67-72-17/3
15.02.16

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертацію Декуши Леоніда Васильовича ***«Засоби теплометрії на базі термоелектричних перетворювачів теплового потоку»***, представлену на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук із спеціальності 05.11.04 – прилади та методи вимірювання теплових величин

Актуальність теми. На сьогоднішній день особливу актуальність мають дослідження та модернізація теплоенергетичних об'єктів та енергоємних технологій, що пов'язане, в першу чергу, з вирішенням проблем енерго- та ресурсозбереження. Тому суттєве значення мають вимірювання, оперативний контроль і регулювання теплових параметрів, серед яких значне місце займає тепловий потік Саме з цією обставиною пов'язане виділення теплометрії в самостійний науковий напрям експериментальної теплофізики, актуальність якого підкреслюється ще й тим, що безперервно зростає попит на прості і надійні засоби вимірювання теплового потоку.

Основними завданнями в теплометрії є зокрема, розширення діапазону вимірювань, підвищення чутливості та швидкодії засобів вимірювання, збільшення часової та температурної стабільності їх характеристик, підвищення точності вимірювання, тощо.

Тому подальше удосконалення та розроблення нових перетворювачів теплового потоку з покращеними метрологічними і експлуатаційними характеристиками, створення на їх основі теплофізичних засобів теплометрії нового покоління та вдосконалення системи метрологічного забезпечення теплометрії в Україні є актуальною науково-технічною проблемою.

Оцінка змісту дисертаційної роботи, її завершеність. Дисертація складається зі вступу, 6 розділів, висновків, списку використаних джерел з 444 найменувань, 6 додатків та включає 320 сторінок основного тексту, 155 рисунків і 42 таблиці на 117 сторінках, 58 сторінок додатків.

Дисертаційна робота виконана відповідно до тематики науково-дослідних робіт Інституту технічної теплофізики НАН України в рамках пріоритетних напрямів розвитку науки і техніки України, а саме: держбюджетних науково-дослідних робіт НАН України за напрямом «Методи, засоби і метрологічне забезпечення теплофізичних вимірювань» (1990-1993 рр., №ДР UA01013901P; 1994-1996 рр., №ДР 0194U027206; 2000-2002 рр., №ДР 0100U002419; 2001-2003 рр., №ДР 0101U002314; 2003-2005 рр., №ДР 0103U005193; 2005-2006 рр., №ДР 0105U006841; 2006-2008 рр., №ДР 0106U004619; 2007-2008 рр., №ДР 0107U002380; 2009-2011 рр., №ДР 0109U002570; 2012-2014 рр., №ДР 0112U001949); цільових комплексних програм РЕСУРС «Проблеми ресурсу і безпеки експлуатації конструкцій, споруд та машин» (2004-2006 рр., по договорам № Р.5.1-2004/656 від 01.04.2004 р., №ДР 0104U006498, № Р.5.1-2006/656 від 03.04.2006 р., №ДР 0106U004765) та «Науково-технічні основи вирішення проблем енергозбереження» (2006-2008 рр., по договорам № 700-2004 від 27.06.2006 р., №ДР 0106U009608, № 700/1 від 05.04.2007 р., №ДР 0107U005915; № 700/2-2008 від 14.04.2008 р., №ДР 0108U002710); планів державної стандартизації України (по договору № 721-95/827-95 до теми 3.02.2.102, 2004-2009 рр., №№ДР 0104U009488, 0104U009489, 0106U006951, 0107U2382, 0108U009016, 0109U007915), в яких здобувач брав участь як науковий керівник або відповідальний виконавець.

Зміст дисертаційної роботи, стиль та мова викладення, якість ілюстрацій відповідають вимогам МОН України до дисертаційних робіт на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук.

У вступі розкрито актуальність роботи, сформульовано мету і завдання дослідження, наведено наукову новизну і практичне значення роботи, зазначено особистий внесок здобувача, відомості щодо апробації та структури роботи.

У першому розділі наведено класифікацію методів вимірювання теплового потоку та його поверхневої густини, проведено аналіз сучасних засобів вимірювання, заснованих на методі допоміжної стінки. Показано, що при наявності широкої номенклатури робочих перетворювачів теплового потоку,

які випускаються в Україні, найбільш поширеними і перспективними є перетворювачі генераторного типу.

Проаналізовано світові тенденції щодо створення системи метрологічного забезпечення в галузі вимірювання теплового потоку та його поверхневої густини. Окреслено проблеми, розв'язання яких сприятиме покращенню метрологічних характеристик засобів теплометрії.

Другий розділ присвячено дослідженню факторів, що впливають на методичну похибку вимірювання густини теплового потоку на прикладі декількох задач, які віддзеркалюють різноманітність випадків застосування перетворювачів теплового потоку типу допоміжної стінки. На підставі результатів математичного моделювання показано, що зменшення основних складових методичної похибки вимірювання густини теплового потоку можливе при правильному виборі конструктивно-технологічних характеристик перетворювачів теплового потоку.

У третьому розділі розкриті основні принципи вдосконалення метрологічних та експлуатаційних характеристик перетворювачів теплового потоку в залежності від характеристик об'єкту вимірювання та умов теплообміну на його поверхні.

Показано, що для коректного застосування перетворювача теплового потоку в умовах конвективного і конвективно-радіаційного теплообміну необхідно зменшити його тепловий опір шляхом введення в конструкцію перетворювача теплових шунтів. Проблема часової стабільності метрологічних характеристик перетворювача вирішена в роботі шляхом переходу від широко використовуваного мідного покриття основного термоелектроду і покриття з дорогоцінних металів до нікелевого покриття. Крім того показано шляхи вирішення проблем, що пов'язані із стабілізацією функції перетворення в широкому діапазоні робочих температур, зменшенням на порядок інерційності перетворювачів для вимірювання неусталеного теплового потоку, а також контролю теплового потоку на обладнанні з тепловиділенням.

Четвертий розділ присвячено питанням метрологічного забезпечення теплометрії, а саме підвищенню точності відтворення та передавання розміру одиниці вимірювання поверхневої густини теплового потоку.

Проведено ґрунтовне дослідження факторів, які мають суттєвий вплив на точність відтворення та передавання одиниці вимірювання поверхневої густини теплового потоку в уставах еталонного рівня. При цьому розглянуто устави з конвективним та радіаційним способом підведення нормованого значення теплової енергії. Встановлено, що рівень спотворень теплового поля не залежить від відносної висоти перетворювача, а суттєво залежить від умов теплообміну на його бічній поверхні. Тому запропоновано забезпечувати відповідні умови при атестації перетворювача або конструктивно вводити охоронну зону навколо чутливого елемента. В роботі сформульовано рекомендації щодо конструктивного виконання еталонних перетворювачів теплового потоку та робочої комірки метрологічних устав. Крім того, розроблено проект схеми перевірки робочих засобів вимірювання поверхневої густини теплового потоку та потоку теплового випромінювання, що разом із створеними уставами є базою метрологічного забезпечення відповідної галузі вимірювань.

У п'ятому розділі розглянуто впровадження результатів виконаних наукових досліджень при вирішенні прикладних задач у різних галузях промисловості, а саме: будівельної, енергетичної, аерокосмічної, тощо.

В роботі описано створений на основі розроблених теплометричних методів і перетворювачів комплекс вимірювальних приладів і устав, які забезпечують контроль якості і сертифікацію різних виробів і матеріалів за теплофізичними характеристиками, терморадіаційними характеристиками пожежної безпеки, теплозберігаючими характеристиками будівельних виробів та конструкцій, а також засоби контролю теплових режимів в технологічних процесах, у відсіках космічних ракет-носіїв і на об'єктах ядерної енергетики.

Шостий розділ присвячено розробкам нормативно-методичних документів, що регламентують загальні вимоги до методів і засобів

вимірювання теплових величин, зокрема: національні стандарти (ДСТУ 3401, ДСТУ 3756, ДСТУ Б В.2.6-101 та ін.), міждержавні стандарти (ГОСТ 30486, ГОСТ 30619 та ГОСТ 25380), стандарти України гармонізовані з міжнародними (ДСТУ ISO 7345, ДСТУ ISO 10051, ДСТУ ISO 8301, ДСТУ ISO 11357, ДСТУ EN 673, ДСТУ EN 821, ДСТУ EN 1159 та ін.). А також розглянуто дві методики виконання вимірювань: методика М 00013184.5.023, яка встановлює методи вимірювання поверхневої густини теплового потоку та визначення конвективної і радіаційної складових при дослідженні теплообміну огороджувальної конструкції з оточуючим середовищем; методика МВУ 048 / 06-2012, в якій регламентовано виконання вимірювань опору теплопередаванню через конструкції будівель і споруд комбінованим тепловізійно-теплометричним методом.

У додатках наведено огляд сучасних перетворювачів теплового потоку, описано основні прилади оснащення стендів для атестації засобів вимірювання теплового потоку, розв'язок рівняння теплопровідності при дослідженні температурних та теплових полів в перетворювачі теплового потоку і контрольованому об'єкті, перелік нормативно-методичних документів, розроблених за участю дисертанта, а також інформацію про метрологічну атестацію створених теплометричних засобів вимірювальної техніки та впровадження результатів дисертації.

В цілому, дисертація Декуши Л.В. характеризується завершеністю, логічною структурою та послідовністю викладення матеріалу. Висновки у розділах, а також загальні висновки відповідають отриманим у дисертації науковим і практичним результатам.

Основні наукові результати досліджень та наукова новизна дисертації:

До найбільш вагомих наукових результатів дисертації, на мою думку, слід віднести такі:

– на підставі аналізу процесу вимірювання теплових величин визначено основні джерела виникнення методичних похибок вимірювання густини теплового потоку на контрольованих об’єктах різного типу;

– вперше розроблено та запропоновано способи покращення метрологічних та експлуатаційних характеристик перетворювачів теплового потоку із застосуванням нікелевого покриття основного термоелектроду, що дало можливість розширити температурний діапазон роботи перетворювача типу допоміжної стінки на область вище точки Кюрі;

– запропоновано та теоретично обґрунтовано структуру поліметалічних перетворювачів теплового потоку, виготовлених з матеріалів, які не підлягають технологічній операції волочіння, що дало змогу підвищити чутливість перетворювачів теплового потоку;

– отримала подальший розвиток теорія проектування перетворювачів теплового потоку, що стало базою для створення нових типів приладів з покращеними метрологічними характеристиками для визначення теплофізичних властивостей виробів та матеріалів;

– розроблено теоретичні засади проектування перетворювачів теплового потоку зі зменшеним тепловим опором для вимірювання густини теплового потоку в умовах високоінтенсивного теплообміну, а також перетворювачів спеціального призначення для дослідження неусталених процесів теплообміну;

– обґрунтовано основні засади створення метрологічної бази України для забезпечення єдності вимірювань теплового потоку та його поверхневої густини.

Наукове та практичне значення роботи. Основне значення представленої на відгук дисертації для науки полягає в тому, що створено теоретичні основи проектування засобів вимірювання теплового потоку з покращеними метрологічними та експлуатаційними характеристиками. Створено комплекс теплометричних приладів, установок та систем для вирішення широкого кола практичних задач у будівництві, теплоенергетиці, аерокосмічній галузі, тощо.

Розроблено і впроваджено в науково-практичний комплекс України метрологічні засоби нового покоління для відтворення та передавання розміру

одиниці вимірювання густини теплового потоку, а також систему нормативних документів та методик.

Практична цінність дисертації підтверджена численними актами впровадження результатів досліджень.

Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій. Результати роботи є науково обґрунтованими і не суперечать фізичним законам та існуючим уявленням про матеріальний світ.

Автором дисертації чітко окреслені і логічно побудовані мета та завдання дослідження, обґрунтовано теоретичні та методичний підходи щодо їх виконання. Апробація основних наукових положень та практичних результатів дисертації проведена на 33 міжнародних наукових конференціях, школах і семінарах.

Повнота викладення результатів дисертації в опублікованих працях. Основні положення і результати роботи опубліковані в 45 друкованих працях, серед яких: 35 статей у наукових фахових виданнях України, 6 публікацій у виданнях, що входять до наукометричних баз даних, та 4 патенти України.

Конкретний персональний внесок здобувача в роботи, які написані у співавторстві, відображений як в дисертації, так і в авторефераті.

Відповідність змісту автореферату основним положенням дисертації. В цілому автореферат написаний у відповідності до існуючих вимог МОН України та містить всі необхідні складові. У ньому викладена основна суть проведених досліджень, наведені висновки та список основних публікацій. Порівняння змісту автореферату з текстом дисертації дозволяє стверджувати, що він адекватно відображає дисертаційну роботу і повною мірою висвітлює основну сутність виконаних досліджень і отриманих результатів.

Використання в докторській дисертації результатів наукових досліджень, на основі яких захищено кандидатську дисертацію. В докторській дисертації в оглядовій частині наведено розрахункові залежності для визначення коефіцієнту перетворення термоелектричних первинних перетворювачів теплового потоку та представлено дані щодо метрологічних

устав серії КГУ, що були отримані в рамках підготовки кандидатської дисертації.

Оформлення дисертації. Стиль викладення матеріалів дисертації та автореферату, в цілому, відповідає загальноприйнятому для наукових видань. Текст роботи викладено на достатньому науково-професійному рівні. Наукові положення, висновки та рекомендації викладено чітко, сприймаються однозначно. Оформлення дисертації та автореферату відповідає вимогам МОН України.

Зауваження по дисертаційній роботі і автореферату.

Немає.

Висновок

Дисертаційна робота Декуши Леоніда Васильовича «Засоби теплометрії на базі термоелектричних перетворювачів теплового потоку» є завершеною працею, містить висунуті здобувачем нові наукові положення, а також науково обґрунтовані теоретичні і експериментальні результати, що в сукупності вирішують актуальну наукову проблему, яка полягає у розвитку наукових, технічних та нормативних засад створення засобів теплометрії на базі термоелектричних перетворювачів теплового потоку виду допоміжної стінки з покращеними метрологічними і експлуатаційними характеристиками, створення на їх основі теплофізичних засобів вимірювання нового покоління та вдосконалення системи метрологічного забезпечення теплометрії в Україні.

Робота характеризуються єдністю змісту і свідчить про особистий внесок здобувача у науку.

Мета роботи, поставлені та розв'язані в ній завдання, викладені основні наукові результати дозволяють зробити висновок про те, що дисертаційна робота відповідає паспорту спеціальності 05.11.04 – прилади та методи вимірювання теплових величин та профілю спеціалізованої вченої ради Д 35.052.08.

На підставі проведеного аналізу дисертаційної роботи Декуши Л.В. «Засоби теплометрії на базі термоелектричних перетворювачів теплового

потоку» можна зробити висновок про те, що за актуальністю, науковим рівнем, отриманими науковими результатами та практичною цінністю вона відповідає вимогам постанови Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567 «Про затвердження Порядку присудження наукових ступенів» у частині, зазначеній п. 9, 10, 12, 13, а її автор, Декуша Леонід Васильович, заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук за вказаною спеціальністю.

Офіційний опонент,
доктор технічних наук, професор
кафедри Інформаційно-вимірювальних
технологій Інституту комп'ютерних
технологій, автоматики та метрології
Національного університету
«Львівська політехніка» Микитин І.П.

Підпис Микитина І.П. підтверджую
Вчений секретар Національного університету
"Львівська політехніка",
к.т.н., доцент ***Брилинський Р.Б.***