

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 у гірничо-металургійному
виробництві»
за спеціальністю 151 Автоматизація
і комп'ютерно-інтегровані технології

**на тему «Модернізація системи управління блоком
повітрянагрівачів доменної печі №1»**

Здобувач



Володимир СТЕЦЬКИЙ

Кам'янське 2024

Кваліфікаційною магістерською роботою є рукопис.

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

Керівник:



Мірошніченко Вікторія Ігорівна
доцент, канд. техн. наук,
доцент кафедри

Захист відбудеться 24 січня 2024 р. о 09:00 год на засіданні екзаменаційної комісії (https://teams.microsoft.com/l/meetup-join/19%3ameeting_MDRiNzZkYTEtMzUwYy00YmZhLWI0MWItNGZIMGJkNzg0NDIk%40thread.v2/0?context=%7b%22Tid%22%3a%221f6a60da-12a6-4028-9d77-a98fa5c6b40f%22%2c%22Oid%22%3a%2201efadc2-6354-43fb-8f92-8e8c2485636b%22%7d).

Електронна версія автореферату розміщена в Інституційному репозитарії ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА» 21 січня 2024 р.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Актуальність теми роботи. Сучасні тенденції розвитку доменного виробництва спрямовані на покращення якості сировинних матеріалів; застосування пиловугільного палива та комбінованого дуття; підвищення тиску газів у пічному просторі та вдосконалення обладнання агрегату.

Автоматизація технологічного процесу виплавки чавуну в доменній печі є однією з найбільш актуальних задач сучасних підприємств – металургійних комбінатів. Суттєва концентрація ресурсів та виробничих потужностей в агрегаті потребує таких методів управління технологічним процесом, які зможуть забезпечити повне використання всіх можливостей доменної печі та отримання найкращих техніко-економічних показників доменної плавки. Саме тому модернізації систем автоматичного управління доменним процесом приділяється особлива увага.

В свою чергу, безперебійна робота блоку повітрянагрівачів, де відбувається нагрів дуття, яке подається в доменну піч, забезпечує зниження витрат палива, зокрема, та підвищення продуктивності доменної печі в цілому. Тому підтримка стану систем автоматизації цього технологічного процесу на сучасному рівні є актуальною задачею.

Постановка проблеми. На підставі інформації про роботу наявної на базі переддипломної практики автоматизованої системи управління зроблено висновок, що у вказаній системі слід модернізувати засоби автоматизації на більш сучасні та відповідні Стандарту АСУТП для підприємств Групи Метінвест, а також математичне, алгоритмічне та програмне забезпечення.

Мета дослідження. Забезпечити стабільну роботу автоматизованої системи управління технологічним процесом нагріву дуття в блоці повітрянагрівачів доменної печі №1 шляхом її модернізації.

Задачі дослідження:

- проаналізувати предметну область автоматизації блоку повітрянагрівачів: 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;
 - виділити задачі автоматичного контролю, регулювання, управління;
- обґрунтувати запропоновану структуру системи управління:
 - виділити основні задачі АСУТП,
 - описати концепцію роботи системи,

- обґрунтувати та вибір технічних рішень.
- навести опис реалізації запропонованої системи:
 - обрати та обґрунтувати технічні засоби автоматизації,
 - спроектувати САР температури дуття,
 - розробити математичне, алгоритмічне та програмне забезпечення окремих задач системи,
- визначити та обґрунтувати економічну ефективність запропонованої системи.

Об'єкт дослідження – система управління блоком повітрянагрівачів доменної печі №1.

Предмет дослідження – автоматизація технологічного процесу нагріву дуття.

Результати та обґрунтування їх новизни / інноваційності.

В кваліфікаційній роботі запропоновано модернізацію автоматизованої системи управління блоком повітрянагрівачів, що передбачає застосування сучасних технічних засобів автоматизації, що відповідають вимогам стандарту АСУТП «Метінвест Холдинг», а також математичну модель управління технологічним процесом нагріву дуття доменної печі.

Структура та обсяг роботи. Робота складається зі вступу, 4-х розділів, висновків, списку використаних джерел, двох додатків. Загальний обсяг роботи становить 65 сторінок, робота містить 13 рисунків, 2 таблиці. Список використаних джерел складається з 11 джерел.

ОСНОВНА ЧАСТИНА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Під час літературного огляду проаналізовано наявні способи та методи управління блоком повітрянагрівачів, відповідні алгоритми та програмне забезпечення, математичні моделі процесу нагріву дуття в регенеративних повітрянагрівачах, опис яких опубліковано в наукових джерелах. В результаті аналізу усіх складових наявної системи автоматизації виявлена необхідність модернізації як метрологічного, так і програмного забезпечення.

Сформульовано основні задачі управління блоком повітрянагрівачів, а також задачі автоматичного контролю та регулювання технологічними параметрами процесу нагріву дуття. Проаналізовано повітрянагрівач як об'єкт автоматизації, в результаті чого виділено вхідні, вихідні величини та збурювальні впливи. Встановлено, що метою управління блоком повітрянагрівачів при обмеженні на їхню теплову потужність може служити забезпечення максимальної температури гарячого дуття або максимального середнього теплосвоєння кожного повітрянагрівача. В основу оптимізації покладено вартісний критерій - мінімум середніх витрат на

нагрів дуття. Визначено основні завдання управління тепловим режимом нагріву дуття в доменних повітрянагрівачах:

- забезпечення нагріву заданої кількості дуття до необхідної температури в режимі «дуття» шляхом акумуляції насадками повітрянагрівачів достатньої для цього кількості тепла в режимі «нагрів»;

- акумуляції зазначеної вище кількості тепла впродовж заданого часу при мінімальній витраті палива, або за мінімальний час при обмеженнях по витратах палива і повітря;

- недопущення перегріву купола, верхівок насадок і нижніх споруд повітрянагрівачів. Обмеження для температури купола і верхівок насадок визначається стійкістю вогнетривкої цегли, а нижніх споруд – будівельною міцністю елементів конструкцій (температура диму не повинна перевищувати 400 °С).

На підставі Стандарту АСУТП, що діє для Активів «Метінвест Холдинг», обрано дворівневу структуру АСУ блоком повітрянагрівачів. Сформульовано концепцію роботи системи управління блоком повітрянагрівачів доменної печі та наведено опис її структури, основних підсистем, їхнього взаємозв'язку та відповідних функціональних задач.

На підставі аналізу технологічних параметрів процесу нагріву дуття в повітрянагрівачі обґрунтовано вибір технічних засобів автоматизації для відповідних контурів контролю, регулювання та сигналізації. Згідно вимогам Стандарту АСУ ТП «МЕТІНВЕСТ ДІДЖИТАЛ» обрано обладнання вендорів SIEMENS та AUMA. Спроектовано схему автоматизації повітрянагрівача, що включає основні контури регулювання, контролю та сигналізації технологічних параметрів. Регулювання температури купола здійснюється контролером в автоматичному режимі по сигналу від термопари переміщенням за допомогою виконавчого механізму регулюючого органу на трубопроводі змішаного газу, або в дистанційному, змінюючи витрату палива, підтримує зростання температури в повітрянагрівачах в заданому режимі, встановленим газівником в залежності від калорійності газу та кількості повітря. Регулювання тиску доменного або змішаного газу на блок повітрянагрівачів забезпечується типовим комплектом апаратури, який забезпечує стабілізацію заданого значення тиску. Оптимальний режим горіння ведеться з надлишком повітря для повного спалювання палива. По досягненню заданої температури купола передбачено стабілізацію температури збільшенням витрати повітря. Для уникнення перегріву купола коефіцієнт надлишку повітря збільшується і знаходиться в межах 1,05 - 1,5, що призводить до зменшення температури продуктів горіння, збільшення їхньої кількості і швидкості руху до димової труби, що сприяє більш інтенсивному нагріванню насадки. Для оповіщення

персоналу про порушення в роботі та автоматичного відключення повітрянагрівача при виникненні аварійних ситуацій передбачено систему звукової і світлової сигналізації та відключення газу і повітря горіння на повітрянагрівач. Відсічка подачі газу і повітря до пальників здійснюється при падінні тиску одного з компонентів горіння або відключенні живлення приладів контролю. Спроектовано САР температури дуття. Регулювання температури гарячого дуття відбувається по сигналу від термопари після байпасу, на підставі якого контролером за допомогою виконавчого механізму реалізується переміщення заслінки на байпасі холодного дуття від повністю відкритого до закритого положення. Управління перекиданням клапанів реалізується на підставі інформації про положення цього регульовального органу: при повністю закритій заслінці надходить сигнал про закінчення режиму «дуття» та автоматичне переведення повітрянагрівача в режим «нагрів».

Розраховано нагрів насадки повітрянагрівача за відомих параметрів палива, на підставі рівняння теплового балансу отримано вираз для визначення калориметричної температури горіння. На базі цієї математичної моделі розроблено програмне забезпечення повітрянагрівача, що надає необхідну інформацію про зміни технологічних параметрів повітрянагрівача в режимах «нагрів» та «дуття» та дозволяє в імітаційному режимі керувати технологічним процесом нагріву дуття, змінюючи уставки та відслідковуючи дії збурень.

Визначено термін окупності запропонованої модернізації автоматизованої системи управління блоком повітрянагрівачів складає приблизно три роки, забезпечується стабільністю роботи блоку повітрянагрівачів та відповідного обладнання за умови постійного використання повітрянагрівачів у доменному виробництві.

ВИСНОВКИ

1. В кваліфікаційній роботі було запропоноване рішення щодо модернізації автоматизованої системи управління блоком повітрянагрівачів доменної печі 1м комбінату.

2. Було проаналізовано предметну область автоматизації роботи повітрянагрівачів доменної печі. Надана загальна характеристика технологічного процесу та наявної системи автоматизації роботи блоку повітрянагрівачів доменної печі. В результаті визначена необхідність модернізації наявної системи та сформульована невирішена частина проблеми, яку планується досліджувати та вирішувати в рамках кваліфікаційної роботи.

3. Розглянуто технологічний процес як об'єкт автоматизації, визначено параметри об'єкту автоматизації та задачі управління

блоком повітрянагрівачів, задачі автоматичного контролю та регулювання відповідних технологічних параметрів, обґрунтована запропонована структура системи автоматизації, визначено розподіл основних задач, які вирішуються на рівнях автоматизації, наведено перелік основних функціональних задач та опис схеми їхнього взаємозв'язку.

4. Було обґрунтовано вибір технічних засобів для всіх рівнів автоматизації; спроектовано САР температури дуття; розроблено математичну модель теплового режиму повітрянагрівача, програмне забезпечення системи автоматизації.

5. За допомогою розрахунків визначено економічну доцільність запропонованої модернізації системи автоматизації.

ПЕРЕЛІК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

1. Койфман, О., Мірошніченко, В., Стецький, В., Заварзін, А. Prospects for the Development of a Cyber-Physical Control System for Hot Blast Stoves Block. Автоматизація та біомедичні і комп'ютерні технології : зб. тез Всеукр. наук-техн. інтернет-конференції, Маріуполь/Дніпро, 20 березня 2023 р. (ДВНЗ «ПДТУ»). Маріуполь/Дніпро, 2023. С. 17-20.

2. V.V. Stetskyi, V.I. Miroshnychenko. Analysis of the Conditions for Modernization of the Blast Furnace Hot Blast Stove Block Control System. International scientific conference «MININGMETALTECH 2023 – The mining and metals sector: integration of business, technology and education» : conference proceedings, Riga, the Republic of Latvia, November 29–30, 2023. «Baltija Publishing», Riga, Latvia, 2023. С. 67–68.

DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-101>

АНОТАЦІЯ

Стецький Володимир Володимирович. Модернізація системи управління блоком повітрянагрівачів доменної печі №1. - Кваліфікаційна праця на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології». ОПП «Інтелектуальні системи управління у гірничо-металургійному виробництві» – ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», м. Кам'янське, 2024.

Об'єктом дослідження є система управління блоком повітрянагрівачів доменної печі №1.

Предметом дослідження є автоматизація технологічного процесу нагріву дуття.

У першому розділі проаналізована предметна область автоматизації роботи повітрянагрівачів доменної печі. Надана загальна характеристика технологічного процесу та наявної системи автоматизації роботи блоку повітрянагрівачів доменної печі. Приведено аналіз рішень на аналогічних об'єктах. В результаті визначена необхідність модернізації наявної системи та сформульована невирішена частина проблеми, яку планується досліджувати та вирішувати в рамках кваліфікаційної роботи.

У другому розділі проведено аналіз технологічного процесу як об'єкту автоматизації, визначено параметри об'єкту автоматизації, визначені задачі управління блоком повітрянагрівачів, задачі автоматичного контролю та регулювання відповідних технологічних параметрів, обґрунтована запропонована структура системи автоматизації, визначено розподіл основних задач, які вирішуються на рівнях автоматизації, наведено перелік основних функціональних задач та опис схеми їхнього взаємозв'язку.

У третьому розділі обґрунтовано вибір технічних засобів для всіх рівнів автоматизації; спроектовано САР температури дуття; розроблено математичну модель теплового режиму повітрянагрівача, програмне забезпечення системи автоматизації.

У четвертому розділі відповідними розрахунками підтверджено економічну доцільність впровадження запропонованої системи автоматизації.

Ключові слова: автоматизація, повітрянагрівач, дуття, управління, модернізація.

ABSTRACT

Volodymyr Stetskyi. Modernization of the control system for the hot blast stove unit of blast furnace No. 1. - Qualifying work on the rights of the manuscript.

Theses for a Master's degree in Automation and Computer-Integrated Technologies, the specialty 151 "Automation and Computer-Integrated Technologies" Educational Program "Intelligent Control Systems in the Metals and Mining Sector" TECHNICAL UNIVERSITY "METINVEST POLYTECHNICS", LLC, Kamyanske, 2024.

The object of the study is the control system for the air heater block of blast furnace No.1. The subject of the research is the automation of the technological process of blast heating.

In the first chapter, the subject area of the automation of the air heater block of the blast furnace is analyzed. A general description of the technological process and the existing automation system for the

operation of the air heater block of the blast furnace is provided. An analysis of solutions on similar objects is presented. As a result, the need for modernization of the existing system is determined, and the unresolved part of the problem to be investigated and solved within the qualification work is formulated.

The second chapter conducts an analysis of the technological process as the object of automation. Parameters of the automation object are determined, tasks of managing the air heater block, tasks of automatic control and regulation of relevant technological parameters are defined. The proposed structure of the automation system is justified, and the distribution of key tasks addressed at automation levels is determined. A list of main functional tasks and a description of the scheme of their interrelation are provided.

The third chapter justifies the selection of technical means for all levels of automation; the temperature control system for blast heating is designed, and a mathematical model of the thermal regime of the air heater is developed. Additionally, the software for the automation system is designed.

The fourth chapter confirms the economic feasibility of implementing the proposed automation system through relevant calculations.

Keywords: automation, hot blast stove, blast, control, modernization.