

Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0823U101309

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 15-11-2023

Статус: Наказ про видачу диплома

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:



II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Макарець Валерій Володимирович

2. Valerii V. Makarets

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 133

Назва наукової спеціальності: Галузеве машинобудування

Галузь / галузі знань: механічна інженерія

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Галузеве машинобудування

Дата захисту: 28-11-2023

Спеціальність за освітою: Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Місце роботи здобувача: ВП НУБіП України «Ніжинський агротехнічний інститут»

Код за ЄДРПОУ: 39726778

Місцезнаходження: , Ніжин, Ніжинський р-н., 16600, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): РСВР 042

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:

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

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:

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 55.51.37

Тема дисертації:

1. Оптимізація регулювання руху вантажопідійомних кранів прольотного типу
2. Optimization of overhead cranes movement control.

Реферат:

1. На першому етапі досліджень поставлено задачу налаштування коефіцієнтів ПІД-регулятора для регулювання руху системи "кран-вантаж". За допомогою модифікованого методу рою часток ME-D-PSO були отримані розв'язки для різних наборів параметрів системи: маси вантажу m_2 від 500 кг до 20000 кг з кроком 500 кг та довжини гнучкого підвісу вантажу l від 2 до 12 метрів з кроком 1 метр. В результаті було отримано 451 набір коефіцієнтів KP, KI, KD ПІД-регулятора. На основі цих даних розроблено алгоритм, який дозволяє розрахувати значення коефіцієнтів ПІД-регулятора для широкого діапазону маси вантажу та довжини гнучкого підвісу. Першим кроком алгоритму є визначення верхньої та нижньої меж параметрів m_2 та l , для яких здійснюється пошук коефіцієнтів ПІД-регулятора. Потім встановлюється початкове наближення значень коефіцієнтів і за допомогою методу ME-D-PSO визначаються окремі значення кожного коефіцієнта. Алгоритм дозволяє швидко налаштувати ПІД-регулятор для задачі усунення маятникових коливань

вантаж. Розв'язано задачі синтезу оптимального регулятора для режимів розгону, гальмування та повного циклу переміщення крана з вантажем на гнучкому підвісі, який дає змогу усунути маятникові коливання вантажу. В результаті розрахунків отримано наступні коефіцієнти лінійного регулятора: без компонента позиціонування вантажу $K_1=-1898126$, $K_2=611392$, $K_3=25709$; із врахуванням вимоги по позиціонуванню вантажу $K_1=3,171 \cdot 10^5$, $K_2=-1 \cdot 10^6$, $K_3=-1 \cdot 10^6$; $K_4=2,127 \cdot 10^6$. Розроблено програму проведення експериментальних досліджень. Програма включає 16 експериментів, які зібрані у 3 блока. У цих експериментах незалежними факторами є: наявність зовнішніх збурень на рух вантажу, початкові умови руху вантажу, маса вантажу, довжина гнучкого підвісу і задана відстань переміщення візка. Аналіз експериментальних даних показав наступні результати: найменші відхилення експериментальних даних від теоретичних спостерігаються у експерименті № 3. Відносна похибка переміщення крана складає 0,09 %, похибка швидкості руху крана - 19,5 %, похибка амплітуди коливання вантажу - 5,9 %, а похибка швидкості коливання вантажу - 4,5 %. Найбільші відхилення експериментальних даних від теоретичних спостерігаються у експериментах № 5, 7 та 11. Відносна похибка переміщення крана становить 2,3 %, похибка швидкості руху крана - 70 %, похибка коливання вантажу - 27,7 %, а похибка швидкості коливання вантажу - 24,6 %. Перший блок експериментів показав незначні відхилення від теоретичних даних, оскільки під час проведення цих експериментів на вантаж не було впливу. Найбільші відхилення спостерігаються в експериментах під час проведення яких на вантаж здійснювався зовнішній вплив. Загалом, система регулювання руху крана успішно усуває маятникові коливання вантажу та забезпечує переміщення крана на задану відстань з забезпеченням високої точності позиціонування вантажу за мінімальний час. Розроблено структурну схему оптимального керування рухом крана з вантажем на гнучкому підвісі, яка спроможна ефективно усувати маятникові коливання вантажу та покращити експлуатаційні характеристики роботи крана, такі як продуктивність, енергоефективність та безпека. На основі аналізу технічних характеристик було обґрунтовано рекомендації стосовно вибору апаратної складової системи оптимального керування (програмований мікроконтролер, датчики положення крана, довжини гнучкого підвісу вантажу, кута відхилення канату з вантажем від вертикалі та частотний перетворювач). Було встановлено, що застосування системи оптимального керування рухом крана дозволяє досягти економічної ефективності шляхом підвищення його продуктивності. Розрахунки економічної ефективності були проведені для декількох типів кранів, зокрема: козлового крана Weihua MG25t, мостового крана Aicrane AQ-NLH та напівкозлового крана 60/12,5 т. Для цих кранів річна економічна ефективність варіюється від 28521 до 67550 гривень на рік у цінах 2023 року.

2. The first stage of the research addresses the problem of tuning the coefficients of the PID-controller for the control of the "crane-load" system. Modified particle swarm optimization (ME-D-PSO) method application brought solutions for various sets of system parameters: load mass m_2 ranging from 500 kg to 20000 kg with a step of 500 kg and flexible suspension length l ranging from 2 to 12 meters with a step of 1 meter. As a result, 451 sets of coefficients K_P , K_I , K_D of the PID-controller were obtained. Based on this data, an algorithm was developed that allows calculating the values of the PID-controller coefficients for a wide range of load mass and flexible suspension length. The algorithm first step determines the upper and lower bounds of the parameters m_2 and l , for which the coefficients K_P , K_I , K_D of the PID-controller are searched. Then, initial approximations of the coefficient values are set, and using the ME-D-PSO method, individual values of each coefficient are determined. The algorithm allows tuning the PID-controller, that ensures elimination of load oscillations. The problems of synthesizing an optimal controller for acceleration, deceleration, and full-cycle crane motion with a load on the flexible suspension were solved. As a result of the calculations, the following coefficients of the linear controller were obtained: without load positioning component $K_1=-1898126$, $K_2=611392$, $K_3=25709$; with load positioning requirement taken into account $K_1=3,171 \cdot 10^5$, $K_2=-1 \cdot 10^6$, $K_3=-1 \cdot 10^6$; $K_4=2,127 \cdot 10^6$. A program for conducting experimental research was developed. The program consists of 3 modules, totaling 16 experiments. These experiments include independent factors such as the presence of external disturbances on load motion, initial conditions of load motion, load mass, flexible suspension length, and the specified distance of the trolley final position. The analysis of experimental data revealed the following results: the smallest deviations between

experimental and theoretical data were observed in experiment № 3. The relative error in crane final position is 0,09 %, the error in crane movement velocity is 19,5 %, the error in load oscillation amplitude is 5,9 %, and the error in load oscillation velocity is 4,5 %. The largest deviations between experimental and theoretical data were observed in experiments № 5, 7, and 11. The relative error in crane final position is 2,3 %, the error in crane movement velocity is 70 %, the error in load oscillation amplitude is 27,7 %, and the error in load oscillation velocity is 24,6 %. The first set of experiments showed minor deviations from theoretical data because there were no external impacts on the load during these experiments. The most significant deviations were observed in experiments where external impacts were applied to the load. Overall, the crane motion control system successfully eliminates pendulum oscillations of the load and ensures crane movement over a specified distance with high positioning accuracy in minimal time. A structural scheme for optimal control of crane motion with a flexible suspension system was developed, which effectively eliminates pendulum oscillations of the load and improves the operational features of the crane, such as work capacity, energy efficiency, and safety. Based on the analysis of technical characteristics, recommendations were made regarding the selection of hardware components for the optimal control system (programmable microcontroller, crane position sensors, length of the flexible load suspension, deviation angle of the load from the vertical, and frequency converter). It was established that the implementation of the optimal crane motion control system allows achieving economic efficiency via increased work capacity. Economic efficiency calculations were conducted for several types of cranes, including the Weihua MG25t gantry crane, Aicrane AQ-NLH bridge crane, and 60/12,5 t semi-gantry crane. For these cranes, the annual economic efficiency ranges from 28,521 to 67,550 hryvnias per year in 2023 prices.

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: Освоєння нових технологій високотехнологічного розвитку транспортної системи, ракетно-космічної галузі, авіа- і суднобудування, озброєння та військової техніки

Підсумки дослідження: Нове вирішення актуального наукового завдання

Публікації:

- Ромасевич Ю. О., Ловейкін В. С., Пилипенко А. П., Макарець В. В. Синтез оптимального регулятора руху системи «кран-вантаж». Ч. 1. Підйомно-транспортна техніка. 2021. № 1 (62). С. 83-94.
- Ромасевич Ю. О., Ловейкін В. С., Пилипенко А. П., Макарець В. В. Синтез оптимального регулятора руху системи «кран-вантаж» Ч. 2. Підйомно-транспортна техніка. 2021. № 1 (65). С. 4-16.
- Ромасевич Ю. О., Ловейкін В. С., Ляшко А. П., Макарець В. В. Метод оптимального налаштування ПІ-регуляторів із врахуванням обмежень. Енергетика і автоматика. 2019. № 3. С. 129-142.
- Ромасевич Ю. О., Ловейкін В. С., Макарець В. В., Поночовний А. С. Синтез оптимального керування системою „кран-вантаж” у вигляді зворотного зв'язку. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. 2021. Вип. 12. № 1. С. 5-10.
- Ромасевич Ю. О., Ловейкін В. С., Макарець В. В., Щербак О. І. Ідентифікація системи і синтез оптимального регулятора руху системи “кран-вантаж”. Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України. № 1 (95). 2022.
- Romasevych Y., Loveikin V., Makarets V. PID-controller tuning algorithm development for a “crane-load” dynamical system. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. 2022. Vol. 13. № 4. P. 72-80.
- Ромасевич Ю. О., Ловейкін В. С., Хорошун А. С., Макарець В. В. Синтез оптимального керування рухом системи «кран-вантаж» у вигляді зворотного зв'язку. Прикладна механіка. 2022. № 58 (2). С. 93-102.

- Romasevych Yu. O., Loveikin V. S., Makarets V. V. Optimal Constrained Tuning of PI-Controllers via a New PSO-Based Technique. International Journal of Swarm Intelligence Research. Vol. 11. Iss. 4. 2020. P. 87-105.
- Romasevych Yu. O., Loveikin V. S., Khoroshun A. S., Makarets V. V. Synthesis of optimal feedback control of the crane-load system. International Applied Mechanics. 2022. Vol. 58. № 2. P. 199-207.

Наукова (науково-технічна) продукція: технології

Соціально-економічна спрямованість: підвищення економічної ефективності роботи козлового, мостового та напівкозлового кранів шляхом підвищення їх продуктивності

Охоронні документи на ОПВ:

Впровадження результатів дисертації: Впроваджено

Зв'язок з науковими темами: 0119U100848, 0119U100758, 0118U004170

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Ромасевич Юрій Олександрович
2. Yurii O. Romasevych

Кваліфікація: д. т. н., професор, 05.05.05

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

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:

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Стрижак Всеволод Вікторович
2. Vsevolod V. Stryzhak

Кваліфікація: к. т. н., доц., 05.05.05

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут"

Код за ЄДРПОУ: 02071180

Місцезнаходження: вул. Кирпичова, буд. 2, Харків, Харківський р-н., 61002, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Почка Костянтин Іванович

2. Kostyantyn I. Pochka

Кваліфікація: д. т. н., професор, 05.05.02

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Київський національний університет будівництва і архітектури

Код за ЄДРПОУ: 02070909

Місцезнаходження: проспект Повітрофлотський, буд. 31, Київ, 03037, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Коробко Микола Миколайович

2. Mykola M. Korobko

Кваліфікація: к. т. н., доц., 05.05.11

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

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:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Тітова Людмила Леонідівна

2. Liudmyla L. Titova

Кваліфікація: к. т. н., доц., 05.05.04**Ідентифікатор ORCID ID:** Не застосовується**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:****VIII. Заключні відомості****Власне Прізвище Ім'я По-батькові
голови ради**

Роговський Іван Леонідович

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

Роговський Іван Леонідович

**Відповідальний за підготовку
облікових документів**

Боярчук Сергій Васильович

Реєстратор

УкрІНТЕІ

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

Юрченко Тетяна Анатоліївна