Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0826U003832

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 21-07-2026

Статус: Наказ про видачу диплома

Реквізити наказу МОН / наказу закладу: Наказ №112/14 від 29 вересня 2026 року Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу МОН України

II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Василенчук Михайло Зеновійович
2. Mykhailo Z. Vasylenchuk

Кваліфікація: 151

Ідентифікатор ORCID ID: 0009-0008-9725-052X

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: 151 - Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Місце роботи здобувача: Гостівська гімназія Тлумацької міської ради Івано-Франківського району Івано-Франківської області

Код за ЄДРПОУ: 23800097

Місцезнаходження: вулиця 24 Серпня, с. Гостів, Івано-Франківський р-н., 78032, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR:

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): PhD 16320

Повне найменування юридичної особи: Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Код за ЄДРПОУ: 02070855

Місцезнаходження: вул. Карпатська, Івано-Франківськ, 76019, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

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

Повне найменування юридичної особи: Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Код за ЄДРПОУ: 02070855

Місцезнаходження: вул. Карпатська, Івано-Франківськ, 76019, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 50.43, 50.03.03, 50.09.47, 73.39.81

Тема дисертації:

1. Математичне моделювання і синтез системи автоматичного керування підігрівником нафти з проміжним носієм

2. Mathematical modeling and synthesis of an automatic control system for an oil heater with an intermediate heat carrier

Реферат/анотація:

1. Актуальність теми. У дисертації досліджено непрямі нагрівачі нафти з водяною ванною, які дозволяють рівномірно та безпечно розігрівати продукт, уникаючи локальних перегрівів труб. Проте відсутність адекватної лінеаризованої математичної моделі, яка б враховувала складну динаміку та високу теплову інерційність таких об'єктів, перешкоджає створенню ефективних систем автоматичного керування (САК) процесом нагріву. Мета дослідження – створення математичної моделі нагрівача нафти з водяною банею як об’єкта автоматичного керування та синтез на її основі інноваційної САК. Основні результати: У першому розділі на основі аналізу наукових джерел обґрунтовано необхідність врахування динамічних властивостей непрямого нагрівника для оптимізації систем керування та економії палива без капітальних втручань у

конструкцію апарата. У другому розділі розроблено математичну модель нагрівача на основі диференціальних рівнянь теплового балансу. Шляхом розкладу в ряд Тейлора в околі робочої точки здійснено перехід до лінеаризованої моделі, що дозволило отримати набір передавальних функцій і побудувати структурну схему об'єкта. У третьому розділі досліджено динамічні властивості об'єкта та виявлено високий (восьмий) порядок математичної моделі. Для спрощення синтезу застосовано метод редукції на основі сингулярних чисел Генкеля, що дозволило знизити порядок поліномів до 2-го та 3-го з похибкою апроксимації, яка не перевищує 3,5%. У четвертому розділі синтезовано чотири варіанти САК: одноконтурну, каскадно-зв'язану, структурно-параметричну та інваріантну. Показано, що одноконтурна система дає неприйнятний час регулювання (4200 с), а каскадна призводить до перерегулювання 33,7%. Найкращі показники досягнуто в інваріантній системі (час регулювання 58,5 с при відсутності перерегулювання), основою якої є двоканальний компенсатор збурень (зміни температури та витрати нафти на вході). Фізична реалізація компенсатора у вигляді цифрового коректора успішно протестована на базі мікропроцесорного контролера Modicon M172 у середовищі EcoStruxure Machine Expert – HVAC. Наукова новизна: Вперше: синтезовано структурну схему нагрівача на основі лінеаризованої моделі; розроблено інваріантну систему з двоканальним компенсатором; запропоновано комбінований метод налаштування ПІ/ПД-регуляторів, що поєднує метод s-площини з подальшою мінімізацією узагальненого квадратичного критерію якості. Набув подальшого розвитку: метод синтезу цифрових компенсаторів зовнішніх збурень за рахунок використання алгоритмів редукції передавальних функцій методами Генкеля та площ. Публікації: Основні наукові результати опубліковано у 15 працях, зокрема: 2 статті у виданнях баз Scopus/Web of Science, 6 статей у фахових виданнях України, 7 публікацій у матеріалах конференцій. Ключові слова: автоматизація, математична модель, автоматизація нагрівальних апаратів, система автоматичного керування, синтез системи керування, передавальна функція, перехідний процес, ідентифікація об'єкта керування, керування температурним режимом, апроксимація, редукція моделі, оптимізація, компенсація збурень, програмне забезпечення, імітаційне моделювання.

2. Relevance of the topic. The dissertation investigates indirect water-bath oil heaters, which allow for the uniform and safe heating of the product, avoiding localized overheating of the pipes. However, the lack of an adequate linearized mathematical model that accounts for the complex dynamics and high thermal inertia of such objects hinders the creation of effective automatic control systems (ACS) for the heating process. Aim of the study is the creation of a mathematical model of a water-bath oil heater as an object of automatic control, and the synthesis of an innovative ACS based on it. Main results: In the first chapter, based on the analysis of scientific literature, the necessity of taking into account the dynamic properties of the indirect heater is substantiated in order to optimize control systems and save fuel without major structural modifications to the apparatus. In the second chapter, a mathematical model of the heater is developed based on the differential equations of heat balance. By means of a Taylor series expansion in the vicinity of the operating point, a transition to a linearized model was executed, which made it possible to obtain a set of transfer functions and build a block diagram of the object. In the third chapter, the dynamic properties of the object were investigated, revealing a high (eighth) order of the mathematical model. To simplify the synthesis, a reduction method based on Hankel singular values was applied, which allowed for the reduction of the polynomial order to the 2nd and 3rd degrees, with an approximation error not exceeding 3.5%. In the fourth chapter, four variants of ACS were synthesized: single-loop, cascade-coupled, structural-parametric, and invariant. It is shown that the single-loop system yields an unacceptable settling time (4200 s), and the cascade system leads to an overshoot of 33.7%. The best performance was achieved in the invariant system (settling time of 58.5 s with zero overshoot), which is based on a two-channel disturbance compensator (for changes in the inlet oil temperature and flow rate). The physical implementation of the compensator as a digital corrector was successfully tested using a Modicon M172 microprocessor controller in the EcoStruxure Machine Expert – HVAC environment. Scientific novelty: For the first time: a block diagram of the heater based on a linearized model was synthesized; an invariant system with a two-channel compensator was developed; a combined method for tuning PI/PD controllers was proposed, which integrates the s-plane method with subsequent minimization of the generalized quadratic performance criterion. Further developed: the method

of synthesizing digital compensators for external disturbances through the use of transfer function reduction algorithms based on Hankel and area methods. Publications: The main scientific results are published in 15 works, including: 2 articles in Scopus/Web of Science indexed journals, 6 articles in professional journals of Ukraine, and 7 publications in conference proceedings. Keywords: automation, mathematical model, automation of heating equipment, automatic control system, control system synthesis, transfer function, transient process, control object identification, temperature control, approximation, model reduction, optimization, disturbance compensation, software, simulation modeling.

Державний реєстраційний номер ДіР: 0123U102619

Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки: Енергетика та енергоефективність

Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності: Освоєння нових технологій транспортування енергії, впровадження енергоефективних, ресурсозберігаючих технологій, освоєння альтернативних джерел енергії

Підсумки дослідження: Нове вирішення актуального наукового завдання

Публікації:

- М. І. Горбійчук, М. З. Василенчук, та М. І. Когутяк, «Синтез лінеаризованих математичних моделей нагрівника з проміжним теплоносієм», Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах, вип. 3, с. 144–153, 2023. doi: 10.31891/2219-9365-2023-75-17.
- М. І. Горбійчук та М. З. Василенчук, "Синтез структурної схеми нагрівника нафти як об'єкта автоматичного керування," ВІСНИК ХНТУ. Інженерні науки, № 4(87), с. 44–52, 2023. doi: 10.35546/kntu2078-4481.2023.4.5.
- М. І. Горбійчук, М. З. Василенчук та М. І. Когутяк, "Система автоматичного керування процесом нагрівання нафти в шляховому нагрівнику," Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах, № 4, с. 314–331, 2024. doi: 10.31891/2219-9365-2024-80-39.
- M. I. Horbiichuk, M. Z. Vasylenchuk and I. Kohutiak, "Analytical studies on dynamic properties of indirect oil heaters," Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu, no. 6, pp. 151–157, 2024. doi: 10.33271/nvngu/2024-6/151.
- М. Горбійчук, М. Василенчук та М. Когутяк, "Дослідження динамічних властивостей непрямого нагрівника нафти як об'єкта автоматичного керування," Вісник Приазовського Державного Технічного Університету. Серія: Технічні науки, № 2(49), с. 29–40, 2024. doi: 10.31498/2225-6733.49.2.2024.321350.
- M. Horbiichuk, M. Vasylenchuk, I. Yednak and A. Lahoida, "Devising a combined method for setting PI/PID controller parameters for oil and gas facilities," Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, vol. 1, no. 2(133), pp. 85–95, 2025. doi: 10.15587/1729-4061.2025.322424.
- М. Василенчук та М. Горбійчук, "Структурно-параметричний синтез системи автоматичного керування шляховим нагрівником нафти," Herald of Khmelnytskyi National University. Technical Sciences, т. 355, № 4, с. 112–119, 2025. doi: 10.31891/2307-5732-2025-355-16.
- М. І. Горбійчук, М. З. Василенчук та М. І. Когутяк, "Інваріантна система автоматичного керування шляховим нагрівачем нафти," ВІСНИК ХНТУ. Інженерні науки, т. 1, № 3(94), с. 57–69, 2025. doi: 10.35546/kntu2078-4481.2025.3.1.7.
- М. І. Горбійчук та М. З. Василенчук, "Лінеаризована математична модель підігрівника з проміжним теплоносієм," у Всеукр. наук.-практ. конф. молодих учених і студентів «Інформаційні технології в освіті, техніці та промисловості», Івано-Франківськ, 12 жовт. 2023, с. 205–207. https://drive.google.com/file/d/12EjNUZT030GWRivLTyI96qJ4svGTnCgp/view.
- М. І. Горбійчук та М. З. Василенчук, "Синтез структурної схеми нагрівника нафти як об'єкта автоматичного керування," у X Міжнар. наук.-практ. конф. «Теоретичні та практичні аспекти розвитку науки та освіти», Львів, 9–10 січ. 2024, с. 74–76. http://www.lviv-forum.inf.ua/save/2024/9-

10.01/Збірник.pdf.

- М. І. Горбійчук, М. З. Василенчук та М. І. Когутяк, "Дослідження динамічних властивостей непрямого нагрівника нафти як об’єкта автоматичного керування," у Всеукр. інтернет-конф. молодих учених і студентів «Інформаційні технології в освіті, техніці та промисловості», Івано-Франківськ, 10 жовт. 2024, с. 50–52. https://drive.google.com/file/d/1XrD-obOLO_MBz3DuotBYS4S7fKqycmFS/view.
- М. І. Горбійчук, М. З. Василенчук та М. І. Когутяк, "Система автоматичного керування процесом нагрівання нафти в шляховому нагрівнику," у Proc. 16th Int. Scientific and Practical Internet Conf. «Modern Movement of Science», Dnipro, Oct. 14–15, 2024, pp. 140–142. http://www.wayscience.com/wp-content/uploads/2024/10/Conference-Proceedings-October-14-15-2024-1.pdf.
- M. Horbiichuk and M. Vasylenchuk, "Structural and parametric synthesis of an automatic control system for a line oil heater," in Abstracts of XXXI Int. Scientific and Practical Conf., Munich, Germany, Aug. 4–6, 2025, pp. 88–89. https://eu-conf.com/wp-content/uploads/2025/06/SCIENTIFIC-TRENDS-IN-THE-DEVELOPMENT-OF-MODERN-EDUCATION.pdf
- M. I. Horbiichuk, M. Z. Vasylenchuk and M. I. Kohutiak, "Analytical studies on the dynamic properties of indirect oil heaters," in 7th Int. Scientific and Practical Internet Conf. «Integration of Education, Science and Business in Modern Environment: Summer Debates», Dnipro, Ukraine, Aug. 7–8, 2025, pp. 19–20. http://www.wayscience.com/wp-content/uploads/2025/08/Conference-Proceedings-August-7-8-2025-1.pdf
- М. І. Горбійчук, М. З. Василенчук та М. І. Когутяк, "Інваріантна система автоматичного керування шляховим нагрівачем нафти," у Всеукр. інтернет-конф. молодих учених і студентів «Інформаційні технології в освіті, техніці та промисловості», Івано-Франківськ, 9 жовт. 2025, с. 36–38. https://drive.google.com/file/d/1sim7SKa62RzaS5XZrTGt248h5VAFf1WQ/view

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

Соціально-економічна спрямованість: поліпшення стану навколишнього середовища; економія енергоресурсів; зменшення зносу обладнання; підвищення автоматизації виробничих процесів

Охоронні документи на ОПІВ:

Впровадження результатів дисертації: Впроваджено

Зв'язок з науковими темами: 0123U102619

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Горбійчук Михайло Іванович

2. Mykhailo Horbiichuk

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

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-8586-1883

Додаткова інформація: Scopus ID: 57188683740

Повне найменування юридичної особи: Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Код за ЄДРПОУ: 02070855

Місцезнаходження: вул. Карпатська, Івано-Франківськ, 76019, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Максимов Максим Віталійович
2. Maksym V. Maksymov

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

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-3292-3112

Додаткова інформація: Scopus ID: 7005088554

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Одеська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 43861328

Місцезнаходження: пр. Шевченка, Одеса, 65044, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Химко Ольга Мирославівна
2. Olga Khymko

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

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-2641-8133

Додаткова інформація: Scopus ID: 57205364963

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Львівська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02071010

Місцезнаходження: вул. Степана Бандери, Львів, 79013, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Фешанич Лідія Ігорівна

2. Lidiia I. Feshanych

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

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-5156-2199

Додаткова інформація: Scopus ID: 57192431056

Повне найменування юридичної особи: Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Код за ЄДРПОУ: 02070855

Місцезнаходження: вул. Карпатська, Івано-Франківськ, 76019, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Кропивницька Віталія Богданівна
2. Vitaliia Kropyvnytska

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

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-5231-7104

Додаткова інформація: Scopus ID: 57194167467

Повне найменування юридичної особи: Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Код за ЄДРПОУ: 02070855

Місцезнаходження: вул. Карпатська, Івано-Франківськ, 76019, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

VIII. Заключні відомості

Власне Прізвище Ім'я По-батькові голови ради	Шекета Василь Іванович
Власне Прізвище Ім'я По-батькові головуючого на засіданні	Шекета Василь Іванович
Відповідальний за підготовку облікових документів	Василенчук Михайло Зеновійович
Реєстратор	Юрченко Тетяна Анатоліївна

Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є відповідальним за реєстрацію наукової діяльності



Юрченко Тетяна Анатоліївна