

## **ВІДГУК**

офіційного опонента Кошового Миколи Дмитровича  
на дисертаційну роботу Єфименка Сергія Андрійовича

**«Колориметричний метод та засіб для експрес-контролю якості зернових культур»**,

представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії  
за спеціальністю 152 – Метрологія та інформаційно-вимірвальна техніка

### **Актуальність теми.**

Представлена робота вирішує задачу створення технічного засобу для колориметричного експрес-контролю та удосконалення методів експрес-контролю якості зернових культур, підвищення точності та вірогідності отриманих результатів за рахунок використання методів статистичного аналізу результатів вимірювань.

Колір та зовнішній вигляд зерна визначають шляхом огляду зразка з метою встановлення його виду (культури) та виявлення його стану. Зерно свіже, нормально визріле, прибране і збережене в сприятливих умовах має добре виражений колір, властивий цій культурі. Зіпсоване зерно завжди явно потемніле, неоднорідне, іноді з плямами плісняви на поверхні.

З вищевикладеного актуальним є проведення експертизи якості зерна.

Прилади для вимірювання та визначення кольору поверхні використовуються вже не одне десятиліття. Нині вони дедалі більше знаходять собі застосування як у традиційних промислових галузях, так і у інших, включаючи сільське господарство. Актуальність розробки та виробництва нових сучасних апаратів та методів вимірювання кольору з широкими операційними можливостями, недорогих та зручних в експлуатації на сьогодні не викликає сумнівів.

Застосування колірної оптоелектроніки у сільському господарстві є новим актуальним напрямом досліджень аналізованого питання.

Пропонується один із методів контролю якості зерна за колірними характеристиками – колориметричний експрес-контроль, який дозволяє швидко та з достатньою достовірністю визначати за колірними відтінками особливості

типів зернових та їх стан.

Тема пов'язана з виконанням науково-дослідних робіт кафедри «Проектування та експлуатація електронних апаратів» Харківського Національного університету радіоелектроніки у межах науково-дослідної господарської договірної роботи «Використання електронної колориметрії для контролю параметрів зернових культур» (ДР № 0116U002540), в якій здобувач був відповідальним виконавцем.

### **Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертаційній роботі.**

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертаційній роботі Єфименка С. А., є високою і базується як на аналізі стану проблеми експрес-контролю якості зернових культур, так і на одержаних в дисертаційній роботі наукових результатів. Теоретичні дослідження виконано з використанням математичного апарату теорії імовірності та математичної статистики; математичних моделей дисперсійного аналізу при дослідженні інформаційних показників колориметричного контролю зернових культур; коваріаційного аналізу для визначення факторного впливу на функціональне перетворення параметра контролю при колориметричному дослідженні; дискримінантного аналізу при оцінюванні інформативності показників при колориметричному контролі; теорії інформації при оцінюванні вірогідності контролю показників якості зернових культур.

Отримані результати перевірені на приладі для вимірювання кольору, що підтверджує обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертаційній роботі.

### **Достовірність результатів досліджень.**

Достовірність результатів дисертаційного дослідження підтверджується результатами, отриманими з експериментальної установки, розробленої на кафедрі проектування та експлуатації електронної апаратури ХНУРЕ.

Наукові результати застосовані при створенні засобу колориметричного експрес-контролю якості зернових культур.

### **Наукова новизна отриманих результатів.**

1. Отримав подальший розвиток метод інформаційного аналізу системи показників колориметричного контролю якості зернових культур, що дозволив формувати систему показників в умовах невизначеності відтворення рівнів параметрів, що контролюються.

2. Введено поняття колориметричної функції, як узагальнюючої характеристики інтенсивності випромінювання відбитого і розсіяного випромінювання досліджуваних об'єктів, показана можливість використання розроблених аналітичних методів при дослідженні оптичного випромінювання як в часовій так і в частотній областях.

3. Отримані математичні моделі перехресних класифікацій, що враховують ефекти одночасної взаємодії трьох факторів (температури, вологості, освітленості) на результат вимірювання одиничного показника колориметричного контролю (жовтизна зерна пшениці), визначені рівняння для оцінювання достовірності статистичних висновків про інформаційну значимість показників колориметричного контролю.

4. Запропоновані аналітичні співвідношення, що дають змогу оцінити кількість інформації для кожного з показників колориметричного контролю при факторному впливі на лінійну функцію перетворення цих показників.

### **Значимість отриманих результатів для науки і практичного використання.**

Запропоновано найбільш економічний та простий у використанні тип колориметра та метод визначення колірних характеристик зерна. Розроблений цифровий колориметр дозволяє здійснювати експрес-контроль якості зерна з досить високими метрологічними показниками та не потребує високої кваліфікації обслуговуючого персоналу.

Він має наступні переваги: можливість експрес контролю, простота в експлуатації, висока достовірність (точність) вимірювання, відносна дешевизна. Можливості оптоелектронного колориметра значно перевершують за аналогічними параметрами інші прилади вимірювання кольору.

У ТОВ «НВП АЛЬТА» результати роботи використовуються при підборі налаштувань RGB-камер фотосепараторів для сортування різних сільгоспкультур (пшениця, ячмінь, гречка, соняшник, соя та ін.) (акт від 20.12.2019 р.).

На кафедрі фізики ХНУРЕ результати роботи впроваджені, в навчальний процес, де використовуються під час читання лекцій, проведення практичних та лабораторних робіт по геометричній та хвильовій оптиці за спеціальністю «видавничо-поліграфічна справа» (акт від 09.01.2019 р.).

#### **Повнота викладення результатів досліджень в опублікованих працях.**

Результати досліджень опубліковані у 20 роботах, серед яких: 1 монографія, 6 статей у наукових фахових виданнях України, 1 стаття у міжнародній наукометричній базі Scopus, 4 патенти на корисну модель України, 8 тезисів у матеріалах конференцій.

Опубліковані матеріали повністю відображають зміст дисертації та відповідають вимогам пункту 11 Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 6 березня 2019 р. № 167.

#### **Оцінка змісту дисертаційної роботи.**

Дисертаційна робота Єфименка С. А. складається із анотації, вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел, 4 додатків.

**Анотація** відображає основний зміст дисертації та достатньо повно розкриває наукові результати та практичну цінність роботи.

**У вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертації, показана її наукова і практична цінність, сформульовані мета і задачі дослідження, які необхідно вирішити для її досягнення, описано зв'язок дисертації з науковими планами та темами, приведена апробація дисертаційної роботи і публікації.

**У першому розділі** дисертаційної роботи проаналізовано наукові праці вітчизняних і зарубіжних авторів з питань проблеми дослідження, що дозволило визначити основні напрями наукового пошуку щодо проблеми удосконалення методів і створення технічного засобу для колориметричного експрес-контролю якості зернових культур. Визначено важливість застосування колориметричного методу експрес-контролю для оцінювання якості зерна

пшениці, невизначеність характеристик якої впливає на точність отримання вимірювальної інформації, та методів багатомірного статистичного аналізу для визначення наскільки істотний вплив того, або іншого фактору на розсіювання результатів спостережень вихідної величини.

**У другому розділі** описані методи та засоби, які використовувались відповідно до поставленої мети і завдань, а також об'єкту та предмету дослідження. Запропоновано алгоритм настройки датчика кольору, математично описана процедура знаходження коефіцієнтів апроксимації.

Розглянуто можливість застосування математичних моделей лінійних систем для побудови датчиків кольору та сформульовані принципи синтезу пристроїв автоматичної класифікації колірних відтінків.

**У третьому розділі** представлено результати аналізу існуючих варіантів побудови цифрових датчиків і цифрових пристроїв для вирішення задач оптичного контролю та варіанти їх вдосконалення. Наведено опис розроблених автором корисних моделей, що захищені патентами України, які враховують недоліки прототипів, а також усувають їх. Отримано аналітичне співвідношення, за яким можна однозначно визначити ступінь проникності оптичного середовища у випадку забарвлення світлового потоку.

**У четвертому розділі** представлено обґрунтування та оцінювання достовірності статистичних висновків про інформаційну значимість показників колориметричного контролю, що впливають на результат контролю для забезпечення максимально високої вірогідності отриманого результату. Було проведено аналіз та запропонована спрощена модель перехресних класифікацій, що враховує ефекти одночасної взаємодії трьох факторів (температури, вологості, освітленості) на результат вимірювання одиничного показника колориметричного контролю (жовтизна зерна пшениці), проведено її дослідження. Визначені обмеження на кількість рівнів основного (параметр контролю) та факторів, що впливають на результат колориметричного контролю при заданій метрологічній невизначеності параметра контролю. Отримані рівняння для оцінювання достовірності статистичних висновків про інформаційну значимість показників колориметричного контролю для

спрощеної моделі перехресної класифікації. Отримані аналітичні співвідношення, що дають змогу оцінити кількість інформації для кожного з показників колориметричного контролю при факторному впливі на лінійну функцію перетворення цих показників.

**У п'ятому розділі** представлено результати проведеного дослідження результатів натурних вимірювань вихідної напруги зі схем каналів червоного, синього та зеленого фотодіодів електронного колориметру залежно від яскравості світлового випромінювання, у ході якого проведено розрахунки стандартних невизначеностей по типам А та В, а також сумарної стандартної невизначеності.

Висновки до розділів та за результатами роботи сформульовані чітко та відповідають змісту дисертаційної роботи.

Список використаних джерел із 125 найменувань досить повний і включає вітчизняні та зарубіжні публікації.

#### **Академічна доброчесність.**

Порушень академічної доброчесності в дисертації та наукових публікаціях, у яких висвітлені основні наукові результати дисертації, не виявлено.

#### **По дисертаційній роботі можна зробити наступні зауваження:**

1. У вступі при формулюванні особистого внеску здобувача доцільно було б робити посилання на відповідні публікації автора.

2. У розділі 2 незрозуміло, чому не приведено рішення системи (2.11) на персональному комп'ютері, а наводиться тільки посилання на публікації [74,84] здобувача.

3. Незрозуміло, як в розділі 3 отримана емпірична формула (3.6) для оцінки інтенсивності забарвленого світлового потоку.

4. Дещо завищений обсяг розділу 3, що пов'язано з описом відомих прототипів при розробці нових цифрових пристроїв для вирішення задач оптичного контролю.

5. Стислі висновки по п'ятому розділу дисертаційної роботи.

6. У висновках доцільно було б привести кількісні оцінки отриманих у дисертаційній роботі результатів.

Указані недоліки не впливають на загальну позитивну оцінку виконаної дисертаційної роботи.

## ВИСНОВОК

Дисертаційна робота Єфименка Сергія Андрійовича «Колориметричний метод та засіб для експрес-контролю якості зернових культур» за своїм змістом відповідає спеціальності 152 – Метрологія та інформаційно-вимірвальна техніка. Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, яка розв’язує важливі науково-практичні задачі, які полягають у вдосконаленні методів параметричного контролю якості зернових культур за рахунок зниження випадкового факторного впливу при визначенні результату вимірювання одиничного показника колориметричного контролю (жовтизни зерна пшениці), та створення засобу колориметричного експрес-контролю якості зернових культур. Дисертаційна робота відповідає вимогам пунктів 10, 11, 12 щодо Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 6 березня 2019 р. № 167, а здобувач Єфименко Сергій Андрійович заслуговує присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 152 – Метрологія та інформаційно-вимірвальна техніка.

Офіційний опонент,

професор кафедри «Інтелектуальні

вимірвальні системи та інженерія якості»

Національного аерокосмічного університету ім. М. Є. Жуковського

«Харківський авіаційний інститут», доктор технічних наук, професор,

лауреат Державної премії України в галузі

науки і техніки

\_\_\_\_\_ Микола КОШОВИЙ

Підпис д.т.н., проф. Кошового М. Д. засвідчую:

Вчений секретар університету, кандидат філософських наук,

доцент

\_\_\_\_\_ Світлана ЧМИХУН