестових алгоритмів підвищення точності діелькометричних вологомірів, що дозволяють зменшити вплив сорту речовини на результат вимірювання. Встановлено, що жоден з розглянутих тестових алгоритмів не дозволяє повністю позбутися «сортової не-

визначеності», а ті алгоритми, які забезпечують задовільну компенсацію даної величини, мають ряд інших недоліків, таких як недостатня порівняльність отриманих результатів з дійсними значеннями, труднощі реалізації, тощо.

Результати, які отримано здобувачем в другому розділі, використано в подальшому при проведенні порівняльної оцінки розробленого в дисертаційній роботі тестового алгоритму з наявними.

У третьому розділі розроблено неоднорідні тестові алгоритми визначення вологості речовин, що дозволяють компенсувати «сортову невизначеність» вимірювань діелькометричними вологомірами: перший тестовий алгоритм, в якому в якості тестових впливів застосовують адитивний та мультиплікативний тести, і другий тестовий алгоритм, в якому крім адитивного та мультиплікативного тестів проводять додатковий комбінований тест. В результаті порівняльного аналізу розроблених тестових алгоритмів з найбільш досконалими серед виявлених аналогів визначено, що запропоновані в роботі алгоритми (переважно другий) мають кращі показники з компенсації «сортової невизначеності» вимірювань, збігу отриманих результатів з дійсними значеннями вологості, простоти реалізації і експлуатації та ін.

У четвертому розділі проведено експериментальні дослідження розробленого тестового алгоритму визначення вологості речовин для підтвердження можливості компенсації даним алгоритмом «сортової невизначеності» вимірювань ємнісними діелькометричними вологомірами. Розроблено методику проведення експериментів і ємнісний первинний перетворювач для практичної реалізації тестових впливів. За результатами експерименту встановлено, що розроблений тестовий алгоритм дозволяє в достатній мірі компенсувати «сортову невизначеність» для матеріалів з діелектричною проникністю від 2 до 3,5 і з вмістом води від 0 % до 30 %.

Розроблено методику визначення вологості сипучих речовин термогравіметричним методом, яка може бути використана для калібрування діелькометричних вологомірів, оцінено її метрологічні характеристики. Визначено фактори, що мають найбільший вплив на процес вимірювання, і знайдено рівнян-

ня зв'язку для визначення вологості речовини. Проведено повний факторний експеримент, і отримано математичну модель вимірювального процесу.

В додатку до дисертаційної роботи наведено акти впровадження її результатів в виробництво.

Висновки до розділів та за результатами роботи сформульовано достатньо чітко та в лаконічному вигляді віддзеркалюють зміст дисертаційної роботи.

Список використаних джерел складається зі 193 найменувань, є досить повним і охоплює сучасні вітчизняні та зарубіжні публікації.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертаційній роботі Голуб К.Ю., не викликає сумнівів і базується на аналізі науково-технічних джерел за даною проблемою, коректній постановці мети і задач дослідження, використанні сучасних методів дослідження, співставленні і критичному аналізі отриманих результатів у порівнянні з результатами інших дослідників та логічному формулюванні отриманих висновків. Теоретичні дослідження виконано з використанням сучасного математичного апарату для аналізу фізичних явищ, які мають місце при вивченні діелектричних властивостей матеріалів. Отримані теоретичним шляхом результати перевірено експериментально, що підтверджує обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій.

Достовірність результатів досліджень забезпечується коректністю постановок математичних задач, застосуванням адекватних процедур математичного аналізу й методів математичної фізики, відповідністю побудованих математичних моделей фізичній суті процесів, що описуються. Наукові результати здобувача довели свою спроможність успішним використанням під час створення нових приладів неруйнівного контролю вологості на підприємствах України.

До основних нових наукових результатів дисертації слід віднести наступне:

- на основі теорії тестових методів підвищення точності вимірювань розроблено метод вимірювання вологості сипучих і рідинних речовин ділько-

метричними вологомірами з використанням адитивних та мультиплікативних тестових впливів, що дозволило зменшити вплив хімічного складу речовини, тобто "сорту", на результат вимірювання і, таким чином, підвищити точність дієлькометричних вологомірів;

- удосконалено метод вимірювання вологості сипучих і рідинних речовин дієлькометричними вологомірами з використанням адитивного, мультиплікативного та додаткового комбінованого тестів, у результаті чого невизначеність вимірювань, пов'язана з впливом сорту матеріалу, зменшена до 0,6 %;
- отримано математичну модель вимірювального процесу для визначення вологості сипучих речовин термогравіметричним методом, в результаті чого вдалося визначити фактори, які мають найбільший вплив при визначенні вологості даним методом, і за рахунок цього зменшити невизначеність вимірювань;
- набули подальшого розвитку тестові методи підвищення точності вимірювань об'ємного вмісту води.

Значимість отриманих результатів для науки і практичного використання

Розроблений та удосконалений методи визначення вологості можуть бути використані в дієлькометричних вологомірах при контролі вологості сипучих і рідинних речовин (наприклад, зерна, нафти, авіаційного палива і т.п.) та дозволяють отримувати більш точні результати за рахунок компенсації «сортової невизначеності». Розроблена методика визначення вологості сипучих речовин термогравіметричним методом може бути використана при калібруванні дієлькометричних вологомірів. Розроблений ємнісний первинний перетворювач вологості адаптивного вологоміра може бути використаний для практичної реалізації запропонованих тестових алгоритмів при визначенні вологості сипучих і рідинних речовин.

Результати дисертаційної роботи впроваджено в промисловість (випробувально-сертифікаційний центр НВП ХАРТРОН-АРКОС ЛТД, ПрАТ «Авіаконтроль») та в навчальний процес (кафедра авіаційних приладів та вимірювань

Національного аерокосмічного університету ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут»).

Повнота викладення результатів досліджень в опублікованих працях

Основні положення та результати дисертаційної роботи достатньо повно опубліковано у 24-х наукових працях, у тому числі 10-ти статтях у наукових фахових виданнях України, 6-ть з яких входять до наукометричних баз, 1-єї статті у закордонному науковому фаховому виданні (Польща), 1-ому патенті України на винахід, 12-ти матеріалах і тезах доповідей у працях наукових конференцій. У цілому рівень і кількість публікацій та апробації матеріалів дисертації на конференціях повністю відповідають вимогам МОН України.

Оформлення дисертаційної роботи

Матеріал роботи викладено послідовно, грамотно, математично коректно з використанням загальноприйнятої термінології та з дотриманням сучасних правил подання наукової інформації. Дисертацію та автореферат оформлено згідно з вимогами до оформлення науково-технічної документації. Результати дослідження в достатній мірі проілюстровано графічним матеріалом.

Зміст автореферату є ідентичним основним положенням дисертації.

По дисертаційній роботі можна зробити наступні зауваження:

1. Назва дисертаційної роботи дещо ширша ніж її зміст. На мій погляд у назву дисертації доцільно було би ввести термін "сортова невизначеність", наприклад "Методы и средства компенсации сортовой неопределенности диэлькометрических влагомеров";
2. Структура дисертаційної роботи досить оригінальна та відрізняється від зазвичай прийнятої. Розділ 2 роботи фактично є розширеним продовженням розділу 1, де в результаті аналізу відомих підходів доводиться необхідність проведення запланованих у роботі досліджень, але саме це завдання мав би вирішувати розділ 1, який присвячено аналізу сучасного стану проблеми вимірювання вмісту вологи в різних матеріалах;
3. Дещо дивним виглядає в цьому сенсі критичний аналіз в розділі 2 своєї ж статті здобувача [3], в якій вирішувалася задача компенсації "сортової

- невизначеності", із наступним висновком щодо непридатності запропонованого метода;
4. Важко назвати оптимальним запропонований здобувачем вибір коефіцієнтів в знаменниках виразів (3.23) та (3.42), де використано їх пошук перебором із дискретним апіорі заданим шагом h . Доречи, значення цього шагу в дисертації так і не наведено;
 5. В розділі 4 дисертації із використанням регресійного аналізу побудовано математичну модель вимірювального процесу для визначення вологості сипучих речовин термогравіметричним методом, але цього недостатньо. Необхідно провести також оцінку якості згоди прийнятої моделі визначенням коефіцієнту множинної детермінації R^2 , перевірку значущості рівняння регресії за допомогою F - критерію дисперсійного аналізу, перевірку значущості окремих коефіцієнтів регресії із використанням t - критерія, отримати інтервальні оцінки для значущих коефіцієнтів;
 6. У всьому тексті роботи при опису складових формул відсутні одиниці вимірювань, що є неприпустимо;
 7. Іноді в тесті в цілому грамотно написаної дисертації зустрічається не зовсім вдале вживання термінів, зокрема "сходимость" замість "совпадение" див. стор.89, 90 та "незакономерно" замість "не адекватно" див. стор.93.

Загальний висновок по дисертації

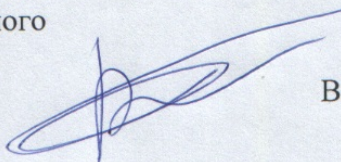
Дисертаційна робота Голуб Катерини Юріївни «Методи і засоби підвищення точності дієлькометричних вологомірів» за своїм змістом відповідає паспорту спеціальності 05.11.13 – "прилади і методи контролю та визначення складу речовин" за напрямком "Підвищення точності, вірогідності, чутливості, швидкодії, надійності приладів контролю та визначення складу речовин".

Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, яка розв'язує актуальну науково-прикладну задачу, суть якої полягає в підвищенні точності вимірювань вологості дієлькометричними вологомірами за рахунок компенсації впливу сорту речовини на результати вимірювання. Дисертаційна робота

відповідає вимогам п.п. 9, 11, 12 «Порядку присудження наукових ступенів», щодо кандидатських дисертацій, а здобувач Голуб Катерина Юріївна заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.11.13 – прилади і методи контролю та визначення складу речовин.

Офіційний опонент:

завідувач кафедри комп'ютеризованих та інформаційних технологій у приладобудуванні Черкаського державного технологічного університету,
доктор технічних наук, професор



В. Я. Гальченко

