

ВІДГУК
офіційного опонента

на дисертаційну роботу Василюхи Христини Василівни
«Вдосконалення нормативно-технічної бази випробувань сонячних
перетворювачів»,
представлену до захисту на здобуття
наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю
05.01.02 – стандартизація, сертифікація та метрологічне забезпечення.

Дослідження присвячене вдосконаленню існуючих нормативних документів та контрольно-виміральної апаратури, які використовуються під час випробувань сонячних перетворювачів. Запропоновано шляхи вдосконалення радіометра (калориметра) з електричним заміщенням для теплових випробувань і визначення ефективності сонячних колекторів. Для покращення комплексу технічних характеристик такого обладнання запропоновано застосовувати напівпровідникові термочутливі діоди, які по черзі використовуються як сенсори температури під час сприйняття сонячного опромінення та як нагрівачі.

Актуальність теми підтверджується тим, що використання енергії сонячного випромінювання в паливно-енергетичному балансі України є важливим напрямом реалізації політики енергозбереження і одним з пріоритетів у створенні високоефективної, екологічно чистої енергетики.

У роботі основна увага зосереджена на удосконаленні вимірвальних пристроїв та методах оброблення виміральної інформації, а саме метрологічна складова цього процесу є **актуальною** науковою темою і з успіхом розвинута дисертантом.

Метою роботи «Вдосконалення нормативно-технічної бази випробувань сонячних перетворювачів» є вдосконалення нормативно-технічної бази та контрольно-виміральної апаратури, які застосовуються для лабораторних випробувань сонячних перетворювачів, та дослідження їх ефективності.

Обрання об'єктом дослідження вимірювання енергетичних параметрів випромінювання поширює застосування розроблених засобів і отриманих залежностей не лише для випробувань, а й для контролю багатьох технологічних процесів.

Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох основних розділів, висновків, списку використаних джерел та семи додатків.

У першому розділі автор провела аналіз існуючих методів, засобів та нормативної документації випробувань сонячних перетворювачів, розглянуто доцільність та ефективність використання сонячних установок, зважаючи на високий потенціал сонячної енергії в Україні. Встановлено, що через трудомісткість та складність процедур калібрування контрольно-виміральної апаратури суттєво стримується широке впровадження геліотехнічного обладнання.

Розглянуто стан та напрямки досліджень обладнання, яке використовується під час вимірювання сонячного та теплового випромінення і температури. Зазначено доцільність розробки приймачів сонячного випромінювання, які б з високою точністю і чутливістю вимірювали енергетичні параметри оптичного випромінювання.

У другому розділі викладені особливості проведення випробувань сонячних перетворювачів в умовах, близьких до експлуатаційних під час їх опромінення сонцем, або в лабораторних умовах з використанням імітаторів. Зазначено, що одним з найважливіших параметрів, що визначають ефективність сонячних перетворювачів є розрахунок коефіцієнту корисної дії, який потребує використання спеціалізованого випробувального обладнання та удосконалення і спрощення процедури вимірювання зі зменшеними економічними затратами.

Аналіз показав, що вимоги поставлені в міжнародних стандартах до вимірювання сонячного випромінення і температури є достатньо високими і регламентують тривалу процедуру їх калібрування; доцільним є еталонування випромінювальної здатності випромінювача або приймача сонячного випромінювання. При цьому для практичного вдосконалення процедури вимірювань енергетичних параметрів оптичного випромінювання зручніше використовувати відкалібрований радіометр з електричним заміщенням (калориметр) на основі прецизійних температурних сенсорів.

У третьому розділі обґрунтована пропозиція покращення комплексу технічних характеристик в радіометрах з електричним заміщенням з використанням високочутливих температурних сенсорів.

Представлені результати експериментальних досліджень напівпровідникових температурних сенсорів, які засвідчують доцільність використання досліджуваних сенсорів для вимірювання температури та різниці температур в радіометрах, із врахуванням вимог міжнародних стандартів до їх точності та чутливості. З метою визначення розкиду характеристик між сенсорами для трьох різних значень вимірювальних струмів розроблено конструкцію сенсорів, які можуть використовуватись в температурних каналах пристроїв для досліджень сонячних систем.

Розроблено структуру цифрового вимірювача різниці температур з досліджуваними сенсорами та запропоновано методику його калібрування з метою коригування адитивних і мультиплікативних складових похибки. Запропоновано процедуру коригування нелінійної складової похибки у всьому вимірювальному діапазоні, в основу якої покладено визначення параметрів апроксимаційних логарифмічних залежностей сенсорів на основі експериментальних даних.

У четвертому розділі показано практичну доцільність використання методу попереднього відбору транзисторів та статистичного усереднення їх характеристик завдяки послідовному сполученню з подальшим коригуванням їх похибок в декількох температурних точках і врахуванням їх індивідуальних характеристик у вторинному приладі (апаратним чи програмним способом).

Уточнена математична модель температурного сенсора, який складається з послідовно сполучених транздіодів, враховує всі основні фізичні процеси рп-переходу і може бути використана для теоретичного аналізу і подальшого вдосконалення сенсорів.

Запропоновано налаштовувати функцію перетворення прецизійних вимірювачів різниці температур у двох температурних точках, однією з яких може бути довільна температура всередині допустимого температурного діапазону вимірювань, а другою температура, значення якої відрізняється від температури першої точки приблизно на максимальне значення діапазону вимірювання різниці температур. Розроблено методику оцінювання непевності результату вимірювання енергетичної освітленості в радіометрах з електричним заміщенням.

Достовірність наукових результатів даної роботи забезпечується комплексними теоретичними та експериментальними дослідженнями методів і засобів метрологічного забезпечення випробувань сонячних перетворювачів, використанням атестованого вимірювального обладнання, збіжністю результатів оцінювання похибки за розробленою математичною моделлю та їх узгодженням з експериментальними даними, отриманими при дослідженні іншими методами.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у подальшому розвитку метрологічного забезпечення методів і засобів метрологічного забезпечення випробувань сонячних перетворювачів. **Уперше** запропоновано застосовувати напівпровідникові термочутливі діоди, які по чергово використовуються як сенсори температури під час сприйняття сонячного опромінення та як нагрівачі, а потім і сенсори температури під час електричного заміщення, причому в обох випадках сенсори нагріваються відносно температури довкілля на однакове значення, що дає можливість підвищення точності і швидкодії вимірювань (п.1).

За результатами аналізу нелінійності діодних сенсорів в цифрових вимірювачах температури **уперше** запропоновано коригувати похибку шляхом їх розміщення в термостаті за трьох різних температур, які включають 0С та значення приблизно рівні половині і максимальному значенню вимірюваної температури та процедуру визначення на цій основі параметрів логарифмічних апроксимаційних залежностей сенсорів, які в подальшому використовуються як адитивні поправки до його поточних показів, що забезпечує підвищення їх точності в широкому температурному діапазоні. (п.4).

Модифіковано (п.3) структуру цифрових вимірювачів температури з діодними сенсорами, в якій значення вимірювального струму, напруг зміщення і опорної для АЦП формуються від одного джерела зразкової напруги, що дає можливість взаємно незалежного коригування його показів у двох температурних точках, при 0С коригується адитивна складова похибки, яка в подальшому використовується як поправка до усіх результатів перетворень.

Практичне значення одержаних результатів полягає у розробленні доповнення до існуючих вітчизняних стандартів в частині теплових випробувань сонячних колекторів, які дають можливість вітчизняним виробникам сонячних колекторів зменшити собівартість випробувань своєї продукції безпосередньо в Україні. Також покращить практичне застосування запропонована методика вимірювання параметрів сонячного випромінення та визначення теплотехнічної ефективності сонячних перетворювачів у закритих приміщеннях із застосуванням імітатора потоку сонячного випромінення стимулюватиме розроблення нових та удосконалення існуючих конструкцій сонячних колекторів та перетворювачів.

Таким чином, *наукова новизна* роботи ґрунтується на науковому підході до розроблення і впровадження методів покращання метрологічного забезпечення опрацювання результатів випробувань і засобів вимірювань.

До роботи можна зробити такі **зауваження**:

1. Стосовно визначення наукової новизни отриманих результатів убачається деяке їх змішування з практичним значенням у п.2: «...процедура коригування похибок цифрового вимірювання різниці температур під час випробувань сонячних перетворювачів, яка полягає у встановленні і запам'ятовуванні нульових показів цифрового термометра ...» мають ознаки більше впровадження і практичного значення запропонованої методики і залежностей та описують умови і параметри їх застосування.
2. У формулюванні предмету дослідження змішано досягнуті результати у «покращенні нормативно-технічного забезпечення» та удосконалення методів вимірювань і засобів випробувань сонячних перетворювачів.
3. У тексті зустрічається термін «економічна ефективність», тоді як порядок відсутні будь-які фінансові параметри чи цінові співвідношення для її оцінювання; що недоцільно застосовувати.
4. Наявні деякі помилки редагування: у тексті роботи відсутнє посилання на джерело (рис. 2.2); у формулі (2.1) підписано параметр F як площу СК і далі в тексті (С.67) як коефіцієнт ефективності пластини; пропущені слова (С.78, С.103); помилки у бібліографічному записі літературних джерел (п. 46, 52, 90, 97).

Вказані зауваження не применшують значення роботи, **як закінченого наукового дослідження у галузі розроблення і впровадження методів покращання метрологічного забезпечення опрацювання результатів випробувань і засобів вимірювань.**

За результатами виконаної роботи автором опубліковано 17 наукових праць, серед них: 3 статті у фахових виданнях України, з них 1 у виданні України, що включене до міжнародної наукометричної бази SCOPUS, 2 статті у періодичних виданнях інших держав, 12 тез доповідей на міжнародних, всеукраїнських та студентських науково-технічних та науково-практичних конференціях. Поданий разом з дисертацією автореферат написаний у відповідності з вимогами МОН України і за змістом ідентичний дисертаційній роботі.

Висновки щодо відповідності дисертації вимогам Міністерства освіти і науки України. Не зважаючи на ряд вказаних зауважень, дисертація Василюхи Христини Василівни є завершеною науковою працею, в якій отримані нові наукові та практичні результати, що є теоретичним напрацюванням для розвитку метрологічного забезпечення контролю та випробовувань в результаті удосконалення вимірювальних пристроїв, засобів вимірювання та методів коригування складових непевностей результатів вимірювань енергетичних параметрів для сонячних перетворювачів.

Підсумовуючи вищесказане, вважаю, що за **своїм змістом, актуальністю, науковою новизною та практичною цінністю** дисертаційна робота Василюхи Христини Василівни повністю відповідає вимогам МОН України згідно з п. 9, 11 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567 щодо дисертацій на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук, а її автор заслуговує присвоєння наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.01.02 – стандартизація, сертифікація та метрологічне забезпечення.

Офіційний опонент

Головний науковий співробітник відділу організації науково-дослідної діяльності Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, к.т.н., доцент



Рудик Юрій Іванович

Підпис засвідчую:

Вчений секретар

Львівського державного університету

безпеки життєдіяльності

к.і.н., доцент



Р. В. Лаврецький