

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 «Система автоматизації сушильного барабану  
помольного відділу»**

Здобувач



Максим УВАРОВ

м. 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

Захист відбудеться 24 січня 2024 р. о 09:00 год на засіданні  
екзаменаційної комісії ([https://teams.microsoft.com/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](https://teams.microsoft.com/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.** В технологічному процесі сушіння сипких матеріалів в сушильному барабані у більшості випадків промислового застосування не використані усі можливості для оптимізації енергоспоживання. Багато виробництв використовують застарілі методи автоматизації виробництва, за яких регулювання параметрів сушіння виконується вручну, що призводить до неефективного споживання енергетичних ресурсів. Відсутність автоматичного контролю параметрів, що визначають якість готового продукту, призводить до її зниження та нераціонального використання енергоресурсів. Впровадження автоматизованого управління процесом сушіння сипких матеріалів дозволить досягти високого рівня якості продукції та енергоефективності технологічних агрегатів.

**Постановка проблеми.** Ключова проблема, яку вирішує ця кваліфікаційна робота, полягає в неефективності та недостатній гнучкості технологічного процесу сушіння вогнетривів у сушильному барабані підприємства через повну відсутність автоматизації агрегату. Недосконалість ведення процесу призводить до нерівномірності сушіння та збільшених витрат енергії, негативно впливаючи на результативність виробничого процесу та якість продукції. З урахуванням зазначеного, доцільно розробити та впровадити автоматизовану систему управління технологічним процесом, спрямовану на підвищення енергоефективності роботи сушильного барабану.

**Мета дослідження** – розробити автоматизовану систему управління технологічним процесом сушіння вогнетривів у сушильному барабані для підвищення енергоефективності та продуктивності його роботи.

### **Задачі дослідження:**

- проаналізувати предметну область автоматизації сушильних барабанів: 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 і тиску,
- розробити математичне, алгоритмічне та програмне забезпечення окремих задач системи,
- визначити та обґрунтувати економічну ефективність запропонованої системи.

**Об'єкт дослідження** – АСУТП сушіння вогнетривів в сушильному барабані.

**Предмет дослідження** – автоматизація технологічного процесу сушіння вогнетривів у сушильному барабані.

**Результати та обґрунтування їх новизни / інноваційності.** Розроблена система автоматизації сушіння вогнетривів у сушильному барабані має на меті поліпшення технологічного процесу. Її впровадження сприятиме підвищенню ефективності сушіння та стабільності умов промислового виробництва. Отримані результати дослідження мають важливе науково-практичне значення для промислових підприємств, зайнятих сушінням матеріалів у сушильних барабанах.

**Структура та обсяг роботи.** Робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел, одного додатку. Загальний обсяг роботи становить 59 сторінок, робота містить 19 рисунків, 6 таблиць. Список використаних джерел складається з 17 джерел.

## ОСНОВНА ЧАСТИНА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Позаяк технологічний процес сушіння саме вогнетривів в сушильному барабані є нешироко розповсюдженим, враховуючи обмежену потребу у вказаній продукції, були розглянуті типові системи автоматизації сушильних установок сипких матеріалів, зокрема, вугілля. Проаналізовано методи підвищення продуктивності сушильного барабану для гранульованих матеріалів, що передбачають регулювання кута нахилу установки та дисперсного складу матеріалу на вході, де враховано взаємовплив компонентів лінії на її продуктивність, якість і витрати.

Виявлено, що на поточний момент в цеху магнезіальних виробів підприємства рівень автоматизації сушильного барабану №2 є мінімальним. З урахуванням зазначеної специфіки, зумовленої застарілим технологічним обладнанням та відсутністю систем автоматичного регулювання в сушильному барабані №2, виникає необхідність впровадження системи автоматизації на цьому агрегаті.

Встановлено основні кроки вирішення завдання:

1. Модернізація метрологічного забезпечення та технічних засобів системи автоматизації.

2. Розробка структури системи автоматизації, що відповідає потребам та стану технологічного агрегату

3. Розробка програмного забезпечення контролера для збору, аналізу технологічної інформації, регулювання робочих параметрів сушильного барабана.

4. Розробка програмного забезпечення для візуалізації технологічної інформації, видання рекомендацій операторам по управлінню агрегатом на підставі розрахунків керуючих впливів та моделювання технологічного процесу, а також забезпечення взаємодії з іншими системами підприємства.

Очікувані результати та переваги впровадження:

1. Зниження витрати паливних ресурсів завдяки визначенню та дотриманню вимог технологічного процесу сушіння.

2. Підвищення екологічної ефективності завдяки раціональному використанню енергії та уникненню небезпечних газових сумішей в просторі цеха.

3. Покращення конкурентоспроможності підприємства через оптимізацію виробничих процесів та підвищення якості продукції.

4. Забезпечення стабілізації вологості сировини, що впливає на якість кінцевого продукту.

5. Зменшення ризиків та підвищення безпеки робочого середовища завдяки впровадженню автоматизованих процесів.

В результаті аналізу сушильного барабану як об'єкта автоматизації, встановлено, що агрегат відноситься до класу об'єктів управління зі значною ємністю та розподіленими параметрами, а також значним транспортним запізненням, тобто його можна розглядати як теплообмінник та транспортувальний пристрій. Визначено вхідні, вихідні параметри та збурення. Сформульовано основні задачі контролю, регулювання та управління технологічним процесом сушіння сировини в сушильному барабані.

Запропоновано дворівневу структуру АСУ ТП сушильного барабану з урахуванням специфіки стану автоматизації технологічної ділянки сушіння вогнетривів магнезійного цеху підприємства та вимог до проєктованих систем автоматизації, що наведені у Стандарті АСУ ТП для підприємств «Метінвест Холдинг». Визначено розподіл основних задач, які вирішуються на рівнях автоматизації, наведено перелік основних функціональних задач АСУ ТП сушіння вогнетривів та опис схеми їхнього взаємозв'язку.

Обґрунтовано вибір датчиків та технічних засобів автоматизації. Вибір конкретних моделей здійснено з урахуванням їхньої специфікації, специфіки виробництва та Стандарту АСУ ТП «МЕТІНВЕСТ ДИДЖИТАЛ» для наступних систем автоматичного регулювання, контролю та сигналізації:

– співвідношення «паливо-повітря»;

- температури в топці;
- температури теплоносія на вході та виході з барабану
- тиску палива перед пальниками;
- вологості сировини на вході в барабан;
- ваги сировини на вході в барабан;
- наявність полум'я на пальниках.

Обрано обладнання вендорів SIEMENS, AUMA, Berthold. Розроблено програмне забезпечення для вказаних спроектованих САР в програмному середовищі TIA PORTAL.

Для розробки моделі сушильного процесу проаналізовано експериментальні дані вимірювань на реальному об'єкті. Отримано результати, які охоплюють ключові параметри сушіння, які визначають оптимальні умови для досягнення стабільності та високої продуктивності процесу. Зокрема, зроблено висновок, що витрати природного газу в сушильному процесі суттєво залежать від маси сипучого матеріалу, який надходить в сушильний барабан, та, в значній мірі, від його початкової вологості. Зазначена залежність підтверджується фактом, що зі збільшенням вологості початкового матеріалу спостерігається зростання енергетичних затрат для здійснення процесу сушіння. Розроблено модель системи регулювання теплового стану сушильного барабану з використанням модуля програмного забезпечення MATLAB Simulink, що враховує впливи збурень по масі та вологості вхідної сировини. Отримано налаштування регулятора, які забезпечують потрібні показники якості технологічного процесу. Запропоновано алгоритм роботи системи автоматизації сушильного барабану, який дозволить ефективно управляти технологічним процесом сушіння. Результати роботи включають інформацію про соціальні та екологічні переваги, зокрема, підвищення безпеки робочого середовища та зменшення споживання енергії. Розроблені рекомендації щодо ефективного використання енергоресурсів сприятимуть зменшенню економічних витрат та підвищенню рентабельності виробництва.

## ВИСНОВКИ

1. Було проведено аналіз предметної області, що стосується процесу сушіння сипких матеріалів в сушильних барабанах. Розглянуто методи підвищення продуктивності сушильного барабану для гранульованих матеріалів, наявні математичні моделі стаціонарного процесу сушіння. Проведений огляд поточного стану автоматизації сушильного барабану №2 підприємства

2. Проаналізовано технологічний процес сушіння вогнетривів в сушильному барабані як об'єкт автоматизації. Описано та

обґрунтовано вибір структури системи автоматизації та взаємозв'язок функціональних задач АСУ ТП.

3. Обґрунтовано вибір технічних засобів для всіх рівнів автоматизації та спроектовано САР температури.

4. Визначено аналітичні залежності, що описують розподіл параметрів процесу сушіння матеріалу в барабані з урахування швидкості переміщення. На підставі математичної моделі технологічного процесу виконано налаштування PID регулятора та змодельовано роботу системи управління.

5. Розроблено алгоритм роботи системи управління сушильним барабаном.

6. В результаті відповідних розрахунків підтверджено економічний ефект від запропонованої системи автоматизації.

#### ПЕРЕЛІК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Уваров, М., Мірошніченко, В. Automation Of Drying Drum. 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. 72–74. <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-103>

#### АНОТАЦІЯ

Уваров Максим Олегович. Система автоматизації сушильного барабану помольного відділу. - 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 технологічний процес сушіння матеріалів у сушильному барабані

Предметом дослідження є система автоматизації, розроблена для оптимізації технологічного процесу сушіння матеріалів у сушильному барабані

У першому розділі виконаний аналіз предметної області процесу сушіння в сушильних барабанах. Розглянуто методи підвищення продуктивності сушильного барабану для гранульованих матеріалів, наявні математичні моделі стаціонарного процесу

сушіння. Проведений огляд поточного стан автоматизації сушильного барабану №2.

У другому розділі проведено аналіз технологічного процесу сушіння вогнетривів в сушильному барабані як об'єкта автоматизації. Описаний та обґрунтований вибір структури системи автоматизації та взаємозв'язок функціональних задач АСУ ТП.

У третьому розділі обґрунтовано вибір технічних засобів для всіх рівнів автоматизації; спроектовано САР температури. Визначено аналітичні залежності, що описують розподіл параметрів процесу сушіння матеріалу в барабані з урахування швидкості переміщення. На підставі математичної моделі технологічного процесу виконане налаштування PID регулятора та змодельована робота системи управління. Розроблено алгоритм роботи системи управління сушильним барабаном

У четвертому розділі відповідними розрахунками підтверджено економічне обґрунтування запропонованої системи автоматизації.

Ключові слова : сушильний барабан, вологість, температура, топка, руда, автоматизація.

## ABSTRACT

Maxim Uvarov. Automation system for the drying drum of the grinding unit. - 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 research is the technological process of drying materials in a drying drum

The subject of research is an automation system designed to optimize the technological process of drying materials in a drying drum

The first section analyses the subject area of the drying process in drying drums. Methods of increasing the productivity of a drying drum for granular materials and existing mathematical models of the stationary drying process are considered. The current state of automation of drying drum No. 2 is reviewed.

Section 2 analyses the technological process of drying refractories in a drying drum as an automation object. The choice of the structure of the automation system and the interconnection of the functional tasks of the process control system are described and substantiated.

In the third section, the choice of technical means for all levels of automation is substantiated; the temperature control system is designed. The analytical dependencies describing the distribution of the parameters

of the material drying process in the drum, taking into account the speed of movement, are determined. On the basis of the mathematical model of the technological process, the PID controller was set up and the operation of the control system was modelled. An algorithm for the drying drum control system was developed

In the fourth section, the economic feasibility of the proposed automation system is confirmed by appropriate calculations.

Keywords: drying drum, humidity, temperature, furnace, ore, automation