



Затверджую

Директор з наукової роботи
Національного університету
«Львівська політехніка»

Д.Т.Н., Проф. Іван ДЕМІДОВ

«22» травня 2024 р.

Висновок

про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації «Метрологічне забезпечення кібер-фізичної системи моніторингу ґрунтів»

**здобувача наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю
152 Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка
(галузь знань *15 Автоматизація та приладобудування*)**

Федишин Тетяни Ігорівни

наукового семінару кафедри інформаційно-вимірювальних технологій

1. Актуальність теми дисертації

Необхідність науково виваженої програми регулювання та контролю виробництва зернових культур пояснюється тим, що сільськогосподарська продукція характеризується нееластичним попитом: агровиробництву властиві сезонність та ризики й нестабільність, пов'язані з природними чинниками, наслідки розбалансованості цін між сільськогосподарською продукцією та продукцією інших галузей економіки. Прийняття правильних управлінських рішень у системі контролю агровиробництва великою мірою залежить від ступеня достовірності інформації про стан об'єктів довкілля.

Особливого значення ці питання набувають під час моніторингу виробництва, яке передбачає вирощування продукції на екологічно чистих ґрунтах. Моніторинг параметрів ґрунтів повинен складатися із систематичних спостережень за їх станом, фіксування змін, їх оцінювання та керування.

Одним із найважливіших завдань, що постало перед Україною сьогодні, є забезпечення сталого розвитку регіонів та стабільного економічного зростання на основі застосування інноваційних методів підвищення ефективності в різних галузях економіки, зокрема в системі агропромислового комплексу. Модернізування подібних систем управління повинно полягати у впровадженні інноваційних технологій на основі побудови кібер-фізичних систем (КФС).

2. Зв'язок теми дисертації з державними програмами, науковими напрямами університету та кафедри

Тема дисертації відповідає науковому напрямку кафедри «Інформаційно-вимірювальні технології» Національного університету «Львівська політехніка»: теоретичні та прикладні основи метрології і вимірювань в інформаційних технологіях (інформаційно-вимірювальних, кібер-фізичних, робототехнічних та інших системах); тестування якості продукції і програмного

забезпечення. Дисертаційна робота виконана аспіранткою очної форми навчання в межах виконання нею низки науково-дослідних робіт, а саме : «Розвиток нормативно-технічного забезпечення системи органічного виробництва» (реєстраційний № 0116U006724); «Метрологічне забезпечення кібер-фізичної системи моніторингу ґрунтів» (реєстраційний № 0121U112541).

3. Особистий внесок здобувача в отриманні наукових результатів

Здобувачем сформовано основні проблеми метрологічного забезпечення у сфері моніторингу ґрунтів, впровадження інноваційних технологій на основі побудови кібер-фізичних систем, створено конструкцію підсистеми збирання інформації для КФС моніторингу процесу агровиробництва зернових культур, розроблено відповідне програмне забезпечення КФС, програму верифікації запропонованої підсистеми, запропоновано алгоритм розрахунку метрологічних ризиків калібрування КФС моніторингу ґрунтів.

4. Достовірність та обґрунтованість отриманих результатів та запропонованих автором рішень, висновків, рекомендацій

Аналіз роботи щодо забезпечення єдності вимірювань у сфері моніторингу ґрунтів, проведений у дисертаційній роботі, базується на теоретичних засадах метрології та поглибленому опрацюванні результатів вимірювань.

5. Ступінь новизни основних результатів дисертації порівняно з відомими дослідженнями аналогічного характеру

Наукова новизна отриманих результатів полягає у подальшому розвитку та вдосконаленні метрологічного забезпечення у сфері моніторингу ґрунтів.

У дисертаційній роботі отримано такі наукові результати:

- вирішено важливе науково-практичне завдання з підвищення точності та надійності визначення стану ґрунтів шляхом впровадження методичного, метрологічного, інструментального та апаратно-програмного забезпечення, що в цілому представляє собою кібер-фізичну систему моніторингу.
- запропоновано метод автоматизованого визначення стану ґрунтів, який полягає у контактному вимірюванні основних показників ґрунту та враховує вплив факторів зовнішнього середовища на ці показники і застосовує дистанційне опитування сенсорів та формування результатів обробки вимірювальних сигналів, що підвищує адекватність та оперативність оцінювання стану ґрунтів агровиробничого призначення;
- розроблена прогнозна модель зміни стану ґрунтів на основі використання нейромереж та хмарних технологій, що дасть можливість формувати управлінські рішення щодо здійснення сільськогосподарських робіт (висівання, збір врожаю) та підвищить ефективність прогнозування врожаю зернових культур.

На основі результатів досліджень технологій точного землеробства, що спрямовані на використання даних моніторингу, через які можна ефективніше впливати на процеси агровиробництва, оптимізовано технологію вирощування

зернової продукції. Доведено, що вдосконалення процесу моніторингу ґрунтів шляхом створення кібер-фізичних систем, призводить до підвищення якості вирощування агрокультур.

Набули подальшого розвитку методи ідентифікації та оцінки ризиків функціонування кібер-фізичних систем моніторингу шляхом врахування ризиків інформаційного та метрологічного характеру, оскільки КФС – це інформаційно-вимірювальна система, яка в результаті сприятиме підвищенню ефективності функціонування. Завдяки цій системі можна буде покращити управління процесами та оптимізувати роботу різних компонентів.

6. Перелік основних друкованих праць, в яких викладені результати дисертаційного дослідження

Основні положення та результати дисертації повністю відображені в наступних наукових працях:

Статті у наукових фахових виданнях України що входять до міжнародних наукометричних баз даних:

1. Бубела Т. З., Федішин Т. І. Підсистема збирання даних для кіберфізичної системи моніторингу агровиробництва та її верифікація // Вимірювальна техніка та метрологія : міжвідомчий науково-технічний збірник. – 2018. – Вип. 79, № 1. – С. 28–33. (Index Copernicus International). <https://doi.org/10.23939/istcmtm2018.01.028>, Особистий внесок - запропоновано конструкцію підсистеми збирання інформації для КФС моніторингу процесу агровиробництва зернових культур, відповідне програмне забезпечення та програму верифікації запропонованої підсистеми.

2. Бубела Т. З., Федішин Т. І. Аналіз потенціалу кіберфізичних систем для застосування у агросекторі // Вимірювальна техніка та метрологія : міжвідомчий науково-технічний збірник. – 2019. – Вип. 80, № 4. – С. 23–30. (Index Copernicus International). <https://doi.org/10.23939/istcmtm2019.04.023>, Особистий внесок - запропоновано ввести у нормативні документи з метрології поняття “кіберфізична система” та подано її визначення.

3. Bubela T., Yatsuk V., Fedyshyn T., Krachunov H., Ivakh R. Study of the primary converter-object system for electrochemical devices // Вимірювальна техніка та метрологія : міжвідомчий науково-технічний збірник. – 2021. – Вип. 82, № 4. – С. 18–25. <https://doi.org/10.23939/istcmtm2021.04.018>, Особистий внесок - розглянуто проблему створення електрохімічних приладів та синтезовано схеми заміщення в різних частотних і концентраційних діапазонах досліджуваних об'єктів.

Статті у наукових періодичних виданнях інших держав, які включено до міжнародних наукометричних баз:

4. Fedyshyn T., Przystupa K., Bubela T., Petrovska I. Data acquisition system for monitoring soil parameters // Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies. 2023. Vol. 181 : Advances in computer science for engineering and

education VI. Proceedings of the 6th International conference on computer science, engineering, and education applications (ICCSEEA2023), Warsaw, Poland, March17–19, 2023. P. 499–513. doi: 10.1007/978-3-031-36118-0_45 (Scopus).
Особистий внесок – розроблена нейромережа для прогнозування ступеня врожайності; здійснено аналітичне дослідження факторів, що впливають на стан ґрунту, та наслідків, до яких може призвести зміна цих факторів.

Розділ у колективній монографії:

5. T. Bubela, T. Fedyshyn, “Cyber-Physical System as a Tool of Monitoring, Control, and Management” in Cyber-Physical Systems and Metrology 4.0 Publishing, 2021.–160-185с.

https://www.sensorsportal.com/HTML/BOOKSTORE/Cyber-Physical_Systems_and_Metrology_4_0.htm Особистий внесок - модернізування систем моніторингу, яке полягає у впровадженні інноваційних технологій на основі побудови кібер-фізичних систем (КФС).

Матеріали міжнародних наукових та науково-практичних конференцій:

6. Бубела Т. З., Федішин Т. І. . Програмне забезпечення етапу збору інформації для кібер-фізичної системи контролю органічного виробництва // Technical using of measurement-2017 : тези доповідей III Всеукраїнської науково-технічної конференції молодих вчених у царині метрології (Славське, 24-29 січня 2017 р.). – 2017. – С. 28–30.

7. Бубела Т. З., Федішин Т. І. Розроблення проекту програми верифікації підсистеми збору інформації для кібер-фізичної системи моніторингу агровиробництва // Technical Using of Measurement-2018 : тези доповідей IV Всеукраїнської науково-технічної конференції молодих вчених у царині метрології (Славське, 13–18 лютого 2018 р.). – 2018. – С. 18–19.

8. Бубела Т. З., Федішин Т. І. Верифікація підсистеми збору інформації для кібер-фізичної системи контролю параметрів ґрунту // Міжнародна конференція метрологів МКМ’2019 (XXIII міжнародний семінар метрологів МСМ’2019) : тези доповідей, до 100-річчя кафедри інформаційно-вимірвальних технологій (Львів, 10–12 вересня 2019 р.). – 2019. – С. 97–98.

9. Bubela T., Fedyshyn T., Mikhalieva M. Simulation of electrochemical systems by analyzing impedance spectra // Study of modern problems of civilization : abstracts of V International scientific and practical conference, Oslo, Norway, October 19-23, 2020. – 2020. – С. 414– 417.

10. Федішин Т. І., Бубела Т. З. Метрологічна перевірка підсистеми збору даних для кібер-фізичної системи моніторингу у агропромисловому секторі // Інформаційні технології в освіті, техніці та промисловості : збірник тез доповідей всеукраїнської науково-практичної конференції молодих вчених і студентів (Івано-Франківськ, 08 жовтня 2020 р.). – 2020. – С. 139–142.

11. Федішин Т. І., Бубела Т. З., Шпак О. В. Функціонування кібер-фізичних систем та формування їх нормативного забезпечення // Управління якістю в освіті

та промисловості: досвід, проблеми та перспективи : тези доповідей V Міжнародної науково-практичної конференції (Львів, 20–21 травня 2021 р.). – 2021. – С. 189–191.

12. Федішин Т. І., Бубела Т. З. Процес прогнозування як складова кібер-фізичні системи моніторингу у агропромисловому секторі // Інформаційно-вимірювальні технології ІВТ-2022 : тези доповідей міжнародної науково-практичної конференції, 09-10 листопада 2022р., Львів. – 2022. – С. 130–131.

Висновок про повноту опублікування основних положень дисертації.

У кожному розділі дисертації вказуються публікації, у яких відображено результати досліджень цього розділу. Опубліковані роботи відображають основні положення дисертації. Аналіз їх змісту свідчить, що усі результати є повністю опубліковані та апробовані.

Основний зміст роботи, теоретичні та практичні результати, висновки і дослідження, які представлено до захисту, одержані автором особисто. Здобувачеві належать наступні наукові результати: проаналізовано проблематику та сучасний інструментарій для моніторингу стану ґрунтів під час виробництва агропродукції в Україні та сформовано основні аспекти вдосконалення системи його контролю з урахуванням міжнародного досвіду та світових тенденцій; здійснено аналітичне дослідження нормативного забезпечення функціонування кібер-фізичних систем; запропоновано концепцію реалізації апаратного та програмного забезпечення системи збору інформації для кібер-фізичної системи моніторингу стану ґрунтів; досліджено основні складові метрологічного забезпечення кібер-фізичної системи моніторингу стану ґрунтів, а саме: оцінено метрологічні ризики, здійснено процедуру верифікації підсистеми збору інформації кібер-фізичної системи, досліджено складові непевності результатів вимірювань основних характеристик ґрунтів; розроблено методику калібрування підсистеми збору інформації для кібер-фізичної системи моніторингу стану ґрунтів.

7. Апробація основних результатів досліджень на конференціях, симпозіумах, семінарах

Викладені в дисертаційній роботі наукові положення та результати досліджень доповідались та обговорювались на всеукраїнських та міжнародних науково-практичних та науково-технічних конференціях:

1. III Всеукраїнській науково-технічній конференції молодих вчених у царині метрології, «Technical using of measurement-2017», Славське, 24-29 січня 2017 р., Україна.
2. IV Всеукраїнській науково-технічній конференції молодих вчених у царині метрології, «Technical using of measurement-2018», Славське, 13–18 лютого 2018 р., Україна.

3. Міжнародній конференції метрологів МКМ'2019: XXIII Міжнародному семінарі метрологів (МСМ'2019) до 100-річчя кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, 10–12 вересня 2019 р. м. Львів, Україна.
4. V International scientific and practical conference «Study of modern problems of civilization», Oslo, Norway, October 19-23, 2020.
5. Всеукраїнській науково-практичній конференції молодих вчених і студентів «Інформаційні технології в освіті, техніці та промисловості», Івано-Франківськ, 08 жовтня 2020 р., Україна.
6. V Міжнародній науково-практичній конференції «Управління якістю в освіті та промисловості: досвід, проблеми та перспективи», Львів, 20–21 травня 2021 р., Україна.
7. Міжнародній науково-практичній конференції «Інформаційно-вимірювальні технології ІВТ-2022», 09-10 листопада 2022р., Львів, Україна.

8. Наукове значення виконаного дослідження із зазначенням можливих наукових галузей та розділів програм навчальних курсів, де можуть бути застосовані отримані результати.

Результати роботи та виконаних досліджень мають вагоме наукове значення: вирішується важливе науково-практичне завдання з підвищення точності та надійності визначення стану ґрунтів шляхом впровадження методичного, метрологічного, інструментального та апаратно-програмного забезпечення, що в цілому представляє собою кібер-фізичну систему моніторингу. Результати роботи можуть бути використані в програмах навчальних курсів «Вимірювання в промисловості», «Системи екологічного управління та сталий розвиток» кафедри інформаційно-вимірювальних технологій у галузі знань 15 *Автоматизація та приладобудування* за спеціальністю 152 *Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка*.

9. Практична цінність результатів дослідження із зазначенням конкретного підприємства або галузі народного господарства, де вони можуть бути застосовані.

Результати досліджень можна використати для оперативного проведення тестів у відкритому ґрунті та миттєво реагувати на зміну його важливих параметрів, а у поєднанні з прогнозуванням на основі нейронної мережі, допомогти користувачеві прийняти правильні управлінські рішення щодо стабілізації і поліпшення якості врожаю. Розроблений мобільний застосунок, який стане незамінним у вирішенні проблем контролю виробництва зернових культур. При встановленні мобільної версії програми на смартфоні чи планшеті користувачі (власники малих господарств) зможуть контролювати всі процеси виробництва зернових культур та отримувати поради на кожному з етапів виробництва.

10. Оцінка структури дисертації, її мови та стилю викладення

Структура дисертації викладена послідовно. Дисертація складається із анотації, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел, рисунків, додатків. Написана українською мовою, читається порівняно легко, стиль викладення є доступним. Дисертація за структурою, мовою та стилем викладення відповідає вимогам МОН України.

Під час обговорення дисертації до неї не було висунуто жодних зауважень щодо сутності роботи.

11. З урахуванням зазначеного, на науковому семінарі кафедри Інформаційно-вимірювальних технологій ухвалили:

11.1. Дисертація Федішин Тетяни Ігорівни на тему «Метрологічне забезпечення кібер-фізичної системи моніторингу ґрунтів» є завершеною науковою працею, містить нові науково обґрунтовані результати, які в сукупності розв'язують наукове завдання: дослідження основних складових метрологічного забезпечення кібер-фізичної системи моніторингу стану ґрунтів, а саме: аналіз метрологічних ризиків, процедуру верифікації підсистеми збору інформації кібер-фізичної системи, результати досліджень непевності результатів вимірювань основних характеристик ґрунтів.

11.2. Основні наукові положення, методичні розробки, висновки та практичні рекомендації, викладені у дисертаційній роботі, логічні, послідовні, аргументовані, достовірні, достатньо обґрунтовані. Дисертація характеризується єдністю змісту.

11.3. У 12 наукових публікаціях повністю відображені основні результати дисертації, з них 1 стаття у науковому періодичному виданні інших держав, які включено до міжнародних наукометричних баз Scopus, 1 розділ у закордонній колективній монографії в Open Space; 3 статті - у наукових фахових виданнях України, що включені до міжнародних наукометричних баз, та 7 тез доповідей.

11.4. Дисертація відповідає вимогам Наказу МОН України № 40 від 12.01.2017 р. «Про затвердження вимог до оформлення дисертацій» та Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії (Постанова Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44).

11.5. Дисертація є результатом самостійних досліджень, не містить елементів фальсифікації, компіляції, плагіату та запозичень, що констатує відсутність порушення академічної доброчесності. Використання текстів інших авторів мають належні посилання на відповідні джерела.

11.6. З урахуванням наукової зрілості та професійних якостей Федішин Тетяни Ігорівни дисертація на тему «Метрологічне забезпечення кібер-фізичної системи моніторингу ґрунтів» рекомендується для подання до захисту у разову спеціалізовану вчену раду за спеціальністю 152 *Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка*.

За затвердження висновку проголосували:

за	-	вісімнадцять
проти	-	(немає)
утримали	-	(немає)
сь		

Головуючий на науковому семінарі кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, зав. кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, д.т.н., професор



Василь ЯЦУК

Рецензенти:
професор кафедри інформаційно-вимірювальних технологій д.т.н., професор



Роман БАЙЦАР

професор кафедри інформаційно-вимірювальних технологій д.т.н., професор



Святослав ЯЦИШИН

Відповідальна у ІКТА за атестацію PhD к.т.н., доцент, доцент кафедри спеціалізованих комп'ютерних систем



Оксана ГОНСЬОР