

# Облікова картка дисертації

## I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0825U002580

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 02-07-2025

Статус: Захищена

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:



## II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Омельченко Олександр Станіславович

2. Oleksandr S. Omelchenko

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 151

Назва наукової спеціальності: Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Галузь / галузі знань: автоматизація та приладобудування

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Дата захисту: 28-08-2025

Спеціальність за освітою: Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Місце роботи здобувача: Товариство з обмеженою відповідальністю «Епам діджитал»

Код за ЄДРПОУ: 44420385

Місцезнаходження: вул. Прахових Сім'ї, будинок 54, Київ, 01033, Україна

Форма власності: Приватна/недержавна

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR:

### **III. Відомості про організацію, де відбувся захист**

**Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради):** PhD 10011

**Повне найменування юридичної особи:** Національний університет харчових технологій

**Код за ЄДРПОУ:** 02070938

**Місцезнаходження:** вул. Володимирська, буд. 68, Київ, 01601, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:**

### **IV. Відомості про підприємство, установу, організацію, в якій було виконано дисертацію**

**Повне найменування юридичної особи:** Національний університет харчових технологій

**Код за ЄДРПОУ:** 02070938

**Місцезнаходження:** вул. Володимирська, буд. 68, Київ, 01601, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:**

### **V. Відомості про дисертацію**

**Мова дисертації:** Українська

**Коди тематичних рубрик:** 28.23.29, 28.23.35, 50.47, 65.45

**Тема дисертації:**

1. Автоматизована система моніторингу процесів виробництва спирту та біоетанолу на основі віртуальних інструментів контролю
2. Automated system for monitoring ethanol and bioethanol production processes based on virtual control tools

**Реферат:**

1. Робота присвячена підвищенню ефективності системи автоматизованого моніторингу та керування технологічними процесами спиртової промисловості, зокрема виробництва спирту та біоетанолу шляхом використання віртуальних інструментів контролю. В першому розділі на основі аналізу наукової літератури розглянуті особливості технологічних процесів виробництва спирту та біоетанолу, ключові проблеми автоматизації та перспективи впровадження інновацій Індустрії 4.0. Відповідно до виявлених оптимізаційних проблем здійснено постановку задач дослідження, що включає розробку математичних моделей, синтез віртуальних сенсорів та автоматизованої інтелектуальної системи керування процесами спирту та біоетанолу. У другому розділі проведено системний аналіз технологічних відділень спиртового виробництва та розроблено прикладну онтологію математичних моделей, у межах якої досліджено використання віртуальних сенсорів для моніторингу технологічних змінних з урахуванням відповідності існуючих моделей до поставлених задач дослідження. Запропоновано алгоритм на основі Gaussian Mixture Model для

виявлення ознак нестабільності технологічних процесів в реальному часі. У третьому розділі використано NARX-моделі для прогнозування невимірюваних змінних, що дозволило пояснити 99% варіацій цільової змінної при прогнозуванні концентрації етанолу. Було досліджено вплив зміни гіперпараметрів NARX-моделей на їх продуктивність. Також було виконано порівняння методів XGBoost, Decision Tree, Gradient Boosting, RNN та NARX для моніторингу роботи та компенсації відмови сенсорів. Зокрема: • моделювання датчика витрати бражки із точністю  $R^2=0,96$ ; • моделювання тиску в колоні бражки із точністю  $R^2=0,98$ ; • передбачення температурного сенсора із точністю  $R^2=0,972$ . Розроблено алгоритми оптимізації режимів роботи бродильного відділення з використанням дерев регресії для пошуку оптимальних налаштувань відповідно до поставленої оптимізаційної задачі, що дозволило підвищити вихід етанолу на 8,4% або скоротити час бродіння на 12,2%. У четвертому розділі реалізовано інтелектуальну систему керування з використанням методів Reinforcement learning. Найкращі результати показав агент Soft Actor-Critic (Entropy weight 1), що забезпечив високу точність регулювання ( $<0,1\%$ ), низьку динамічну похибку (21–26% від цільового значення) і найменшу сумарну помилку за інтегрально-квадратичним критерієм. Було запропоновано архітектуру автоматизованої системи моніторингу з використанням віртуальних сенсорів і програмно-технічних комплексів Unity Pro, Node-RED, InfluxDB, Grafana та інструментів машинного навчання. Запропонована архітектура забезпечує інтеграцію віртуальних інструментів у виробничу систему та обмін інформацією в реальному часі. Наукова новизна роботи полягає в розробці нової концепції автоматизованої системи моніторингу та керування виробничими процесами спирту та біоетанолу на основі віртуальних інструментів контролю. Запропоновано онтологічну структуру моделей із включенням віртуального сенсора як ключового елемента для прийняття рішень. В роботі знайшли подальший розвиток системи моніторингу та автоматизованого керування технологічними процесами виробництва спирту та біоетанолу, що засновані на використанні віртуальних сенсорів і математичних моделей, які здійснюють аналіз стабільності процесів, прогнозування та ідентифікацію ключових параметрів на основі супутніх змінних, оптимізацію режимів та інтелектуальне управління. Вперше сформовано онтологічну структуру математичних моделей технологічних процесів із включенням віртуального сенсора як ключового елемента, яка слугує інструментом підтримки прийняття рішень під час вибору адекватних моделей, забезпечує цілісний підхід до їх класифікації та аналізу, скорочує час пошуку релевантних рішень і полегшує інтеграцію нових знань у наявні системи моделювання. Практичне значення отриманих результатів полягає у створенні ефективних інструментів підтримки прийняття рішень і підвищення надійності виробництва спирту та біоетанолу. Розроблена онтологія математичних моделей забезпечує зручну структурування знань та швидкий доступ до релевантних підходів моделювання. Модель класифікації дозволяє оперативно оцінювати стабільність процесів в реальному часі, виявляючи нестабільність на ранніх етапах. Застосування машинного навчання для передбачення невимірюваних змінних підвищує інформаційну обізнаність про стан об'єкта та дозволяє зменшити технологічні втрати. Оптимізаційні алгоритми забезпечують гнучке налаштування режимів відповідно до зміни сировини. Інтелектуальна система керування на основі RL-агентів забезпечує високу точність регулювання і стабільність роботи обладнання. Отримані результати знайшли практичне застосування в освітньому процесі кафедри автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління ім. проф. А.П. Ладанюка та в умовах виробництва на «Марилівському спиртовому заводі», що підтверджує їхню прикладну цінність.

2. The study is dedicated to enhancing the efficiency of the automated monitoring and control system of technological processes in the ethanol industry, particularly in the production of ethanol and bioethanol, through the use of virtual control tools. In the first chapter, based on an analysis of scientific literature, the features of technological processes in ethanol and bioethanol production, key automation challenges, and prospects for implementing Industry 4.0 innovations are examined. According to the identified optimization challenges, the research objectives are formulated, including the development of mathematical models, the synthesis of virtual sensors, and the creation of an automated intelligent control system for ethanol and bioethanol production processes. In the second chapter, a systemic analysis of technological units in ethanol production is conducted, and an applied ontology of mathematical models is developed, within which the use of virtual sensors for

monitoring technological variables is studied, taking into account the suitability of existing models for the research objectives. An algorithm based on the Gaussian Mixture Model was proposed for real-time detection of indicators of technological process instability. In the third chapter, NARX models are used to predict unmeasurable parameters, allowing for the explanation of 99% of the variation in the target variable when forecasting ethanol concentration. The impact of NARX model hyperparameter variations on their performance is investigated. A comparison is made between XGBoost, Decision Tree, Gradient Boosting, RNN, and NARX methods for monitoring system operation and compensating for sensor failures. Specifically: • modeling the mash flow rate based on other sensor readings achieved a coefficient of determination  $R^2 = 0.96$ ; • forecasting pressure in the concentration column reached  $R^2 = 0.98$ ; • temperature sensor prediction yielded  $R^2 = 0.972$ . Algorithms have been developed for optimizing the operating modes of the fermentation section using regression tree models to find optimal process settings according to the defined optimization task, enabling an average increase in ethanol yield by 8.4% or a reduction in fermentation time by 12.2%. In the fourth chapter, an intelligent control system based on Reinforcement Learning methods is implemented. Among various agents, the Soft Actor-Critic (SAC) agent with Entropy weight 1 demonstrated superior performance, ensuring high control accuracy ( $<0.1\%$ ), low dynamic error (21–26% of the target value), and the lowest total error according to the integral squared error criterion. The architecture of an automated monitoring system for ethanol and bioethanol production was proposed, integrating virtual sensors and implemented using software and hardware platforms such as Unity Pro, Node-RED, and cloud-based tools (InfluxDB, Grafana, Grafana Machine Learning). This architecture enables the incorporation of virtual instruments into the production system and facilitates real-time exchange of production data. The scientific novelty of the study lies in the development of a new concept for automated monitoring and control of ethanol and bioethanol production processes based on virtual control tools. For the first time, an ontological structure of mathematical models for technological processes has been formulated, incorporating the virtual sensor as a core element. The study advances methods for creating virtual sensors using machine learning to estimate and predict key parameters in dynamic systems, allowing for fault detection, data loss compensation, and improved control reliability. The practical significance of the research is reflected in the creation of decision support tools and the increased reliability of technological systems in ethanol and bioethanol production. The proposed solutions enable effective compensation for sensor failures, optimization of operating modes, and intelligent control of non-stationary processes. The results have been practically implemented in industrial conditions at Marylivsky Distillery and in educational practices at the Department of Automation and Computer-Integrated Control Systems named after Prof. A.P. Ladanyuk.

### **Державний реєстраційний номер ДіР:**

**Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки:** Фундаментальні наукові дослідження з найбільш важливих проблем розвитку науково-технічного, соціально-економічного, суспільно-політичного, людського потенціалу для забезпечення конкурентоспроможності України у світі та сталого розвитку суспільства і держави

**Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності:** Не застосовується

**Підсумки дослідження:** Нове вирішення актуального наукового завдання

### **Публікації:**

- 1. Омельченко, О., Луцька, Н., & Власенко, Л. (2023). Онтологія математичних моделей технологічних об'єктів промислових підприємств. Ч. 1. формування основних концептів предметної області. Енергетика і автоматика, 1, 23–41.
- 2. Омельченко, О., Луцька, Н., & Власенко, Л. (2023). Онтологія математичних моделей технологічних об'єктів промислових підприємств. Ч. 2. реалізація онтології та її перевірка. Енергетика і автоматика, 2, 39–54.

- 3. Омельченко, О., & Луцька, Н. (2024). Хмарна архітектура передачі даних для впровадження моделей машинного навчання в спиртову промисловість. Автоматизація технологічних і бізнес-процесів, 15(4), 38-48.
- 4. Луцька Н., & Омельченко О. (2024). Особливості застосування віртуальних аналізаторів у цифровій інфраструктурі промислового виробництва. Наукові праці НУХТ, 30(2), 19-30.
- 5. Омельченко О., & Луцька Н. (2024). Розробка математичних моделей віртуальних сенсорів для моніторингу динамічних процесів у дистиляційному відділенні спиртового виробництва. Харчова промисловість. 36, 67-81.

**Наукова (науково-технічна) продукція:** методи, теорії, гіпотези; аналітичні матеріали

**Соціально-економічна спрямованість:** збільшення обсягів виробництва; економія енергоресурсів; економія матеріалів; підвищення продуктивності праці; підвищення автоматизації виробничих процесів

**Охоронні документи на ОПВ:**

**Впровадження результатів дисертації:** Впроваджено

**Зв'язок з науковими темами:** 0121U113308

## **VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Луцька Наталія Миколаївна

2. Nataliia M. Lutska

**Кваліфікація:** д. т. н., професор, 05.13.07

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0001-8593-0431

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:** Національний університет харчових технологій

**Код за ЄДРПОУ:** 02070938

**Місцезнаходження:** вул. Володимирська, буд. 68, Київ, 01601, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:**

## **VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів**

**Офіційні опоненти**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Перекрест Андрій Леонідович

2. Andrii L. Perekrrest

**Кваліфікація:** д. т. н., професор, 05.13.05

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0002-7728-9020

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:** Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського

**Код за ЄДРПОУ:** 05385631

**Місцезнаходження:** вул. Першотравнева, буд. 20, Кременчук, Кременчуцький р-н., 39600, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Баган Тарас Григорович

2. Taras H. Bahan

**Кваліфікація:** к. т. н., доц., 05.13.07

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0002-0146-577X

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:** Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

**Код за ЄДРПОУ:** 02070921

**Місцезнаходження:** проспект Берестейський, буд. 37, Київ, 03056, Україна

**Форма власності:**

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:** Не застосовується

**Рецензенти****Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Сідлецький Віктор Михайлович

2. Victor M. Sidletskyi

**Кваліфікація:** к.т.н., доц., 05.13.07

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0003-2606-3651

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:** Національний університет харчових технологій

**Код за ЄДРПОУ:** 02070938

**Місцезнаходження:** вул. Володимирська, буд. 68, Київ, 01601, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Мошенський Андрій Олександрович
2. Andrii O. Moshenskyi

**Кваліфікація:** к. т. н., доц., 05.13.06

**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0002-4584-4958

**Додаткова інформація:**

**Повне найменування юридичної особи:** Національний університет харчових технологій

**Код за ЄДРПОУ:** 02070938

**Місцезнаходження:** вул. Володимирська, буд. 68, Київ, 01601, Україна

**Форма власності:** Державна

**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України

**Ідентифікатор ROR:**

**VIII. Заключні відомості**

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові  
голови ради**

Балюта Сергій Миколайович

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові  
головуючого на засіданні**

Балюта Сергій Миколайович

**Відповідальний за підготовку  
облікових документів**

Мельник Наталія

**Реєстратор**

УкрІНТЕІ

**Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є  
відповідальним за реєстрацію наукової  
діяльності**



Юрченко Тетяна Анатоліївна