

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 системи управління вагонними вагами
для зважування вапна, шламу та вугілля в умовах
конвертерного цеху металургійного комбінату»**

Здобувач

Вадим ЛИВАДА

Кам'янське 2025

Кваліфікаційною магістерською роботою є рукопис.

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

Керівник:

Койфман Олексій Олександрович,
к.т.н., доцент, завідувач кафедри
автоматизації, електро- та
робототехнічних систем

Захист відбудеться 19 лютого 2025 р. о 14:30 год на засіданні
екзаменаційної комісії (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» 12 лютого 2025 р.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Актуальність теми роботи. Точність зважування, безперервність процесу та надійність системи зважування впливають на якість продукції, кількість браку, простоїв обладнання та транспортних засобів, як автомобільних так і залізничних. Актуальність модернізації системи зважування зумовлена незадовільним станом механічної та електронної частини ваг та практичною відсутністю автоматизації та комп'ютеризації процесу зважування.

Постановка проблеми. Проектування абсолютно нової системи управління вагами, яка б задовольняла нагальні потреби у точності вимірювання ваги, мінімізації впливу людського фактору на процес зважування, забезпечення повної сумісності та інтеграція з інформаційними системами підприємства.

Мета дослідження. Розробка та впровадження модернізованої системи зважування на залізничних вага в умовах металургійного виробництва для підвищення точності, зменшення похибки та автоматизації процесу зважування.

Задачі дослідження:

- проаналізувати предметну область систем зважування, об'єкт модернізації та схожі системи на підприємстві, варіанти сучасних закордонних зразків систем зважування, роботи по тематиці вдосконалення систем зважування;

- визначити напрямки та методи дослідження для вирішення проблеми модернізації;

- розглянути технологічний процес як об'єкту автоматизації, визначити вхідні, вихідні та збурюючі параметри;

- виконати постановку задач автоматизації та обґрунтування запропонованої структури системи управління;

- обґрунтувати вибір технічних засобів для всіх рівнів автоматизації;

- розробити алгоритм роботи системи та відповідне програмне забезпечення;

- виконати розрахунки та підтвердити економічну доцільність впровадження запропонованої системи автоматизації.

Об'єкт дослідження – електромеханічні залізничні ваги.

Предмет дослідження – система управління та зважування на залізничних вагах.

Результати та обґрунтування їх новизни / інноваційності. Спроектвана система управління залізничними вагами на основі контролера Siemens, яка забезпечує високу точність зважування, автоматизацію процесу та мінімізацію впливу людського фактору, використовуючи автоматичне розпізнавання вагонів на основі

машинного зору та RFID-міток, та управління допоміжним обладнанням.

Структура та обсяг роботи. Робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел, одного додатку. Загальний обсяг роботи становить 53 сторінки, робота містить 39 рисунків, 3 таблиці. Список використаних джерел складається з 18 джерел.

ОСНОВНА ЧАСТИНА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Актуальність модернізації системи зважування зумовлена незадовільним станом механічної та електронної частини ваг на даний час та практично відсутність автоматизації та комп'ютеризації процесу зважування. Реалії сьогодення такі, що кожна ланка сучасної системи управління технологічними процесами на підприємстві або у конкретному цеху повинна мати сучасну елементну базу, інтегровану в основну систему. Використання контролерів та високоточних датчиків у моніторингу та управлінні технологічними процесами це запорука надійної, контрольованої, гнучкої та прогнозованої роботи системи управління. Сучасні системи характеризуються відносно невеликою вартістю та мають безліч варіантів реалізації алгоритмів для вирішення поставленого завдання.

У кваліфікаційній роботі було проаналізовано об'єкт модернізації на предмет виявлення проблем при його роботі та обслуговуванні. Розглянуто окремо механічну та електричну частини залізничних ваг для більш ретельного ознайомлення. Проаналізовані інші, більш сучасні системи зважування, які використовуються на підприємстві та досвід їх експлуатації.

Було проведено аналіз продукції, яку виготовляють та поставляють фірми, що знаходяться у Америці, Англії та Європейському союзі, а саме різноманітні види продукції, технології та рішення для систем зважування. Проаналізовані вітчизняні та закордонні наукові роботи спрямовані на вдосконалення вже наявних вагових систем та алгоритмів розпізнання типів та номерів вагонів, алгоритми розрахунку перекосів ваги на площині вагону та боротьби з перешкодами, які з'являються у каналах зв'язку між тензодатчиками та аналогово-цифровими перетворювачами.

Після аналізу поточного стану обладнання у ваговому господарстві на виробництві сталі та конкретно з вагонними важільно-тензометричними вагами та огляд джерел зроблено наступні висновки:

1) ваги технічно та морально застарілі та не відповідають вимогам;

2) наявні, більш сучасні системи зважування на підприємстві не відповідають у повній мірі усім необхідним параметрам;

3) представлені вітчизняні вагові системи мають багато обмежень та складну або неможливу модернізацію;

4) іноземні вагові системи більш сучасні, але мають такі проблеми як велика вартість та проблеми з логістикою.

Для визначення напрямків та об'ємів модернізації використовувалися такі методи як «Метод фокальних об'єктів», «Список питань А. Осборна» та «Список питань Т. Ейлоарта».

Розглянуто процес зважування як об'єкт автоматизації та визначено вхідні параметри, вихідні та зовнішні обумовлюючі. Досліджено кожен з обумовлюючих факторів (вплив електромагнітних перешкод на сигнал тензOMETричних датчиків, вплив технічного стану залізничного рухомого складу на систему розпізнання та зважування у русі, перешкоди у основному каналі передачі даних, можливі помилки у роботі та неможливість нормальної роботи системи при перебоях у електропостачанні, некоректне введення номеру вагону у програму зважування) та визначено шляхи подолання їх дії на систему зважування (розміщення АЦП під кожній з трьох платформ, встановленням на під'їзних коліях безконтактних індуктивних датчиків наближення, що повинно сприяти коректній роботі системи розпізнання, використання допоміжного (аварійного) каналу зв'язку через стільникову мережу, встановлення пристрою безперервного живлення, використання RFID міток на вагонах, які належать підприємству та системі розпізнання номерів завдяки камерам та нейронній мережі).

Визначені основні та другорядні задачі для нижнього та верхнього рівня автоматизації та розділення їх на окремі підсистеми та програми.

Головна задача першого рівня автоматизації – це, насамперед, зважування залізничних вагонів з заданими параметрами – мінімальна та максимальна вага зважування, дискретність та похибка зважування у різних режимах – статичному та динамічному. Представляє собою систему зважування яка складається умовно з двох частин – залізничних платформних ваг з трьома незалежними платформами з встановленими в них тензOMETричними датчиками та системи обробки цих сигналів у потрібну форму представлення. Також є додаткові задачі, це управління освітленням, звуковою та світловою сигналізацією, керування роботою насосу у котловані ваг, обробка даних з допоміжних датчиків, таких як датчик температури, датчик освітленості, датчик рівня рідини, безконтактний індуктивний датчик наближення. Окрема підсистема використовується для зчитування RFID міток на залізничних вагонах різних типів. Основою системи обробки та керування виступає контролер, який у автономному режимі може забезпечити базові задачі

функціонування ваг – зважування, калібрування, виявлення та реєстрація помилок у роботі ваг, технічний стан тензометричних датчиків. Уся необхідна для роботи та обслуговування інформація виводиться на панель оператора. Також можуть використовуватися фізичні індикатори роботи системи та засоби керування (кнопки, перемикачі).

Другий рівень автоматизації вирішує задачі використання даних та сигналів з контролера, програм розпізнання номерів та типів вагонів, отримання даних з локальної та глобальної бази даних, їх обробка та подання у зручному вигляді для подальшого використання, формування необхідних документів та форм для передачі у локальну та глобальну базу даних (SAP, MES, ERP).

Розроблена структура системи зважування та взаємозв'язок між її частинами. Згідно стандарту АСУТП було зроблено вибір датчиків, контролера, модулів, блока живлення та іншого обладнання. Докладно розглянуті характеристики обраного обладнання. Розроблено алгоритм роботи системи та необхідне програмне забезпечення. Більш ретельно розглянуті алгоритми роботи окремих підсистем з прикладами зовнішнього вигляду програм та програмного забезпечення. Проведений аналіз типів та способів використання нейронних мереж у різних сферах діяльності. Розроблено алгоритм та спосіб використання нейромережі у системі зважування. Зроблено поділ системи на підсистеми згідно функціональних завдань та визначено їх взаємозв'язок між собою та алгоритми роботи.

Розглянуто фактори які впливають на економічні показники роботи ваг, досліджені шляхи економії часу та ресурсів. Проаналізовано кількість вагонів за родом перевезеного вантажу зважених на вагах. Зроблено розрахунок втрат при використанні застарілої системи.

Розрахована теоретична економія при впровадженні нової системи зважування та вартість будівництва ваг. Доведена фінансова доцільність модернізації системи зважування з терміном окупності в один рік за рахунок зменшення похибки при зважуванні сировини для роботи конвертерного цеху.

ВИСНОВКИ

Після аналізу поточного стану та роботи об'єкта (залізничні ваги) та подібних на підприємстві, огляду наукових робіт, статей, продукції на ринку зважування вагонів була проведена робота з пошуку найліпшої моделі модернізації системи зважування. В процесі проектування вирішено всі нагальні проблеми в механічній та електронній частині об'єкта та запропоновано модернізацію систему зважування вже на іншому – більш технологічному та

розвиненому рівні за допомогою новітніх технологій, зменшення до мінімуму впливу людського фактору на процес зважування та формування документів. Зменшення похибки при зважуванні надасть значний економічний ефект. Додатково метою проекту було створення допоміжних можливостей у обслугованні та користуванні вагами. Був зроблений вибір необхідних компонентів та обладнання, розроблений алгоритм роботи програмного забезпечення контролера та АСУТП верхнього рівня. В результаті проведеної роботи отримано проект кардинально іншої системи зважування, який задовольняє усі вимоги та має запас для розширення функціоналу та подальшого розвитку.

ПЕРЕЛІК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

1. Презентація на тему: "Модернізація системи зважування для визначення маси вапна шламу та вугілля в умовах конвертерного цеху", Захід "Студентські гуртки : обмін ідеями та досвідом", 31.05.2024, ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», URL: <https://metinvest.university/page/25377>

2. Ливада В.В., Койфман О.О. Модернізація системи зважування для визначення маси вапна, шламу та вугілля MININGMETALTECH 2024 – The mining and metals sector: integration of business, technology and education Volume 2. 2024 С. 40-42 <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-506-8-131>

3. Ливада В.В., Койфман О.О., Мірошниченко В.І., Скорик І.В. Модернізація системи зважування сировини в умовах конвертерного цеху. Науковий Журнал Метінвест Політехніки. Серія: Технічні науки. 2025. № 3. Прийнята до друку.

АНОТАЦІЯ

Ливада Вадим Валентинович. Модернізація системи управління вагонними вагами для зважування вапна, шламу та вугілля в умовах конвертерного цеху металургійного комбінату. - 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 електромеханічні залізничні ваги.

Предметом дослідження є система управління та зважування на залізничних вагах.

У першому розділі проаналізована предметна область систем зважування. Проаналізовано об'єкт модернізації та схожих систем на підприємстві, виявлені їх недоліки побудови та проблемні моменти експлуатації та обслуговування. Розглянуті варіанти сучасних закордонних зразків систем зважування. Переглянуті наукові роботи по тематиці вдосконалення систем зважування. 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 вхідні, вихідні та збурюючі параметри об'єкту автоматизації, визначені задачі системи управління залізничними вагами, задачі автоматичного контролю та регулювання відповідних технологічних параметрів. Виконана постановка задач автоматизації та обґрунтування запропонованої структури системи управління на основі контролера, визначено розподіл основних задач, які вирішуються на першому та другому рівнях автоматизації, наведено перелік основних функціональних задач та опис схеми їхнього взаємозв'язку.

У третьому розділі затверджена структура модернізованої системи зважування, обґрунтовано вибір технічних засобів для всіх рівнів автоматизації згідно стандарту АСУ ТП, розроблене програмне забезпечення та алгоритм роботи системи, представлений взаємозв'язок функціональних завдань.

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

Ключові слова: динамічне зважування, статичне зважування, номер вагону, тензодатчик, платформа, ERP, MES

ABSTRACT

Vadym Valentynovych Lyvada. Modernization of the control system of wagon scales for weighing lime, sludge and coal in the conditions of the converter shop of a metallurgical plant. - Qualification work on the rights of the manuscript.

Qualification work for a master's degree in specialty 174 "Automation, computer-integrated technologies and robotics". Educational Programme «Intelligent control systems and robotics in the metals and mining sector» - LLC "TECHNICAL UNIVERSITY 'METINVEST POLYTECHNICA', Kamianske, 2025.

The object of research is electromechanical railway scales.

The subject of the study is the control and weighing system on railway scales.

The first section analyzes the subject area of weighing systems. The object of modernization and similar systems at the enterprise is analyzed, their design flaws and problematic aspects of operation and maintenance are identified. Variants of modern foreign models of weighing systems are considered. Scientific works about improving weighing systems were reviewed. As a result, the need to modernize the existing system was determined and the unresolved part of the problem was formulated, which is planned to be investigated and solved within the framework of the qualification work.

The second section analyzes the technological process as an automation object, determines the input, output and disturbing parameters of the automation object, defines the tasks of the railway scales control system, tasks of automatic control and regulation of the relevant technological parameters. The automation tasks are formulated, and the proposed structure of the controller-based control system is substantiated, the distribution of the main tasks to be solved at the first and second levels of automation is determined, a list of the main functional tasks and a description of the scheme of their interconnection is given.

In the third section, the structure of the modernized weighing system is approved, the choice of technical means for all levels of automation in accordance with the automated process control system standard is substantiated, software and an algorithm for the system are developed, and the interconnection of functional tasks is presented.

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

Keywords: dynamic weighing, static weighing, car number, load cell, platform, ERP, MES