

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  
«Комп'ютерне конструювання мехатронних систем»  
за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування»

**на тему «Вдосконалення модуля автоматизації механізму  
автоперекидання шиберів мартенівської печі»**

Здобувач

Євген ДРУЗЬ

Кривий Ріг 2024

Кваліфікаційною магістерською роботою є рукопис.

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

Керівник:

Голотюк Микола Віталійович,  
доцент, кандидат технічних наук,  
доцент кафедри автоматизації,  
електро- та робототехнічних систем

Захист відбудеться 7 грудня 2024 р. о 10:00 год на засіданні екзаменаційної комісії ([https://teams.microsoft.com/l/meetup-join/19%3ameeting\\_YzU0OTg1ZDctODhINS00MjUwLTk2NjYtZDZiZmlxZjBiYTk5%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](https://teams.microsoft.com/l/meetup-join/19%3ameeting_YzU0OTg1ZDctODhINS00MjUwLTk2NjYtZDZiZmlxZjBiYTk5%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» 6 грудня 2024 р.

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

**Актуальність теми роботи.** Актуальність теми дослідження "Вдосконалення модуля автоматизації механізму автоперекидання шиберів мартенівської печі" обумовлена рядом важливих чинників. У сучасних умовах важливо знижувати споживання енергії в промислових процесах, щоб зменшити витрати та екологічний вплив. Оптимізація процесів автоматизації дозволяє досягти значного зниження енерговитрат. Вдосконалення модуля автоматизації сприяє підвищенню точності та швидкості роботи печі, що веде до збільшення обсягів виробництва та підвищення якості продукції. Автоматизація процесів зменшує ймовірність помилок та аварійних ситуацій, що підвищує загальну безпеку роботи обладнання та персоналу.

Дослідження та впровадження нових технологій в автоматизації сприяє розвитку галузі та підвищенню конкурентоспроможності підприємств. Зниження енерговитрат та підвищення ефективності виробничих процесів сприяє зменшенню викидів шкідливих речовин у навколишнє середовище.

Таким чином, дослідження та вдосконалення модуля автоматизації механізму автоперекидання шиберів мартенівської печі є актуальним завданням, яке має значний вплив на різні аспекти промислового виробництва та екології.

**Постановка проблеми.** Розробка та впровадження вдосконаленого модуля автоматизації, який дозволить знизити енергоспоживання, підвищити точність і надійність механізму автоперекидання шиберів, а також зменшити витрати на обслуговування та експлуатацію обладнання. Для досягнення запланованих якісних показників модуля необхідно вирішити ряд проблем.

Існуюча система може мати значні відхилення у вчасному перекиданні шиберів, що впливає на якість плавки та рівномірність температури в печі. Окрім цього збільшуються постійні витрати на ремонт та обслуговування обладнання яке працює не в межах температурного режиму.

Попутні проблеми, які сукупно вносять негативні наслідки це моральна застарілість обладнання. Сучасні модулі автоматизації мають змогу більш ефективно використовувати енергетичні ресурси, що не призводить до підвищення витрат і негативного впливу на навколишнє середовище. Електричні вузли автоперекидання часто піддаються зносу та відмовам, що призводить до переривань у виробничому процесі та зниження продуктивності. Наявність великої кількості елементів у використанні системи призводить до подовження часу на ремонт та технічне обслуговування. Окрім цього

існуюча система автоматизації має обмежені можливості щодо інтеграції з іншими системами управління і технологічними процесами.

**Мета дослідження.** Модернізація модулю керування процесом автоперекидання шиберів з метою покращити ступінь надійності електричних компонентів та розширити шляхи автоматичним керуванням

**Задачі дослідження:**

- виконати аналіз існуючих наукових досліджень за темою кваліфікаційної роботи;
- виконати аналіз технологічного процесу роботи мартенівської печі; виконати аналіз механізму автоперекидання;
- провести теоретичні дослідження з метою визначення методу підбору та номінальні характеристики обладнання;
- провести дослідження методики покращення алгоритмів роботи агрегату;
- виконати економічне обґрунтування роботи.

**Об'єкт дослідження** – процес керування автоперекиданням шиберів, а також підвищення надійності системи.

**Предмет дослідження** – механізм автоперекидання шиберів МП-2, МП-5, МП-6, МП-7, МП-8, МП-10 та МП-12.

**Результати та обґрунтування їх новизни / інноваційності.** У кваліфікаційній роботі:

- обґрунтовано встановлення пристрою для керування виконавчим механізмом для більш економічного та плавного відпрацювання технологічних операцій;
- запропоновано встановлення термодар, для моніторингу теплового балансу у регенераторах, що позитивно відобразиться на тепловому балансі печі;
- виконано розрахунок економічної частини модернізації модуля керування. Аналіз економічної частини виявив, що капітальні витрати на модернізацію даної системи автоматизації буде коштувати – 613812,5 гривень, а експлуатаційні витрати за рік становлять – 2912445 гривень.

**Структура та обсяг роботи.** Робота складається зі вступу, 4 розділів, висновків, списку використаних джерел, 3 додатки. Загальний обсяг роботи становить 73 сторінок, робота містить 28 рисунків, 11 таблиць. Список використаних джерел складається з 10 джерел.

## ОСНОВНА ЧАСТИНА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Розглянуті показники металургійної промисловості та обсяги валютних надходжень з прибутків підприємств України.

Проаналізовано основні елементи конструкції мартенівської печі та досліджені режими роботи, які утворюють повний цикл технологічного процесу по виготовленню сталі. Розібраний технологічний процес перекидання клапанів та шиберів, а також розібрані температурні коливання газів під час руху по пічному простору.

Проведений аналіз наукових досліджень, відсилає до публікацій і патентів минулого сторіччя, проте вивчення та дослідження тих робіт дозволяють підкреслити, що недоліки чи неможливість впровадження технологій викликані недосконалістю технологічного розвитку.

Теоретичні результати роботи: досліджено кінетику ключових вузлів механізму та взаємо зв'язок електро-механічних компонентів, що утворюють автоматизований комплекс.

Детально проаналізована методологія та фундаментальні принципи підбору типів елементів з урахуванням критичних факторів, які впливають на здатність довгострокової роботи обладнання без критичних збоїв та аварій. Для двигуна встановлений важливий параметр режимів роботи та його технічні параметри. Для редуктора передаточне число, здатність витримувати великі навантаження та матеріали виготовлення основної передачі.

Розглянуто також механізми керування, моніторингу та слідкування. Для контролю положень шиберів, індикації та передачі керуючих сигналів розглянуто командоапарат кулачкового принципу роботи з програмуючою діаграмою. Керування механізмом автоперекидання шиберів мартенівської печі розділене на силову та оперативну панелі, в якій оперативна здійснює моніторинг положень шиберів та чекає сигнал на здійснення перекидання в ту чи іншу сторону. В свою чергу силова схема отримує живлення від оперативних реле, чим замикає силові контактори для подачі живлення на електродвигун. В якості моніторингу використовуються сигнальні лампи, ланцюги живлення яких складаються з контактів командоапарату та силового контактора подачі напруги на двигун.

Досліджена діаграма температурних коливань, при аналізі, відображає сукупність факторів та технологічних режимів які впливають на неї. Виключення фактору перегрітих або недогрітих газів, що надходять в робочу область печі, зменшує вплив цього фактору.

Розбір необхідного обладнання для модернізації модуля автоматизації дозволяє охопити великий спектр моделей, які здатні завдяки своїм характеристикам значно розширити можливості керування процесу перекидання, збору та аналізу вхідних параметрів.

Виконано дослідження методів керування виконавчим механізмом та проаналізована відмінність між теперішньою моделлю та запропонованою. Отримані результати дозволяють зменшити ступінь перенавантажень та енергоспоживання, а також мінімізувати

можливість аварійних режимів зі сторони елементів виконавчого органу та ризик відмови реле та контакторів зі сторони електричної схеми.

Проаналізувавши температурні показники газів, які проходять вздовж всього контуру та норми розходу на кожному етапі аналітично встановили, що коливання показників всередині робочого простору печі залежить від багатьох факторів. Один з факторів на який ми здатні вплинути, це встановлення термопар в робочій зоні регенераторів, для підтримки температурного балансу всередині них та уникнення періодів теплових перевантажень та недовантажень.

Комплексне вдосконалення модулю дає суттєві зміни в якісних показниках, а також створює можливість для використання більш широкої можливості в керуванні механізмом. Окрім цього ми отримуємо покращення по екологічним, технологічним та економічним показникам.

Доведено доцільність проведення науково-дослідних робіт, спрямованих на втілення проекту з модернізації модуля автоматизації перекидки шиберів.

Дослідження економічної ефективності вдосконалення модуля автоматизації механізму автоперекидання шиберів мартенівської печі показують, що капітальні витрати на модернізацію даної системи автоматизації буде коштувати – 613812,5 гривень, а експлуатаційні витрати за рік становлять – 2912445 гривень. При цьому загальний економічний ефект вдосконалення модуля автоматизації механізму автоперекидання шиберів мартенівської печі досягає 10%.

## ВИСНОВКИ

В кваліфікаційній роботі предметом дослідження є модернізація модуля автоматизації керування перекидки шиберів мартенівської печі. За результатами аналізу технологічного процесу, структури об'єкта керування та вимог до його функціонування сформовані вимоги до системи керування, її функціонування та дослідження об'єкта керування.

Розглянуто основні компоненти з яких складається агрегат, їх характеристики, переваги та недоліки. Для виконавчого механізму досліджена методологія та залежності, за якими обирались та розроблялись конкретні моделі, які застосовуються в обладнанні. Досліджена схема керуванням двигуном, сигнальна схема що подає імпульс на перекидку та система сигналізації-моніторингу.

За результатами аналізу вимог до функціонування системи керування, датчиків та виконавчих пристроїв обрано контролер, частотний перетворювач та датчики термопари. На підставі обраного апаратного забезпечення досліджено відмінності та переваги, які модернізована система дозволяє отримати в ході роботи агрегату. За

результатами проведено аналіз отриманих результатів та побудовані графіки та діаграми для наочного відображення позитивної динаміки.

Розраховані капітальні затрати та амортизаційні відрахування для впровадження даної модернізації. Отримані значення складають суттєвих значень та досягають 10%, проте можуть окупитися з плином часу за рахунок покращення технологічних показників роботи печі.

## ПЕРЕЛІК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

1. Друзь Є.А., Голотюк М.В., Бундза О.З. Моделювання роботи модуля автоматизації механізму автоперекидання шиберів мартенівської печі. Матеріали міжнародної науково-технічної конференції «MININGMETALTECH 2024 – Гірничо-металургійний комплекс: інтеграція бізнесу, технологій та освіти», м. Запоріжжя, 28–29 листопада 2024 р. Запоріжжя, ТОВ «Технічний університет «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», 2024.

## АНОТАЦІЯ

Друзь Євген Андрійович. Вдосконалення модуля автоматизації механізму автоперекидання шиберів мартенівської печі. - Кваліфікаційна праця на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування». ОПП «Комп'ютерне конструювання мехатронних систем»– ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», Кривий Ріг, 2024.

Об'єктом дослідження даної роботи є процес автоперекидання газових шиберів мартенівської печі.

Предметом дослідження є механізм автоперекидання шиберів МП-2, МП-5, МП-6, МП-7, МП-8, МП-10 та МП-12.

Метою роботи є модернізація модулю керування процесом автоперекидання шиберів з метою покращити ступінь надійності електричних компонентів та розширити шляхи автоматичним керуванням з можливістю включення цього процесу в систему АСУТП.

У першому розділі проаналізовано металургійну промисловість. Розглянуто конструкцію та принцип роботи мартенівської печі. Детально розглянуто функціонування контуру управління стабілізації теплового режиму печі. Проаналізовані патенти, які на сьогодні марально застарілі, проте дають базу для подальшої модернізації за допомогою оцифрування вхідних та вихідних потоків даних, які потребують контролю та керування. В результаті виявлена необхідність у покращенні існуючого процесу здійснення

автоперекидання шиберів, яке планується досліджувати та вдосконалювати в ході виконання кваліфікаційної роботи.

У другому розділі проведено дослідження виконавчого механізму автоперекидання шиберів мартенівської печі. Розглянуто його складові виконавчого механізму автоперекидання шиберів мартенівської печі та визначено методологію та причини підбору комплектуючих за їх функціональними ознаками. Визначено фактори, які сприяли вибору та встановленню механізму відстеження, його компонентної бази та діаграми роботи. Досліджена електрична частина агрегату, яка відповідає за керування виконавчим пристроєм та дозволяє здійснювати моніторинг стану за допомогою світлової індикації.

У третьому розділі розглянута проблематика керування технологічним процесом контролю температурного режиму в печі. Обрано модулі, які підвищують надійність агрегату та автоматизують його в повному обсязі.

У четвертому розділі виконано розрахунок економічної ефективності модернізації процесу автоперекидання шиберів мартенівської печі.

Ключові слова: мартенівська піч, виробництво, промисловість, металургія, контролер, автоматизація керування, газ, поворотна засувка

## ABSTRACT

Druz Yevgen Andriyovych. Improvement of the automation module of the mechanism for auto-overturning of the gates of an open-hearth furnace. -Qualification work in the form of a manuscript.

The qualification work for a master's degree in specialty 133 "Industrial Engineering". OPP "Computer design of mechatronic systems" - LLC "TECHNICAL UNIVERSITY "METINVEST POLYTECHNICA", Kryvyi Rih, 2024.

The object of research of this work is the process of auto-overturning of gas gates of an open-hearth furnace.

The subject of research is the mechanism for auto-overturning of gates MP-2, MP-5, MP-6, MP-7, MP-8, MP-10 and MP-12.

Task and objectives. The purpose of the work is to modernize the control module for the automatic tipping of the gate valves in order to improve the reliability of electrical components and expand the ways of automatic control with the possibility of including this process in the APCS system.

The first section analyzes the metallurgical industry. The design and principle of operation of the open-hearth furnace are considered. The functioning of the control loop for stabilizing the thermal regime of the furnace is analyzed in detail. Patents are analyzed, which are morally

obsolete today, but provide a basis for further modernization through the digitization of input and output data flows that require control and management. As a result, the need to improve the existing process of automatic gate valve transfer was identified, which is planned to be investigated and improved during the qualification work.

In the second section, the actuator was studied. The components of the actuator were considered and the methodology and reasons for selecting components based on their functional characteristics were determined. The factors that contributed to the selection and installation of the tracking mechanism, its component base and operation diagram were determined. The electrical part of the unit was studied, which is responsible for controlling the actuator and allows monitoring the status using light indication.

In the third section, the issues of controlling the technological process of controlling the temperature regime in the furnace were considered. Modules were selected that will increase the reliability of the unit and automate it in full.

In the fourth section, the economic efficiency of the modernization of the process of automatic tipping of the gates of the open-hearth furnace is calculated.

Keywords: open-heater furnace, production, industry, metallurgy, controller, automation control, gas, rotary gate