Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Image not found or type unknow

Державний обліковий номер: 0826U003078

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 03-07-2026

Статус: Наказ про видачу диплома

Реквізити наказу МОН / наказу закладу: №154 від 21 вересня 2026р.

II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Паровенко Максим Дмитрович
2. Maksym D. Parovenko

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: 0009-0005-1727-4061

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: 04-09-2026

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

Місце роботи здобувача: Національний університет харчових технологій

Код за ЄДРПОУ: 02070938

Місцезнаходження: вул. Володимирська, Київ, 01601, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): PhD 15391

Повне найменування юридичної особи: Національний університет харчових технологій

Код за ЄДРПОУ: 02070938

Місцезнаходження: вул. Володимирська, 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, 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: 28.29.04, 50.47, 65.43.31, 20.54.06, 20.57, 20.60, 28.17.19

Тема дисертації:

1. Автоматизоване керування технологічним процесом кип'ятіння сусла у пивоварному виробництві з використанням підсистеми підтримки прийняття рішень

2. Automated control of wort boiling in brewing production using a decision support subsystem

Реферат/анотація:

1. Робота присвячена підвищенню ефективності та якості автоматизованого керування процесом кип'ятіння сусла в сусловарильному апараті із зовнішнім нагрівачем шляхом розроблення й обґрунтування модельно-орієнтованого підходу до синтезу ієрархічної системи керування з підсистемою підтримки прийняття рішень. У першому розділі проаналізовано процес кип'ятіння сусла в сусловарильному апараті із зовнішнім нагрівачем та обґрунтовано доцільність ієрархічної структури системи керування, у якій нижній рівень забезпечує автоматичне регулювання технологічних змінних, а верхній – формує рекомендації оператору щодо зміни уставок. У другому розділі розроблено комплексну нелінійну динамічну модель процесу кип'ятіння сусла на основі законів збереження маси та енергії, гідравлічних залежностей, термодинамічних співвідношень та рівнянь теплопередачі. У третьому розділі розроблено систему нижнього рівня керування з контурами регулювання циркуляційної витрати, запасу тиску, витрати пари та швидкості випаровування; розроблено засоби непрямого оцінювання ключових технологічних змінних, зокрема швидкості

випаровування. У четвертому розділі розроблено супервізорну підсистему підтримки прийняття рішень. Запропоновано методику нечіткого оцінювання стану теплообміну та методику пошуку технологічно доцільних уставок для різних станів теплообміну. Запропоновано алгоритм виявлення події додавання хмелю та правила захисного коригування уставок. Розроблено блок прийняття рішень, який приймає рішення щодо доцільності генерування структурованої рекомендації. Наукова новизна роботи полягає у тому, що запропоновано структуру та методику синтезу ієрархічної системи керування процесом кип'ятіння пивного сусла в сусловарильному апараті із зовнішнім нагрівачем. Запропонована система забезпечує стабілізацію швидкості випаровування і формування технологічно доцільних рекомендацій щодо зміни уставок контурів нижнього рівня на основі оцінювання стану процесу та контролю допустимих умов його перебігу. Це створює передумови для стабільного формування технологічних властивостей сусла та сприяє підвищенню енергоефективності процесу і зменшенню залежності керування від суб'єктивного досвіду оператора. В роботі набуло подальшого розвитку математичне моделювання процесу кип'ятіння пивного сусла. Запропонована модель об'єднує в єдиній структурі сусловарильний апарат, трубний простір зовнішнього нагрівача, паровий простір нагрівача, трубопроводи і динаміку виконавчих механізмів. Це забезпечує структуровану основу для синтезу системи керування нижнього рівня, засобів оцінювання стану процесу кип'ятіння та пошуку технологічно доцільних уставок для контурів нижнього рівня керування. Удосконалено методику оцінювання стану процесу кип'ятіння пивного сусла, яка поєднує непряме оцінювання ключових технологічних змінних, нечітке визначення стану теплообміну та виявлення події додавання хмелю. Запропонована методика забезпечує інформаційну основу для підтримання заданої швидкості випаровування та супервізорного формування структурованих рекомендацій щодо зміни уставок контурів нижнього рівня, що сприяє підвищенню стабільності та якості керування процесом кип'ятіння сусла. У роботі запропоновано методику визначення технологічно доцільних уставок контурів нижнього рівня керування для різних станів теплообміну, які забезпечують підтримання заданої швидкості випаровування, збереження допустимих умов перебігу процесу та зменшення недоцільних енерговитрат. Практичне значення отриманих результатів полягає у тому, що розроблена комплексна нелінійна динамічна модель процесу кип'ятіння пивного сусла в сусловарильному апараті із зовнішнім нагрівачем може бути використана для імітаційного моделювання, синтезу та вибору алгоритмів керування, генерування імітаційних наборів даних, дослідження технологічних збурень, пошуку технологічно доцільних уставок та тестування системи керування перед її впровадженням на реальному об'єкті. Розроблений спостерігач швидкості випаровування може бути використаний у нових і наявних системах керування, за наявності необхідних вимірювань, для покращення стратегії керування процесом кип'ятіння сусла. Запропоновані алгоритми пошуку допустимих режимів і технологічно доцільних уставок можуть бути адаптовані для інших теплових об'єктів з циркуляційним контуром після уточнення технологічних обмежень і критеріїв оптимальності. Розроблений блок виявлення події додавання хмелю може бути використаний у системах керування сусловарильним апаратом із зовнішнім нагрівачем для своєчасного виявлення гідравлічного збурення. Розроблений блок прийняття рішень підсистеми підтримки прийняття рішень може бути адаптований для інших технологічних процесів, у яких потрібне супервізорне формування рекомендацій на основі оцінювання стану об'єкта, технологічних обмежень і правил прийняття рішень.

2. The dissertation focuses on enhancing the efficiency and quality of automated control of the wort boiling process in a wort kettle with an external heater by developing and substantiating a model-oriented approach to the synthesis of a hierarchical control system with a decision support subsystem. The first chapter analyzes the wort boiling process. The expediency of a hierarchical control system structure is substantiated, in which the lower level provides automatic control of the main technological variables. The upper one provides the operator with recommendations for changing setpoints. The second chapter develops a comprehensive nonlinear dynamic model of the wort boiling process based on the laws of conservation of mass and energy, hydraulic relationships, thermodynamic relationships, and heat transfer equations. The third chapter develops a lower-level control system with control loops for circulation flow rate, pressure margin, steam flow rate, and evaporation rate; it also provides means for indirectly estimating key technological variables, particularly the evaporation rate. The fourth

chapter develops the supervisory decision support subsystem. A method for fuzzy assessment of the heat-exchange state is proposed, along with a method for searching for technologically appropriate setpoints for different heat-exchange states. An algorithm for detecting the hop-addition event is also proposed, along with protective setpoint correction rules. A decision-making block is developed to determine whether it is appropriate to generate a structured recommendation. The scientific novelty of the work lies in the proposed hierarchical structure and synthesis method for a control system for the wort boiling process in a wort kettle with an external heater. The proposed system stabilizes the evaporation rate. It provides technologically appropriate recommendations for adjusting the setpoints of lower-level control loops, based on assessments of the process state and monitoring of permissible operating conditions. Such features of the proposed system establish prerequisites for the stable formation of the technological properties of wort and contribute to increasing the process's energy efficiency and reducing the dependence of control on the operator's subjective experience. The mathematical modeling of the wort boiling process in a wort kettle with an external heater has been further developed by creating a comprehensive nonlinear dynamic model. The proposed model combines the wort kettle, the external heater's tube space, the heater's steam space, the pipelines, and actuator dynamics into a unified structure. The model provides a structured basis for the synthesis of the lower-level control system, means for assessing the state of the boiling process, and searching for technologically appropriate setpoints for the lower-level control loops. The method for assessing the state of the wort boiling process has been improved by combining indirect estimation of key technological variables, fuzzy assessment of the heat-exchange state, and detection of the hop-addition event. The proposed method provides an informational basis for maintaining the specified evaporation rate and for supervisory generation of structured recommendations to change the setpoints of lower-level control loops, thereby improving the stability and quality of wort boiling control. The work proposes a method to determine technologically appropriate setpoints for lower-level control loops for different heat-exchange states, necessary to maintain the specified evaporation rate, preserve permissible process conditions, and reduce unnecessary energy consumption. The practical significance of the obtained results is that the developed comprehensive nonlinear dynamic model of the wort boiling process can be used for simulation modeling, synthesis and selection of control algorithms, generation of simulation datasets, investigation of technological disturbances, search for technologically appropriate setpoints, and testing of the control system before its commissioning on a real object. The developed evaporation rate observer can be used in new and existing control systems, provided the necessary measurements are available, to improve the control strategy for the wort boiling process. The proposed algorithms for searching for feasible modes and technologically appropriate setpoints can be adapted to other thermal objects with a circulation loop after the technological constraints and optimality criteria are refined. The developed hop-addition event detection block can promptly detect hydraulic disturbances. The developed decision-making block of the decision support subsystem can be adapted to other technological processes that require supervisory generation of recommendations based on assessment of the process state, technological constraints, and decision-making rules.

Державний реєстраційний номер ДіР: 0121U113308

Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки: Інформаційні та комунікаційні технології

Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності: Розвиток сучасних інформаційних, комунікаційних технологій, робототехніки

Підсумки дослідження: Нове вирішення актуального наукового завдання

Публікації:

- Паровенко, М. Д., & Смітюх, Я. В. (2024). Розроблення імітаційної моделі сусловарильного апарата із зовнішнім нагрівачем. Наукові праці Національного університету харчових технологій, 30(1), 17–29. https://doi.org/10.24263/2225-2924-2024-30-1-5

- Паровенко, М. Д., & Клименко, О. М. (2025). Оптимізація керування технологічним процесом кип’ятіння сусла з використанням спостерігача для оцінки стану системи. Наукові праці Національного університету харчових технологій, 31(4), 40–51. https://doi.org/10.24263/2225-2924-2025-31-4-5
- Паровенко, М. Д., & Смітюх, Я. В. (2026). Синтез ієрархічної системи керування процесом кип’ятіння сусла за критеріями енергоефективності та якості перебігу процесу. Наукові праці Національного університету харчових технологій, 32(2), 47–62. https://doi.org/10.24263/2225-2924-2026-32-2-6
- Parovenko, M. D. (2023). Improving brewery production by applying IEC 62264. 89 International Scientific Conference of Young Scientist and Students «Youth Scientific Achievements to the 21st Century Nutrition Problem Solution», 492–492. https://conference.nuft.edu.ua/young/Books%20of%20abstracts/2023/Part_3.pdf
- Паровенко, М. Д. (2023). Огляд міжнародних стандартів щодо стратегій технічного обслуговування виробничого обладнання. 89 Міжнародна Наукова Конференція Молодих Учених, Аспірантів і Студентів «Наукові Здобутки Молоді – Вирішенню Проблем Харчування Людства у XXI Столітті», 305–305. https://conference.nuft.edu.ua/young/Books%20of%20abstracts/2023/Part_2.pdf
- Паровенко, М. Д. (2023). Регулювання температури кип’ятіння сусла в сусловарильному апараті із зовнішнім нагрівачем. X Міжнародна Науково-Технічна Internet-Конференція «Сучасні Методи, Інформаційне, Програмне Та Технічне Забезпечення Систем Керування Організаційно-Технічними Та Технологічними Комплексами», 42–43. https://drive.google.com/file/d/19dkao0HSOgMIVIGQg1iASv6R0m5zVkcu/view
- Паровенко, М. Д. (2024). Архітектура системи віддаленого контролю роботи сусловарильного апарата із зовнішнім нагрівачем. 90 Міжнародна Наукова Конференція Молодих Учених, Аспірантів і Студентів «Наукові Здобутки Молоді – Вирішенню Проблем Харчування Людства у XXI Столітті», 370–371. https://drive.google.com/file/d/1JB8vRfiasHPTnYNE69YXZlzcHfKwNDaX/view
- Паровенко, М. Д. (2024). Керування процесом кип’ятіння сусла за допомогою MPC-регулятора. XI Міжнародна Науково-Технічна Internet-Конференця «Сучасні Методи, Інформаційне, Програмне Та Технічне Забезпечення Систем Керування Організаційно-Технічними Та Технологічними Комплексами», 126–126. https://drive.google.com/file/d/1OUXJ1vq9oKn9cnyypPwsYRijbrPUyNrw/view
- Паровенко, М. Д. (2025). Математична модель парової секції нагрівача як складова моделі сусловарильного апарата із зовнішнім нагрівачем. XII Міжнародна Науково-Технічна Internet-Конференція «Сучасні Методи, Інформаційне, Програмне Та Технічне Забезпечення Систем Керування Організаційно-Технічними Та Технологічними Комплексами», 20–21. https://drive.google.com/file/d/19NceRFhRJDPt2UIVrGyo5GTUYpLzL7z2/view?pli=1

Наукова (науково-технічна) продукція: методи, теорії, гіпотези; програмні продукти, програмно-технологічна документація; аналітичні матеріали

Соціально-економічна спрямованість: економія енергоресурсів; підвищення автоматизації виробничих процесів

Охоронні документи на ОПІВ:

Впровадження результатів дисертації: Планується до впровадження

Зв'язок з науковими темами: 0121U113308

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Смітюх Ярослав Володимирович

2. Yaroslav V. Smitiukh

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

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-5411-3284

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний університет харчових технологій

Код за ЄДРПОУ: 02070938

Місцезнаходження: вул. Володимирська, 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. Степанець Олександр Васильович

2. Oleksandr V. Stepanets

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

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-4444-0705

Додаткова інформація:

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

Код за ЄДРПОУ: 02070921

Місцезнаходження: проспект Берестейський, Київ, 03056, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Савченко Тетяна Віталіївна

2. Tetiana V. Savchenko

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

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-8884-5360

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Києво-Могилянська академія"

Код за ЄДРПОУ: 16459396

Місцезнаходження: вул. Г. Сковороди, Київ, 04070, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: 03wfca816

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Полупан Володимир Володимирович

2. Volodymyr V. Polupan

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

Ідентифікатор ORCID ID: 0009-0007-8076-1369

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний університет харчових технологій

Код за ЄДРПОУ: 02070938

Місцезнаходження: вул. Володимирська, Київ, 01601, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Сідлецький Віктор Михайлович

2. Viktor 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, 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	Юрченко Тетяна Анатоліївна
Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є відповідальним за реєстрацію наукової діяльності	 Юрченко Тетяна Анатоліївна