

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»
Факультет автоматизації виробництва та цифрових технологій
Кафедра автоматизації, електро- та робототехнічних систем

АВТОРЕФЕРАТ
кваліфікаційної роботи

на здобуття освітнього ступеня магістра

за підсумками виконання
освітньо-професійної програми
«Інтелектуальні системи управління та робототехнічні комплекси
в гірничо-металургійному виробництві»
за спеціальністю 174 Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані
технології та робототехніка

**на тему «Модернізація АСУ формуванням садки вогнетривких
виробів в умовах вогнетривкого заводу»**

Здобувач

Олег МАЧУЛЯН

Кам'янське 2025

Кваліфікаційною магістерською роботою є рукопис.

Робота виконана у Технічному університеті «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА» на кафедрі автоматизації, електро- та робототехнічних систем.

Керівник:

Мірошніченко Вікторія Ігорівна
канд. техн. наук, доцент кафедри
автоматизації, електро- та
робототехнічних систем

Захист відбудеться 21 лютого 2025 р. о 14:00 год на засіданні екзаменаційної комісії (https://teams.microsoft.com/l/meetup-join/19%3ameeting_OWMyOWU4ZGEtYzlhMy00MTlmLTg5ODctOWI4OGZjMTQ3ODRm%40thread.v2/0?context=%7b%22Tid%22%3a%221f6a60da-12a6-4028-9d77-a98fa5c6b40f%22%2c%22Oid%22%3a%2277c2500a-6967-4dab-bab5-8e8029a27710%22%7d).

Електронна версія автореферату розміщена в Інституційному репозитарії ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА» 18 лютого 2025 р.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Актуальність теми роботи. В металургійній промисловості вогнетривкі матеріали на основі мінеральної сировини застосовують для забезпечення підтримки високих температур у значних об'ємах впродовж тривалого часу. В Україні середня витрата вогнетривів становить 13,8...16 кг/т сталі.

Одним з важливих технологічних етапів виробництва є формування садки вогнетривких виробів у вагон для подальшого відправлення для випалювання у тунельну піч.

Сучасні системи автоматичного управління формуванням садки передбачають можливість роботи повністю в автоматичному режимі. Важливою складовою частиною АСУ є гідравлічна система, забезпечення надійної роботи якої при мінімальному енергоспоживанні є актуальною задачею.

Постановка проблеми. На підставі інформації про роботу наявної, на базі переддипломної практики, системи автоматичного управління формуванням садки вогнетривів зроблено висновок, що для енергоефективної та надійної роботи в автоматичному режимі система потребує модернізації.

Мета дослідження. Стабілізація якісних показників роботи гідравлічної системи за рахунок модернізації апаратного та програмного забезпечення автоматизованої системи управління формуванням садки вогнетривких виробів.

Задачі дослідження:

– проаналізувати предметну область автоматизації гідравлічних систем: здійснити літературний огляд, виявити недоліки наявних систем автоматизації та сучасні тенденції розвитку цієї галузі;

– сформулювати задачі автоматизації технологічного об'єкту: розглянути технологічний процес як об'єкт автоматизації та виділити задачі автоматичного контролю, регулювання, управління;

– обґрунтувати запропоновану структуру системи управління: виділити основні задачі системи управління, описати концепцію роботи системи, обґрунтувати вибір технічних рішень;

– навести опис реалізації запропонованої системи: обрати та обґрунтувати технічні засоби автоматизації, спроектувати систему автоматичного регулювання об'ємно-керованого гідроприводу з адаптивним механізмом управління, розробити математичне, алгоритмічне та програмне забезпечення окремих задач системи;

– визначити та обґрунтувати економічну ефективність запропонованої системи.

Об'єкт дослідження – гідравлічна система автоматизованої системи управління формуванням садки вогнетривких виробів.

Предмет дослідження – автоматизація технологічного процесу формування садки вогнетривких виробів в умовах вогнетривкого заводу.

Результати та обґрунтування інноваційності. В ході виконання кваліфікаційної роботи встановлено, що для підвищення ефективності технологічного процесу формування садки вогнетривких виробів гідравлічним пресом необхідно модернізувати наявну автоматизовану систему управління з метою забезпечити її стабільне функціонування в автоматичному режимі. Розроблено адаптивну систему управління об'ємно-керованим гідроприводом для забезпечення оптимальної продуктивності роботи системи формування садки вогнетривких виробів в циклі гідравлічного пресу з використанням нечіткого регулятора. В результаті моделювання роботи розробленої системи в Simulink підтверджена ефективність її використання.

Структура та обсяг роботи. Робота складається зі вступу, 4-х розділів, висновків, списку використаних джерел, додатку. Загальний обсяг роботи становить 60 сторінок, робота містить 66 рисунків, 3 таблиць. Список використаних джерел складається з 19 джерел.

ОСНОВНА ЧАСТИНА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

За результатами аналізу предметної області встановлено, що головною проблемою у галузі промислового виробництва вогнетривкої продукції є наявність морально застарілого обладнання, яке не відповідає основним сучасним вимогам експлуатації та потребує модернізації. Для досягнення необхідного економічного ефекту при виробництві вогнетривків потрібно забезпечити надійне функціонування технологічного обладнання та ефективну роботу систем автоматизації, що призведе до зниження енерговитрат і підвищення продуктивності роботи технологічної лінії.

При огляді інформаційних джерел виявлено, що перспективним напрямком є застосування гідравлічних систем з електронним керуванням, а також частотно-керованого асинхронного електроприводу зі стандартними короткозамкненими асинхронними електродвигунами загального застосування. Гідравлічні системи забезпечують кращі показники точності та за діапазоном регулювання швидкості виконавчих механізмів у порівнянні з електричними та пневматичними. Режими роботи гідроприводів визначають необхідність дослідження динамічних процесів в приводах, а також вибір комплексу конструктивних параметрів системи керування, який забезпечить достатню швидкодію та належні показники якості регулювання в усьому діапазоні функціонування гідроприводу.

Проаналізовані опубліковані методи зменшення енергоспоживання. Встановлено, що для найбільшої експлуатаційної

та економічної ефективності сучасні перетворювачі частоти в керуючій частині мають контролер з датчиком зворотного зв'язку, що дозволяє автоматично реалізовувати оптимальний технологічний процес, а також вирішувати ряд додаткових завдань, зокрема, контролю, діагностики, захисту.

Проведено аналіз технічного та алгоритмічного забезпечення наявної системи управління формуванням садки вогнетривких виробів. За результатами слід відзначити використання застарілої елементної бази, деякі компоненти якої функціонують частково, що зумовлює необхідність ґрунтовної модернізації вказаної системи, в тому числі гідравлічної складової, для підвищення продуктивності роботи технологічної ділянки випалювання вогнетривкої продукції та зниження рівня енергоспоживання обладнання.

Проаналізовано технологічний процес формування садки вогнетривів як об'єкт автоматизації, визначено вхідні та вихідні параметри, збурювальні впливи. Сформульовані задачі автоматичного контролю та регулювання відповідними технологічними параметрами. Обґрунтовано вибір структури автоматизованої системи управління. Визначено розподіл основних задач, які вирішуються на рівнях автоматизації.

Визначено технологічні параметри з урахуванням їхніх діапазонів згідно з технічною документацією для проектування відповідних систем автоматичного регулювання. Передбачено систему стабілізації температури оливи та контролю мінімального рівня оливи для забезпечення сталого функціонування гідравлічної системи. Стабілізація тиску оливи в гідравлічній системі реалізується шляхом комплексного застосування адаптивного керування частотою обертання двигуна насосу та пропорційного переливного клапану, що забезпечить більш плавний пуск двигуна та зниження споживання електричної енергії.

Вибір технічних засобів для всіх рівнів автоматизації здійснено згідно зі Стандартом АСУТП «МЕТІНВЕСТ ДІДЖИТАЛ». Обрано обладнання вендорів: SIEMENS, Rexroth, Atos, WIKA. Спроектовано систему регулювання параметрами гідравлічної системи формування садки вогнетривких виробів та розроблено відповідне програмне забезпечення з використанням програмних продуктів TIA PORTAL та STARTER.

Розроблено набір правил для нечіткого пропорційно-інтегрального регулятора та змодельовано роботу відповідної системи регулювання частотою обертання двигуна насосу гідравлічної системи. Встановлено, що застосування частотного перетворювача та ПІД закону регулювання, що реалізується програмно, забезпечує ефективну роботу системи за стабільних умов в передбачуваному діапазоні змін навантаження.

В той час як комбінація частотного перетворювача та нечіткого регулятора є обґрунтованою за необхідності адаптації до змін, в тому числі нелінійних, параметрів системи, завдяки тому, що забезпечує гнучкість керування за умов невизначеності та більшу енергоефективність. Водночас реалізація вказаної комбінації вимагає детальнішого аналізу системи та більшої обчислювальної потужності. Відповідними розрахунками підтверджено, що економічна доцільність впровадження запропонованої системи ґрунтується на зниженні енергоспоживання устаткування, зменшенні витрат на його обслуговування та ремонт, термін окупності складає 10 місяців.

ВИСНОВКИ

В кваліфікаційній роботі проаналізовано поточний стан питання застосування автоматизованих систем керування з використанням гідроприводів. Запропоновано автоматизовану систему управління формування садки вогнетривких виробів в умовах вогнетривкого заводу.

На підставі Стандарту АСУ ТП Метінвест Холдингу, а також вимог технологічного процесу, викладених в технологічній інструкції, запропонована модернізація метрологічного забезпечення та технічних засобів автоматизації.

З використанням програмних продуктів TIA PORTAL та STARTER розроблено програмне забезпечення для системи регулювання технологічними параметрами гідравлічної системи формування садки вогнетривких виробів. З використанням програмного забезпечення Simulink MATLAB розроблено набір правил для нечіткого пропорційно-інтегрального регулятора частотою обертання двигуна насоса гідравлічної системи.

Виконано розрахунок очікуваного економічного ефекту від впровадження запропонованого рішення.

ПЕРЕЛІК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

1. Мачулян О.В., Мірошніченко В.І. Дослідження САУ формування садки вогнетривких виробів. *Університетська наука-2024: тези доп. Міжнар. наук-техн. конф. (Дніпро, 23-24 травня 2024 р)* : Т. 1. ДВНЗ «ПДТУ». Дніпро: ДВНЗ «ПДТУ», 2024. С.270-271

АНОТАЦІЯ

Мачулян Олег Володимирович. Модернізація АСУ формування садки вогнетривких виробів в умовах вогнетривкого заводу. – Кваліфікаційна праця на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка». ОПП «Інтелектуальні системи управління та робототехнічні комплекси в гірничо-металургійному виробництві» – ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», Кам'янське, 2025.

Об'єктом дослідження є АСУ формуванням садки вогнетривких виробів в умовах вогнетривкого заводу.

Предметом дослідження є автоматизація системи формування садки вогнетривких виробів в умовах вогнетривкого заводу.

У першому розділі проаналізована предметна область застосування автоматизованих систем керування з використанням гідроприводів. Розглянуті наявні системи автоматизації, сформульована невирішена частина проблеми, яку планується досліджувати та вирішувати в рамках кваліфікаційної роботи.

У другому розділі надана загальна характеристика технологічного процесу, проведено аналіз технологічного процесу як об'єкту автоматизації, визначені задачі управління об'єктом, задачі автоматичного контролю та регулювання відповідних технологічних параметрів, обґрунтовано вибір структури системи автоматизованого управління та технічних засобів для всіх рівнів автоматизації.

У третьому розділі обґрунтовано вибір технічних засобів автоматизації для визначених технологічних параметрів, спроектовано САР. Розроблено програмне забезпечення для системи регулювання технологічними параметрами гідравлічної системи формування садки вогнетривких виробів з використанням програмних продуктів TIA PORTAL та STARTER. Розроблено набір правил для нечіткого пропорційно-інтегрального регулятора частотою обертання двигуна насосу гідравлічної системи з використанням програмного забезпечення Simulink MATLAB.

У четвертому розділі виконано розрахунок економічної ефективності запропонованої системи автоматизації.

Ключові слова: АСУ, ЦМВ, формування садки, гідропривод, нечітка логіка.

ABSTRACT

Oleh Machulyan. "Industrial Control Systems for Hydraulic Refractory Product Stacking Processes"

Thesis for a Master's degree in Automation and Computer-Integrated Technologies, specialty 174 "Automation, Computer-Integrated Technologies, and Robotics", Educational Program "Intelligent Control Systems and Robotic Complexes in the Metals and Mining Sector " – TECHNICAL UNIVERSITY "METINVEST POLYTECHNICS", LLC, Kamianske, 2025.

The research object is the automated control system for refractory product stacking in a refractory plant.

The research subject is the automation of technological processes for forming refractory product stacks in industrial conditions.

In the first chapter, the subject area of automation in refractory product stacking has been analyzed. Existing automation systems utilizing hydraulic drives have been reviewed. An unresolved part of the problem has been identified.

The second chapter analyzes the technological process as an automation object. Control objectives, automatic monitoring tasks, and regulation of relevant technological parameters have been defined. The selection of the automated control system structure and technical means for all automation levels has been justified.

In the third chapter, the choice of automation hardware has been substantiated based on the determined technological parameters. The control system has been designed. Software has been developed for a Siemens controller to regulate the technological parameters of the hydraulic system for refractory product stacking using the TIA Portal and Starter software. Based on the characteristics of the technological process, a fuzzy PI controller for regulating the rotational speed of the hydraulic pump motor has been designed in MATLAB Simulink.

In the fourth chapter, the economic efficiency of the proposed automation system has been calculated.

Keywords: automated control system, hydraulic drive, refractory product stacking, fuzzy logic, frequency converter