

## ВІДГУК

офіційного опонента

на дисертаційну роботу Мідика Ігора-Михайла Володимировича  
«Удосконалення методів та розроблення віртуального засобу оцінювання  
якості продукції овочівництва»,  
представлену до захисту на здобуття  
наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю  
05.01.02 – стандартизація, сертифікація та метрологічне забезпечення,  
05 «Технічні науки».

На шляху до переходу знань і застосувань в Industry 4.0, коли вимірювальні системи будуть обладнані hardware і software елементами метрологічного забезпечення, із використанням віртуальних технологій оброблення вимірювальної інформації, саме метрологічна складова цього процесу є актуальною науковою темою і з успіхом розвинута дисертантом.

Метою роботи «Удосконалення методів та розроблення віртуального засобу оцінювання якості продукції овочівництва» є систематизація показників якості продукції овочівництва та вдосконалення метрологічного забезпечення методу імпедансометрії стосовно об'єкта вимірювання – контролю якості овочів та соків із них шляхом вивчення електричних параметрів за допомогою віртуального засобу імітансного контролю на основі апаратно-обчислювальної платформи LabVIEW.

Основні результати роботи дають підстави саме для удосконалення кваліметричних методів, підтвердженням чого є пункти 1 і 3 наукової новизни щодо вирішення задачі комплексного оцінювання рівня якості продукції овочівництва, шляхом побудови математичної багатокритеріальної моделі оцінки якості, для чого сформовано цільову функцію, як функцію залежності комплексного показника якості від значень окремих характеристик.

Серед здобутків автора – розроблення підґрунтя та пропозиції вдосконалення метрологічного забезпечення моніторингу електричних характеристик об'єктів неелектричної природи, зокрема для проведення експрес-методу контролю якості та безпечності продукції овочівництва. Застосування методу нечітких множин дає змогу, на основі контролю якості овочів (на прикладі моркви) та соків із них, оперативно корегувати програму внесення підживлень при вирощуванні сільськогосподарської продукції..

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

У першому розділі автором методично і обґрунтовано подано класифікацію параметрів застосування імітансометрії для об'єктів продукції

овочівництва. На основі проведеного огляду методів контролю якості овочів визначено, що перспективним методом кількісного аналізу вмісту мінеральних речовин в овочах є кондуктометричний метод дослідження рідин, що ґрунтується на вимірюванні електричної провідності.

Проаналізовано засоби контролю якості харчових продуктів та встановлено, що наявні засоби потребують вдосконалення, зокрема щодо підвищення чутливості та швидкості проведення аналізу, спрощення підготовки проб та зменшення їх вартості.

У другому розділі автором деталізовано та глибоко висвітлено особливості методології кваліметричного оцінювання продукції овочівництва. На цій підставі запропоновано власні чотири математичні моделі. Для оптимізації загального показника якості продукції запропоновано використати математичний апарат теорії нечітких множин.

Серед ґрунтового аналізу методів контролю якості продукції овочівництва зроблено наголос на обов'язковому врахуванні показників безпеки, які, на думку автора доцільно аналізувати в експрес-методах контролю якості овочів (С. 72-73).

Розроблено групи показників якості продукції овочівництва та адаптовано показники якості продукції овочівництва до конкретних характеристик якості моркви, подано граничні значення кожного показника, вказано коефіцієнти вагомості. Усі формули, як і в наступних розділах, подані з посиланнями на джерела, за винятком самостійно виведених і застосованих.

У третьому розділі для оцінювання безпечності продукції та отримання комплексного показника якості проведено експериментальними методами оцінювання вмісту важких металів у продукції овочівництва. Для цього розглянуто відомі прототипи моделей та наявні результати експериментальних досліджень активної та реактивної складових електропровідності (адмітансу) у частотному діапазоні тестового сигналу. Використовуючи прототип, здійснено моделювання складових адмітансу при змінах електричного опору та ємності зазначених об'єктів та ємності приелектродного шару у частотному діапазоні тестового сигналу. Вивчено залежності активної та реактивної складових провідності овочевого соку з домішками металів. Формуванням експериментальних розчинів усунуто методичну похибку, зумовлену впливом додаткових до досліджуваного, компонентів соку на електропровідність.

Четвертий розділ є практичним запровадженням розроблених методів покращання метрологічних характеристик для побудови засобів вимірювання параметрів імітансу.

Для імітансного контролю показників якості овочевого соку запропоновано, розроблено і реалізовано віртуальний засіб вимірювання на основі апаратно-програмної платформи LabVIEW та сумісного з нею блоку NI USB-6009. Для вимірювання і розрахунку імітансу об'єкту генерувався

синусоїдальний тестовий сигнал у вигляді змінної напруги амплітудою 10-20 мВ. Це дало змогу проводити експрес-аналіз соку на вміст мінеральних речовин за електричними параметрами. Тим самим, у виробничих умовах при незначних витратах запропоновано оперативно контролювати якість овочів, з яких отримують досліджуваний сік.

**Достовірність** наукових результатів даної роботи забезпечується комплексними теоретичними та експериментальними дослідженнями методів аналізу методичної похибки, використанням апробованого лабораторного 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 імітансометрії та їх застосування для кваліметрії продукції овочівництва.

На основі систематизації показників якості продукції овочівництва вирішено задачу комплексного оцінювання шляхом побудови математичної багатокритеріальної моделі оцінки якості, для чого сформовано цільову функцію, як функцію залежності комплексного показника якості від значень окремих характеристик.

На основі використання теорії нечітких множин, розглянуто задачу оптимізації внесення підживлення до овочів із нечітко визначеними обмеженнями, яку зведено до задачі класичного лінійного програмування з подальшим розв'язком системи нерівностей.

Вперше на основі результатів досліджень, пов'язаних з визначенням вмісту шкідливих домішок в овочевих соках, запропоновано функцію якості, що описує відповідність отриманих показників якості вимогам міжнародних стандартів.

Дослідженнями комплексної провідності овочевих соків отримано обернено-пропорційну залежність активної та реактивної складових провідності, притаманну морквяним сокам без добавок. За наявності домішок важких металів необхідно використовувати метод імітансу на високих частотах.

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

До роботи можна зробити такі зауваження:

1. Останній пункт завдання в роботі не завершений встановленням методично оформлених рекомендацій щодо оперативного контролю якості продукції овочівництва у виробничих умовах.

2. У математичній моделі оцінки якості продукції як нечіткої лінійної моделі для оцінювання якості продукції овочівництва сформульованій у вигляді формул (2.12) і (2.18) слід навести термінологічне розмежування за ознакою межі допустимості критерію (мінімальності, максимальності, середнього).
3. Опис методики контролю за імітансним методом (С.108-109) не структурований у тексті дисертації.
4. Автором у тексті дисертації допущені окремі граматичні, орфографічні помилки відмінкових закінчень у словосполученнях та зустрічаються технічні помилки тексту.
5. Результати роботи (п. 4 Висновків) доцільно було б ілюструвати наведенням отриманих числових результатів встановленої інформативної частоти.
6. Результати роботи також доцільно було б завершити розробленням проекту стандарту на метод контролю заснованого на моделі оцінювання якості та безпечності овочів та продукції з них.

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

За результатами виконаної роботи автором опубліковано 20 наукових праць, із яких чотири у фахових виданнях, дві у виданнях, що входять у міжнародні наукометричні бази даних, 1 стаття – у науковому періодичному виданні іншої держави, що включене до міжнародної наукометричної бази даних та 13 тез доповідей. Результати роботи також доповідалися на відомих наукових конференціях. Поданий разом з дисертацією автореферат написаний у відповідності з вимогами МОН України і за змістом ідентичний дисертаційній роботі.

Результати дисертації мають **практичне значення** для вдосконалення метрологічного забезпечення моніторингу електричних характеристик об'єктів неелектричної природи, зокрема для проведення експрес-методу контролю якості та безпечності продукції овочівництва. Крім того, впровадження методу нечітких множин дає змогу, на основі контролю якості овочів та соків із них, оперативно корегувати програму внесення підживлень при вирощуванні сільськогосподарської продукції. Результати досліджень можуть бути використані при експрес-аналізі соку на вміст важких металів за електричними параметрами у виробничих умовах. З **наукової точки зору** ці результати розвивають методологію оцінювання методичної похибки та відповідності вимірювальних перетворювачів для визначення інформативних показників об'єктів різної природи.

**Висновки щодо відповідності дисертації вимогам Міністерства освіти і науки України.** Не зважаючи на ряд вказаних зауважень, дисертація Мідика Ігора-Михайла Володимировича є завершеною науковою працею, в якій отримані нові наукові та практичні результати, що є базовим напрацюванням для розвитку метрологічного забезпечення імпедансометрії стосовно об'єктів вимірювань харчової сировини та продукції, а саме продуктів переробки овочівництва, а застосування запропонованих рішень також дозволить підвищити якість засобів вимірювань шляхом використання можливостей і переваг віртуалізації та шляхом оперативного дослідження показників безпечності у харчовій промисловості.

Підсумовуючи вищесказане, вважаю, що за **своїм змістом, актуальністю, науковою новизною та практичною цінністю** дисертаційна робота Мідика Ігора-Михайла Володимировича 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:

Учений секретар

Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, к.і.н., доцент



Р. В. Лаврецький

09.04.2021 р.