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 АСУТП нагріву металу в методичній 6-ти зонній печі з крокуючими балками»

Здобувач Ольга ПОКОТИЛОВА

Кам'янське 2025

Кваліфікаційною магістерською роботою є рукопис.

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

Керівник:	Сімкін Олександр Ісакович, кандидат технічних наук, професор, професор кафедри автоматизації, електро- та робототехнічних систем

Захист відбудеться 20 лютого 2025 р. о 15:30 год на засіданні екзаменаційної комісії за посиланням:

https://teams.microsoft.com/l/meetup-join/19%3ameeting_YWU2ZTZjMzUtNTAyZi00ZGRiLTk3NzEtY2ViNDc2MTMyNGE2%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» 14 лютого 2025 р.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Актуальність теми роботи. Методичні печі з крокуючими балками є ключовими агрегатами металургійних підприємств, що забезпечують нагрів заготовок перед подальшою обробкою. Ефективність їх роботи безпосередньо впливає на якість продукції, витрати енергоресурсів та екологічну складову виробництва. В свою чергу, продуктивність роботи печей залежить від якісного управління процесом нагріву. Автоматизоване регулювання робить процес нагріву більш стабільним і передбачувальним, забезпечуючи оптимізацію витрати палива, рівномірний розподіл температури та зменшення людського втручання. Однак існуючі автоматизовані системи управління технологічними процесами (АСУТП) методичних печей часто побудовані на застарілих технологіях та програмному забезпеченні, мають низьку гнучкість, недостатню адаптивність до змін у виробничому процесі та обмежену можливість інтеграції із сучасними цифровими платформами. Модернізація АСУТП дозволить підвищити точність контролю температурних параметрів, мінімізувати енергетичні втрати та автоматизувати управління технологічними параметрами, що сприятиме підвищенню конкурентоспроможності підприємства.

Постановка проблеми. Основні проблеми автоматизованої системи управління методичною піччю з крокуючими балками включають: застаріле програмне забезпечення SCADA (WinCC v7), яке не підтримує сучасні методи обробки даних та інтеграції з ERP-системами; обмежена інтеграція з сучасними промисловими мережами та відсутність алгоритмів прогнозуючого обслуговування.

Мета дослідження. Виконати модернізацію автоматизованої системи управління технологічними процесами нагріву металу в методичній печі шляхом оновлення технічного та програмного забезпечення, в т.ч. SCADA-системи, впровадити адаптивне регулювання температури, оптимізувати роботу систем регулювання співвідношення газ-повітря, розробити та реалізувати у вигляді програм деякі алгоритми програм верхнього рівня системи.

Задачі дослідження:

– проаналізувати існуючу системи управління методичною піччю та визначити її основні недоліків;

– визначити задачі автоматизації, основні параметри управління та взаємозв’язок між ними;

– визначити необхідні підготовчі заходи для оновлення програмного забезпечення SCADA-системи;

– здійснити вибір та обґрунтування технічних рішень;

– розробити алгоритм автоматизації для регулювання температури та співвідношення газ-повітря;

– розробити алгоритм для прогнозування часу нагріву заготовок та динамічного регулювання потужності печі залежно від швидкості прокатки;

– визначити математичні, алгоритмічні задачі верхнього рівня, виконати проектування екранної форми ЛМІ нагрівальника;

– виконати оцінку економічного ефекту від впровадження оновленої системи управління.

Об’єкт дослідження – методична 6-зонна піч з крокуючими балками.

Предмет дослідження – автоматизована система управління технологічним процесом нагріву металу та алгоритми адаптивного регулювання температурних параметрів.

Результати та обґрунтування їх новизни / інноваційності. Оновлення SCADA-системи до WinCC v8.0, впровадження прогнозуючих алгоритмів забезпечить більш швидкий аналіз даних і інтеграцію з промисловими мережами, підвищить точність регулювання технологічних параметрів. Впроваджені рішення дозволяють підприємству значно знизити експлуатаційні витрати, покращити якість нагріву металу та забезпечити довгострокову ефективність роботи печі.

Структура та обсяг роботи. Робота складається зі вступу, 4-х розділів, висновку, списку використаних джерел, 10 додатків. Загальний обсяг роботи становить 89 сторінок, робота містить 25 рисунків, 10 таблиць. Список використаних джерел складається з 15 джерел.

ОСНОВНА ЧАСТИНА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Основна частина роботи присвячена модернізації автоматизованої системи управління технологічним процесом (АСУТП) нагріву металу в методичній 6-зонній печі з крокуючими балками, технічні засоби та програмне забезпечення якої не відповідають сучасним вимогам до автоматизованих систем.

Розглянуто основні функції нагрівальної печі, детально описано її конструкцію, технічні характеристики та технологію нагріву заготовок. Розглянуто основні проблеми управління сучасними методичними печами.

Проаналізовано наукові та технічні публікації, що стосуються автоматизації процесів нагріву металу в методичних печах, оптимізації енергоспоживання, сучасних SCADA-систем та прогнозуючих алгоритмів для контролю технічного стану обладнання. Виявлено, що в сучасних дослідженнях значна увага приділяється підвищенню енергоефективності печей шляхом автоматизації температурного контролю та регулювання подачі газу і повітря. Окремі наукові роботи розглядають використання адаптивних

регуляторів температури та алгоритмів прогнозування. Зокрема, встановлено, що застосування прогнозуючих алгоритмів дозволяє на 10–15% збільшити ефективність роботи печі. Аналіз літератури підтвердив важливість використання моделювання процесу нагріву металу.

Проведені дослідження свідчать, що імітаційне моделювання у MATLAB дозволяє точніше прогнозувати зміну температури в камерах печі та підбирати оптимальні режими нагріву, що забезпечує стабільний технологічний процес. В рамках аналізу також виявлено, що металургійні підприємства все активніше шукають альтернативні джерела енергії, щоб знизити залежність від викопного палива та скоротити викиди парникових газів. Деякі Європейські виробництва вже використовують водень для нагріву сталі.

Розглянуто основні параметри технологічного процесу та влив цих параметрів один до одного, сформульовано основні задачі автоматизації, визначено структуру нової системи управління, обґрунтовано вибір технічних рішень та засобів автоматизації. Запропонована багаторівнева архітектура включає польовий рівень, рівень управління, інформаційну підсистему та підсистему безпеки.

У третьому розділі розглянуто реалізацію запропонованої системи, зокрема здійснено обґрунтування та вибір технічних засобів автоматизації (датчиків, перетворювачів та інших приладів КВПіА, контролерів та іншого обладнання), сформульовано необхідність проєктування та реалізації додаткових програм на верхньому (комп’ютерному) рівні АСУТП, обґрунтовано необхідність оновлення програмного забезпечення SCADA WinCC до версії 8.0.

За допомогою програми Matlab досліджено модель та виконано налаштування ПІД-регулятора системи автоматичного регулювання співвідношенням «газ-повітря» в зварювальній зоні печі. Програмну реалізацію цієї системи та САР температурою в зварювальній зоні виконано з використанням програмного забезпечення TIA Portal фірми Siemens.

Обґрунтовано необхідність оновлення SCADA-системи, проаналізовано функціональні можливості WinCC v7 та її обмеження у порівнянні з WinCC v8.0. Виявлено, що оновлена версія має покращені можливості архівування даних, розширений функціонал інтеграції з ERP/MES-системами та підтримку сучасних комунікаційних стандартів, таких як OPC UA. З точки зору встановлення та використання нової версії не принесе додаткових проблем для обслуговуючого персоналу АСУТП.

Проведено математичне моделювання та оптимізацію витрат енергоресурсів, розроблено алгоритм прогнозування часу нагріву та зношення футерівки печі, що дозволяє покращити надійність роботи системи.

Детально описано розроблений та реалізований у вигляді Matlab-програми алгоритм для прогнозування часу нагріву заготовок та динамічного регулювання потужності печі залежно від швидкості прокатки та технологічних вимог. Розроблено та детально описано обмін даними між Matlab та SCADA WinCC.

Розроблено головний та декілька другорядних екранів («Зона печі», «Робота рекуператора», «Блокировки») людино-машинного інтерфейсу АСУТП.

Представлено економічне обґрунтування модернізації, виконано розрахунок ефективності запропонованих змін, визначено термін окупності та економічний ефект від впровадження модернізованої АСУТП. Результати дослідження підтвердили доцільність модернізації, оскільки запропоновані заходи сприяють підвищенню точності управління, зниженню витрат природного газу на 2-3% та підвищенню продуктивності виробництва на 0,5%.

ВИСНОВКИ

У результаті виконання роботи було проведено аналіз існуючої автоматизованої системи управління технологічним процесом нагріву металу в методичній 6-зонній печі з крокуючими балками, визначено її основні недоліки та запропоновано комплекс заходів щодо модернізації. На основі отриманих результатів розроблено пропозиції по модернізації діючої системи управління, що включає оновлення програмного забезпечення SCADA WinCC до версії 8.0, впровадження сучасних контролерів SIMATIC S7-1500, а також реалізацію інтелектуальних алгоритмів управління температурними режимами, співвідношенням газ-повітря та прогнозування часу нагріву заготовку в залежності від швидкості прокатки.

Економічний аналіз показав, що модернізація дозволяє знизити енергоспоживання, підвищити продуктивність та забезпечити швидку окупність проекту. Впровадження оптимізованої АСУТП дає змогу покращити якість нагріву металу, знизити втрати матеріалу, підвищити рівень автоматизації та інтеграцію системи з виробничими процесами. Отримані результати можуть бути використані для подальшого вдосконалення автоматизованих систем управління нагрівальними печами та застосовані на металургійних підприємствах групи.

ПЕРЕЛІК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

1. Pokotylova O. V., Simkin O. I., Tsibik M. S. Modernization of the automatic control system of the methodical 6-zone furnace with stepping beams. *MININGMETALTECH 2024 – THE MINING AND METALS*

SECTOR: INTEGRATION OF BUSINESS, TECHNOLOGY AND EDUCATION. Volume 2. 2024. P. 61–63. DOI: https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-137

АНОТАЦІЯ

Покотилова Ольга Вікторівна. Модернізація АСУТП нагріву металу в методичній 6-ти зонній печі з крокуючими балками. - 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 автоматизована система управління технологічними процесами (АСУТП) нагріву металу в методичній 6-зонній печі з крокуючими балками.

Предметом дослідження є модернізація АСУТП нагріву металу в методичній 6-ти зонній печі з крокуючими балками.

У першому розділі проаналізовано предметну область, надано загальну характеристику технологічного процесу та чинної системи автоматизації. Проведено аналіз аналогічних рішень, визначено основні недоліки існуючої системи та сформульовано необхідність її модернізації.

У другому розділі розглянуто технологічний процес як об'єкт автоматизації, визначено основні керовані параметри та їхній взаємозв'язок. Визначено структуру АСУТП, сформульовано основні задачі управління, наведено розподіл функціональних рівнів системи автоматизації.

У третьому розділі виконано проектування систем автоматичного регулювання температури та співвідношення газ-повітря. Виконано аналіз та необхідні розрахунки для оновлення програмного забезпечення WinCC та перехід на версію v8.0. Розроблено алгоритми автоматизації для прогнозування часу нагріву заготовок в залежності від швидкості прокатки та алгоритм прогнозування зношення футеровки печі.

У четвертому розділі наведено економічне обґрунтування модернізації, розраховано економічний ефект від впровадження оптимізаційних алгоритмів та нових методів управління.

Ключові слова: методична піч, SCADA-система, температурний режим, співвідношення газ-повітря, автоматизація, прогнозування технічного стану, економічний ефект

ABSTRACT

Pokotylova Olha. Modernization of the APCS for Metal Heating in a Six-Zone Methodical Furnace with Walking Beams. Master's qualification thesis.

The qualification work is submitted for obtaining a master's degree in the specialty 174 "Automation, Computer-Integrated Technologies, and Robotics" under the educational and professional program "Intelligent Control Systems and Robotic Complexes in Mining and Metallurgical Production" – Metinvest Polytechnic Technical University, Kamianske, 2025.

The object of the study is the automated process control system (APCS) for metal heating in a six-zone methodical furnace with walking beams.

The subject of the study is the modernization of the APCS for metal heating in the six-zone methodical furnace with walking beams.

In the first section, the domain is analyzed, providing a general overview of the technological process and the current automation system. A review of similar solutions is conducted, identifying key drawbacks of the existing system and justifying the need for its modernization.

The second section examines the technological process as an automation object, defines the main controlled parameters and their interrelations, and establishes the structure of the APCS. The key control tasks are formulated, and a functional breakdown of automation system levels is provided.

The third section involves the design of automatic control systems for temperature regulation and the gas-air ratio. Analysis and necessary calculations for software updates (WinCC migration to version 8.0) are carried out. Automation algorithms for predicting billet heating time depending on rolling speed and an algorithm for predicting furnace lining wear are developed.

The fourth section presents an economic justification for modernization, calculating the economic effect of implementing optimization algorithms and new control methods.

Keywords: methodical furnace, SCADA system, temperature control, gas-air ratio, automation, technical condition prediction, economic effect