

ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»  
Факультет автоматизації виробництва та цифрових технологій  
Кафедра цифрових технологій та проектно-аналітичних рішень

## **АВТОРЕФЕРАТ кваліфікаційної роботи**

на здобуття освітнього ступеня магістра

за підсумками виконання  
освітньо-професійної програми  
«Комп'ютерні науки та цифровий інтелект»  
за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки

на тему «Дослідження та проектування програмних компонентів  
для системи управління переміщенням пічних вагонів тунельної  
відпалювальної печі дільниці відпалу алюмосилікатного цеху ПАТ  
«ЗАПОРІЖВООГНЕТРИВ»

Здобувач



Дмитро ГАРМАШ

КРИВИЙ РІГ 2024

Кваліфікаційною магістерською роботою є рукопис.  
Робота виконана у Технічному університеті «МЕТІНВЕСТ  
ПОЛІТЕХНІКА» на кафедрі цифрових технологій та проєктно-  
аналітичних рішень.

**Керівник:**



Нікуліна Олена Миколаївна, професор,  
д.т.н., каф. ЦТПАР

Захист дипломної роботи відбудеться «22» січня 2024 року о 9-00  
годині у ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ  
ПОЛІТЕХНІКА» за адресою [https://teams.microsoft.com/l/meetup-join/19%3ameeting\\_Yjk3NDk2YTMtNzFiMS00MmU5LWI4ZjctNzYyMTYyZDA0MzA0%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/l/meetup-join/19%3ameeting_Yjk3NDk2YTMtNzFiMS00MmU5LWI4ZjctNzYyMTYyZDA0MzA0%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  
репозиторії ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ  
ПОЛІТЕХНІКА» 19 січня 2024 р.

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Актуальність проведення дослідження з розробки нових чи покращення існуючих систем управління технологічними процесами виробництва вогнетривів в Україні обумовлена низкою суттєвих факторів, які впливають на ефективність та конкурентоспроможність галузі, так як дане виробництво залишилось одне на Україні, у місті Запоріжжя, а конкурувати треба з виробниками країн Європи. Важливо визначити і розглянути ці проблеми для подальшого розвитку та вдосконалення виробництва в даному сегменті промисловості тому, що воно невід'ємно пов'язано з металургійним виробництвом всієї України в умовах блокади морських шляхів і низької пропускної спроможності залізничних шляхів.

По-перше, зростання витрат на енергію стає серйозним викликом для підприємства, що виробляє вогнетриви. Актуальність цієї проблеми підтверджується порушенням цілісності енергосистеми, пов'язане з війною, необхідністю зменшувати енергозатрати. Дослідження у цьому напрямку дозволить розробити ефективні технології енергозбереження та покращити енергоефективність виробництва вогнетривів.

По-друге, проблеми забезпечення сировиною мають велике значення для стабільності виробництва шамотних вогнетривів, так як місця видобутку сировини знаходяться на ТОТ Запорізької області. Залежність від імпортного сировинного базару та можливі коливання в постачанні можуть вплинути на якість та своєчасність виробництва продукції. Отже, актуальність вивчення можливостей для забезпечення сталого та якісного постачання сировини визначається потребою у стабільності виробничого процесу алюмосилікатних вогнетривів.

По-третє, в контексті глобальних тенденцій збільшення уваги до екологічних аспектів виробництва, проблеми недостатньої екологічної стійкості виробництва вогнетривів стають дедалі більш актуальними. Дослідження в цьому напрямку дозволить виробникам адаптувати свої технології та виробничі процеси до вимог сучасних стандартів екологічної безпеки та стійкості.

За умов непередбачуваної економічної та політичної ситуації в Україні, дослідження сучасних проблем виробництва вогнетривів стає ключовим для виживання та розвитку підприємств металургійної галузі, а аналіз витрат на виробництво та застосування передових світових технологій автоматизації для зниження витрат. Отже, цей напрям є

важливим етапом у визначенні стратегій подолання викликів та забезпеченні стійкості виробництва вогнетривів в Україні на сучасному етапі.

Мета дослідження.

Зниження витрат на компенсацію браку відпалу вогнетривів у тунельній печі алюмосилікатного цеху ПАТ «ЗАПОРІЖВОГНЕТРИВ» за рахунок створення маршрутних листів пічних вагонів, візуалізація процесу відпалу.

Об'єкт дослідження.

Теоретичні та практичні аспекти технологічного процесу відпалу вогнетривів у тунельній печі для відпалу вогнетривів алюмосилікатного цеху ПАТ «ЗАПОРІЖВОГНЕТРИВ».

Предмет дослідження.

Методи та інструменти розробки програмного забезпечення для створення електронного паспорту на пічний вагон з продукцією.

Досягнення поставленої у роботі мети обумовило необхідність вирішення наступних задач:

- вивчення технологічних процесів виробництва шамотних, вогнетривів підприємства ПАТ «ЗАПОРІЖВОГНЕТРИВ»;
- вивчення вимог та стандартів якості виробництва вогнетривів на ПАТ «ЗАПОРІЖВОГНЕТРИВ»;
- проведення аналізу інструментів, які на даний час використовуються для управління бізнес-процесом відпалу алюмосилікатних вогнетривів у тунельній печі алюмосилікатного цеху ПАТ «ЗАПОРІЖВОГНЕТРИВ»;
- розробка математичного алгоритму регулювання потужності пальників у тунельній печі для відпалу вогнетривів на пічних вагонах згідно заданих параметрів автоматичного режиму роботи;
- аналіз фінансових аспектів при зниженні браку відпалу вогнетривів на ПАТ «ЗАПОРІЖВОГНЕТРИВ» до цільового внаслідок впровадження;
- здійснення тестування розробленого додатку програмного забезпечення.

Методи дослідження.

У даній роботі застосовано методи обробки та систематизації даних, аналізу, синтезу, методи математичного моделювання, спостереження. В рамках дослідження практичного досвіду виробництва шамотних вогнетривів в алюмосилікатному цеху застосовано методи аналізу та синтезу. При систематизації даних для

проведення розрахунків економічної ефективності впровадження результатів даного дослідження використано методи систематизації даних, математичного моделювання.

Наукова новизна роботи.

Вперше для шамотного виробництва алюмосилікатного цеху буде використовуватись система, яка буде автоматично регулювати потужність пальникових пристроїв в залежності від марки виробу, варіанту садки; візуалізувати проходження пічного вагону з садкою по тунельній печі, будувати звіт на кожен окремий вагон при проходженні різних ділянок печі – підігрів, відпал, охолодження.

Практичне значення отриманих результатів.

Результати роботи у вигляді розробленого додатку до програмного забезпечення можуть бути використані для інтеграції з існуючими системами: системою управління роботою тунельної печі для відпалу вогнетривів на базі ПЗ Panel View 400 та ПЛК Allen-Bradley.

Особистий внесок магістранта.

Розроблено додаток до програмного забезпечення для створення звіту електронного паспорту пічного вагону зі сформованою продукцією, який проходить відпал у тунельній печі, розроблено алгоритм для візуалізації переміщення вагону у тунельній печі, візуалізовано роботу агрегатів тунельної печі.

Спільно з АСУТП ПАТ «ЗАПОРІЖВОГНЕТРИВ» розроблено план робіт для проведення експериментальної розробки звітів електронних паспортів відпалу у тунельній печі. Спільно з відділом якості проведено аналіз рівня браку відпалу алюмосилікатного цеху на основі статистичних даних з паспортів вагонів.

Апробація отриманих результатів.

Основні положення та результати доповідалися і обговорювалися на міжнародній науково-технічній конференції «MININGMETALTECH 2023 – Гірничо-металургійний комплекс: інтеграція бізнесу, технологій та освіти»,

29 - 30 листопада 2023 року в ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА».

Структура та обсяг роботи.

Робота складається зі вступу, 5 розділів, висновків, списку використаних джерел, 4 додатків. Загальний обсяг роботи становить 108 сторінок, робота містить 21 рисунок, 25 таблиць. Список використаних джерел складається з 33 джерел.

## ОСНОВНА ЧАСТИНА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

У роботі обґрунтовується актуальність теми дослідження, формулюється мета та завдання, об'єкт, предмет дослідження, розкривається практичне значення одержаних результатів дослідження, наводяться данні щодо їх апробації.

Здійснено огляд наукової літератури за темою магістерської роботи, відзначено, що системи автоматизованого управління, на сучасному етапі технічного розвитку виробництв, повинні компенсувати зниження кількості обслуговуючого персоналу. При чому даний персонал не повинен мати більш високий рівень навичок, повинен бути лише користувачем ПК. Для управління автоматизованою системою були обрані передові надійні програмовані логічні контролери від Allen Bradley, які використовуються для розподілених програм або систем диспетчерського управління. Їх модульна архітектура гарантує розширений набір операцій, можливість додавання додаткових модулів при виконанні модернізації супутнього обладнання технологічних агрегатів, а також стабільну роботу системи в особливо шкідливих умовах.

Було проведено аналіз та моделювання програмно-технічного комплексу. Запропоновано представити структурно-функціональну модель у вигляді контекстної діаграми IDEF0, а також використати інші діаграми UML, такі як діаграма варіантів використання, діаграма діяльності, діаграма послідовності. Зроблено опис процесу регулювання роботи пальникових пристроїв тунельної печі та візуалізації переміщення пічних вагонів, представлені вхідні та вихідні дані.

Були виконані економічні розрахунки економічного ефекту від впровадження системи управління роботою тунельною піччю, візуалізації переміщення пічного вагону, проведений розрахунок щодо окупності реалізації проекту - фактичний коефіцієнт економічної ефективності розробки системи становить 0,78, що більше нормативного коефіцієнта 0,33 і це означає, що розробка та впровадження даної системи є економічно доцільною.

## ВИСНОВКИ

Станом на грудень 2023 року гірничо-добувні, металургійні та машинобудівні виробництва України стикаються з критичною ситуацією, пов'язаною з недостатньою кількістю кваліфікованого виробничого персоналу. Масова мобілізація та евакуація співробітників призвели до серйозного втручання в продуктивність підприємств.

У зв'язку з цим, виникла потреба в розробці коригуючих заходів для збільшення продуктивності наявного персоналу. Одним із ключових напрямків у цьому контексті є впровадження автоматизованих систем управління виробничими процесами. Це дозволяє оптимізувати та прискорювати виробничі процеси, зменшуючи вплив відсутності частини персоналу на ефективність.

Оптимізація робочих місць та використання сучасного обладнання в автоматичному чи напівавтоматичному режимах також є важливим етапом. Це дозволяє зменшити залежність від ручних операцій та підвищити точність та швидкість виробничих процесів. Навчання персоналу з управління модернізованим обладнанням визнається ключовим фактором. Застосування нових технологій часто вимагає підготовки працівників для ефективного використання цих засобів. Такі навчання сприяють підвищенню кваліфікації та адаптації персоналу до сучасних виробничих стандартів. Загальною метою цих заходів є збільшення продуктивності та ефективності виробництва, зменшення втрат часу та ресурсів. Впровадження автоматизації та оптимізації може сприяти утриманню високої якості виробництва навіть при обмеженому кількісному складі працівників. Крім того, можливо розглядати стратегії для привертання та збереження кваліфікованого персоналу в умовах нестабільності на ринку праці. Це може включати в себе програми навчання та розвитку, підвищення соціальних гарантій, а також інші механізми, що стимулюють працівників залишатися та розвиватися на підприємстві. Розроблені бізнес-вимоги до програмного рішення, а також функціональні та нефункціональні вимоги. В рамках проєктування розроблені діаграми за методологією UML (діаграма прецедентів предметної області, діаграма діяльності програмної системи для класифікації зображень), діаграми за методологією IDEF0 (узагальнююча контекстна діаграма системи, декомпозована модель бізнес-процесу), діаграма за методологією BPMN (модель бізнес-процесу), діаграма у вигляді інтелектуальної карти (система функціональних вимог до

програмного рішення). Виконано опис проєкту щодо розробки програмного рішення. Визначено концепцію проєкту, наведено опис проєкту за методологією SCRUM. Здійснені економічні розрахунки та визначено бюджет проєкту.

Розроблена модель програмного рішення дозволить підвищити ефективність бізнес-процесу відпалу вогнетривів у тунельній печі алюмосилікатного цеху ПАТ «ЗАПОРІЖВОГНЕТРИВ».

## ПЕРЕЛІК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

1. HARMASH D. Yu. RESEARCH AND DESIGN OF SOFTWARE COMPONENTS FOR THE CONTROL SYSTEM OF MOVING TUNNEL KILN CARS IN THE ANNEALING SECTION OF THE ALUMINOSILICATE DEPARTMENT OF PJSC "ZAPORIZHVOTRYV" //Publishing House "Baltija Publishing". – 2023.

## АНОТАЦІЯ

Гармаш Д.Ю. Дослідженням та проектування програмних компонентів для системи управління переміщенням пічних вагонів тунельної відпалювальної пічі дільниці відпалу алюмосилікатного цеху ПАТ "ЗАПОРІЖВОГНЕТРИВ". Кваліфікаційна робота на здобуття ступеню вищої освіти – магістр за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки, освітньо-професійна програма «Комп'ютерні науки та цифровий інтелект». – ТОВ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», Кривий Ріг, 2024.

Мета цього дослідження полягає в зниженні витрат на компенсацію браку відпалу вогнетривів у тунельній печі алюмосилікатного цеху ПАТ «ЗАПОРІЖВОГНЕТРИВ». Це планується досягти за допомогою створення маршрутних листів пічних вагонів та візуалізації процесу відпалу. Об'єктом дослідження є теоретичні та практичні аспекти технологічного процесу відпалу вогнетривів у тунельній печі для відпалу вогнетривів алюмосилікатного цеху ПАТ «ЗАПОРІЖВОГНЕТРИВ». Предметом дослідження є методи та інструменти розробки програмного забезпечення для створення

електронного паспорту на пічний вагон з продукцією. При виконанні роботи проведено вивчення технологічних процесів виробництва шамотних та вогнетривів на підприємстві ПАТ «ЗАПОРІЖВОГНЕТРИВ», виконаний аналіз вимог та стандартів якості виробництва вогнетривів на цьому підприємстві, проведений аналіз інструментів управління бізнес-процесом відпалу алюмосилікатних вогнетривів у тунельній печі, розроблений математичний алгоритм регулювання потужності пальників у тунельній печі для відпалу вогнетривів згідно заданих параметрів автоматичного режиму роботи.

Подано список основних функцій розроблюваної системи, визначені користувачі, надано опис їх ролей та функцій у рамках системи, спроектовані діаграми в нотації UML.

Проведені експериментальні дослідження з розробленими компонентами системи, створений електронний зразок маршрутного листа на пічний вагон.

Виконані розрахунки економічного ефекту та економічної доцільності від проектування та впровадження системи.

Ключові слова: тунельна піч, пічний вагон, вогнетрив, підрегулятор, пальниковий пристрій, RS VIEW.

## ABSTRACT

Garmash D.Yu. Researching and designing software components for the control system for the movement of cars of the tunnel kiln of the firing area of the aluminium silicate shop of JSC "ZAPORIZHZHIA REFRACTORIES". Theses for a Master's degree in the specialty 122 Computer Science, Educational Programme "Computer Science and Digital Intelligence". – TECHNICAL UNIVERSITY "METINVEST POLYTECHNICS", LLC, Kryvyi Rih, 2024.

The aim of this research is to reduce expenses for compensating the deficit of fired refractories in the tunnel kiln of the aluminosilicate department of PJSC "ZAPORIZHVOHNETRYV." This is planned to be achieved through the creation of route sheets for furnace cars and visualization of the firing process. The object of the study includes theoretical and practical aspects of the technological process of firing refractories in the tunnel kiln for aluminosilicate refractories of PJSC "ZAPORIZHVOHNETRYV." The subject of the research is the methods and tools for developing software to create

an electronic passport for a furnace car with products. The work includes studying the technological processes of manufacturing chamotte and refractories at PJSC "ZAPORIZHVOHNETRYV," analyzing the requirements and quality standards for the production of refractories at this enterprise, analyzing tools for managing the business process of firing aluminosilicate refractories in the tunnel kiln, developing a mathematical algorithm for regulating the power of burners in the tunnel kiln for firing refractories according to the specified parameters of automatic operation.

A list of the main functions of the developed system is provided, users are defined, and a description of their roles and functions within the system is given. UML notation diagrams are designed. Experimental studies were conducted with the developed components of the system, and an electronic prototype of a route sheet for a furnace car was created. Economic effect and feasibility calculations were performed for the design and implementation of the system.

Keywords: tunnel kiln, furnace car, refractory, sub-regulator, burner device, RS VIEW.