Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0825U001690

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 14-05-2025

Статус: Запланована

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:

II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Шалева Володимир Володимирович
2. Volodymyr V. Shaleva

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: 0009-0003-8612-1064

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: 19-06-2025

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

Місце роботи здобувача: Національний університет "Львівська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02071010

Місцезнаходження: вул. Степана Бандери, буд. 12, Львів, 79013, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Сектор науки: Університетський

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): PhD 8906

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Львівська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02071010

Місцезнаходження: вул. Степана Бандери, буд. 12, Львів, 79013, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Сектор науки: Університетський

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

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Львівська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02071010

Місцезнаходження: вул. Степана Бандери, буд. 12, Львів, 79013, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Сектор науки: Університетський

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 50.43.17, 50.43.21

Тема дисертації:

1. Система адаптивного керування дозуванням розчинів у фармацевтичному виробництві.
2. Adaptive Control System for Dosing Solutions in Pharmaceutical Production.

Реферат:

1. Дисертаційна робота присвячена вирішенню актуального завдання в галузі автоматизації – розроблення системи адаптивного керування дозуванням розчинів у фармацевтичному виробництві для підвищення швидкодії та продуктивності технологічних ліній на основі вагового методу дозування за змінних технологічних умов. У сучасному фармацевтичному виробництві одну технологічну лінію застосовують для дозування розчинів з різними властивостями (густиною, вязкістю) у різні види тари, що формує змінні умови дозування. Одночасно надзвичайно високими є вимоги до точності дозування, оскільки дозовані розчини у подальшому є основою для виготовлення лікарських сумішей. Забезпечення названих вимог можливе за умови застосуваня адаптивної системи керування, яка дає можливість знаходити оптимальні параметри дозування для кожної окремої партії продукції, а отже забезпечує максимальну ефективність технологічної

лінії дозування. У дисертації представлено аналіз існуючих методів дозування та технологічного обладнання, яке здійснює дозування відповідно до реалізованого методу. Виконано аналіз технологічних ліній наповнення тари як об'єкта керування та визначено основні керуючі величини. Визначено переваги та недоліки кожного з методів дозування. Виділено низку задач, вирішення яких дасть можливість покращити динамічні характеристики ліній дозування, які сконструйовані за методом вагового наповнення та розробити систему адаптивного керування процесом дозування розчинів. У другому розділі розроблено математичну модель процесу дозування розчинів у флакон. Проаналізовано процес дозування інфузійних розчинів у технологічній установці WDM 8002 та та виділено три ключові етапи дозування: переддозування, швидке наповнення та точне наповнення. Розроблено експериментальну установку що відтворює гідравлічну схему дозування розчину у технологічній лінії вагового наповнення серії WDM8002, а також реалізовано систему керування експериментальною установкою на основі контролера Siemens CPU 1215C DC/DC/DC, віддаленої станції вводу/виводу ET-200SP, IM 155-6 PN HF з ваговим модулем SIWAREX WP321. Розроблено алгоритми роботи для контролера експериментальної установки та відтворено діючий алгоритм дозування в установці WDM8002. За результатами експериментальних досліджень перевірено та підтверджено адекватність розробленої математичної моделі. У третьому розділі представлено розроблені алгоритми керування процесом дозування інфузійних розчинів. Удосконалено алгоритм дозування на основі ступінчатої функції шляхом введення додаткового етапу «напівточного наповнення». Алгоритм впроваджено в програму контролера експериментальної установки та виконано експериментальні дослідження. Розроблено новий алгоритм керування процесом дозування інфузійних розчинів із застосуванням функції дозування на основі симетричної функції Гауса. Виконано експериментальні дослідження нового алгоритму дозування, за результатами яких підтверджено значне зменшення часу дозування при забезпеченні допустимої похибки наповнення флакона. Розроблено удосконалення нового алгоритму керування процесом дозування інфузійних розчинів із застосуванням асиметричної функції дозування на основі рівняння Гауса. За результатами експериментальних досліджень підтверджено вищу ефективність цього алгоритму у порівнянні з попередньо дослідженими. За результатами експериментальних досліджень розроблених алгоритмів керування процесом дозування визначено середній час дозування для кожного із алгоритмів дозування та проведено розрахунок продуктивності лінії вагового наповнення. Встановлено, що збільшення продуктивності лінії WDM 8002 за умови впровадження алгоритму керування із застосуванням асиметричної функції дозування на основі рівняння Гауса становить 384,7 флаконів, або 17,7%. Введено інтегральний показник якості процесу дозування та застосовано його для оцінювання якості розроблених алгоритмів. Підтверджено, що мінімальне значення інтегрального критеріякості забезпечує алгоритм керування із застосуванням асиметричної функції дозування на основі рівняння Гауса. У четвертому розділі розглянуто основні принципи розроблення адаптивних систем керування процесом дозування, зокрема систем на основі сучасних сенсорів та алгоритмів керування. Розроблено адаптивний алгоритм налаштування параметрів керуючого алгоритму на основі ступінчатої функції дозування. Розроблений алгоритм дозволяє здійснювати автоматичне налаштування параметрів керуючого алгоритму на основі результатів попередніх циклів дозування. Розроблено адаптивний алгоритм налаштування параметрів керуючого алгоритму (регулятора) на основі симетричної та асиметричної функцій, розроблених із застосуванням рівняння Гауса. Адаптивний алгоритм автоматично коригує максимальний ступінь відкриття клапана, коефіцієнт відхилення та математичне сподівання. Розроблений алгоритм забезпечує задану точність і мінімальну тривалість процесу дозування, що є критично важливим для досягнення оптимальних параметрів у сучасному фармацевтичному виробництві.

2. The dissertation is devoted to addressing a relevant challenge in the field of automation — the development of an adaptive control system for dosing solutions in pharmaceutical production, aimed at increasing the speed and productivity of technological lines based based on the weight dosing method under variable technological conditions. In modern pharmaceutical production, a single technological line is often used for dosing solutions with varying properties into different types of containers, creating variable dosing conditions. At the same time, extremely high accuracy requirements are imposed on the dosing process, as the dispensed solutions serve as the

basis for the preparation of medicinal mixtures. Meeting these requirements is possible through the implementation of an adaptive control system, which allows for determining the optimal dosing parameters for each specific production batch, thereby ensuring maximum efficiency of the dosing line. The dissertation presents an analysis of existing dosing methods and the technological equipment used to implement them. The study includes an examination of container filling lines as control objects and identifies the key control variables. The advantages and disadvantages of each dosing method are outlined. A set of specific tasks was defined, the solution of which will improve the dynamic performance of dosing lines based on the weight dosing method and enable the development of an adaptive control system for the solution dosing process. In the second chapter, a mathematical model of the solution dosing process into vials was developed. The dosing process of infusion solutions in the WDM 8002 technological unit was analyzed, and three key stages were identified: pre-dosing, fast filling, and fine filling. An experimental setup was designed to replicate the hydraulic scheme of solution dosing used in the gravimetric filling line of the WDM8002 series. A control system for the experimental setup was implemented using a Siemens CPU 1215C DC/DC/DC controller, a remote I/O station ET-200SP with an IM 155-6 PN HF interface, and the SIWAREX WP321 weighing module. Control algorithms for the experimental unit were developed, and the operational dosing algorithm used in the WDM8002 unit was reproduced. Based on experimental results, the adequacy of the developed mathematical model was verified and confirmed. The third chapter presents the developed control algorithms for the dosing process of infusion solutions. The step-based dosing algorithm was improved by introducing an additional stage—semi-precise filling—which enhanced the flexibility of transition between the fast and fine dosing phases. This updated algorithm was implemented in the controller program of the experimental setup. A new control algorithm based on a symmetric Gaussian dosing function was developed for the dosing process of infusion solutions. Experimental validation of this algorithm confirmed a significant reduction in dosing time while maintaining the required filling accuracy. Further advancement led to the development of an asymmetric Gaussian-based dosing algorithm, which allows dynamic adjustment of the dosing profile during the process. This approach enables better adaptability to process conditions, resulting in both reduced dosing duration and improved accuracy. Experimental results demonstrated that this algorithm outperforms previously tested strategies. Based on the experimental studies, the average dosing time was determined for each algorithm, and the filling line productivity was calculated accordingly. It was established that implementing the asymmetric Gaussian-based control algorithm on the WDM 8002 line yields a productivity increase of 384.7 vials per hour, equivalent to 17.7%. An integral quality criterion for the dosing process was introduced and applied to evaluate the performance of the developed algorithms. The analysis confirmed that the asymmetric Gaussian-based algorithm provides the lowest value of the integral quality index, indicating the highest overall efficiency among the proposed methods. The fourth chapter focuses on the key principles for developing adaptive control systems for the dosing process, particularly those based on modern sensor and control algorithms. An adaptive algorithm was developed for tuning the parameters of the control strategy based on a stepwise dosing function. Adaptive tuning algorithms were developed for control strategies based on both symmetric and asymmetric Gaussian functions. These algorithms automatically adjust the maximum valve opening level, deviation coefficient, and mathematical expectation of the function, allowing the dosing system to dynamically adapt to changing process conditions. The proposed adaptive algorithms ensure the required dosing accuracy while minimizing the process duration, which is critically important for achieving optimal performance in modern pharmaceutical manufacturing environments.

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: Впровадження нових технологій та обладнання для якісного медичного обслуговування, лікування, фармацевтики

Підсумки дослідження: Нове вирішення актуального наукового завдання

Публікації:

- - Кріль Б. А., Матіко Ф. Д., Шалева В. В., Бугайчук М. І. Експериментальне дослідження регулюючих органів та вагових комірок для технологічного процесу дозування інфузійних розчинів // Перспективні технології та прилади : збірник наукових праць. – 2023. – Вип. 23. – С. 38–47. (Фахове видання категорії Б). DOI: 775-2313-5352-2023-23-06
- - Fedir Matiko, Volodymyr Shaleva. Development of Experimental Setup to Investigate the Control System for Infusion Solutions Dosing Process // Енергетика та системи керування. –2024. –Vol.10, № 2. – P.131–141. (Фахове видання категорії Б). https://doi.org/10.23939/jeecs2024.02.131
- Матіко Ф. Д., Шалева В. В. Розроблення адаптивного алгоритму керування процесом дозування інфузійних розчинів // Наукові праці Вінницького національного технічного університету. – 2025. – № 1. – С. 1–13. (Фахове видання категорії Б).https://doi.org/10.31649/2307-5376-2025-1-1-13
- - Шалева В. В., Матіко Ф. Д. Аналіз функційних можливостей автоматизованих систем дозування готових лікарських засобів // Вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут». Серія: приладобудування. – 2024. – № 68 (2). – С. 65–72. (Фахове видання категорії Б).https://doi.org/10.20535/1970.68(2).2024.318371

Наукова (науково-технічна) продукція: пристрої; програмні продукти, програмно-технологічна документація

Соціально-економічна спрямованість: збільшення обсягів виробництва; підвищення автоматизації виробничих процесів

Охоронні документи на ОПІВ:

Впровадження результатів дисертації: Впроваджено

Зв'язок з науковими темами: 0125U001636, 0123U104448

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Матіко Федір Дмитрович

2. Fedir D. Matiko

Кваліфікація: д. т. н., професор, 05.11.01

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-6569-2587

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Львівська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02071010

Місцезнаходження: вул. Степана Бандери, буд. 12, Львів, 79013, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Сектор науки: Університетський

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Болбот Ігор Михайлович
2. Igor M. Bolbot

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

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-5708-6007

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний університет біоресурсів і природокористування України

Код за ЄДРПОУ: 00493706

Місцезнаходження: вул. Героїв Оборони, буд. 15, Київ, 03041, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Сектор науки: Університетський

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Борин Василь Степанович
2. Vasyl S. Boryn

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

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-7404-4968

Додаткова інформація:

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

Код за ЄДРПОУ: 02070855

Місцезнаходження: вул. Карпатська, буд. 15, Івано-Франківськ, 76019, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Сектор науки: Університетський

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Дмитрів Василь Тарасович

2. Vasyl T. Dmytriv

Кваліфікація: д. т. н., професор, 05.05.11

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-9361-6418

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Львівська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02071010

Місцезнаходження: вул. Степана Бандери, буд. 12, Львів, 79013, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Сектор науки: Університетський

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Кузнєцов Олексій Олександрович
2. Oleksiy O. Kuznyetsov

Кваліфікація: к. т. н., доцент, 05.09.03

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-0516-5109

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний університет "Львівська політехніка"

Код за ЄДРПОУ: 02071010

Місцезнаходження: вул. Степана Бандери, буд. 12, Львів, 79013, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Сектор науки: Університетський

VIII. Заключні відомості

Власне Прізвище Ім'я По-батькові голови ради	Лозинський Андрій Орестович
Власне Прізвище Ім'я По-батькові головуючого на засіданні	Лозинський Андрій Орестович
Відповідальний за підготовку облікових документів	Кузнецова Марта Ярославівна
Реєстратор	УкрІНТЕІ

Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є відповідальним за реєстрацію наукової діяльності

Юрченко Тетяна Анатоліївна