

**ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»**

Факультет автоматизації виробництва та цифрових технологій
Кафедра автоматизації, електро- та робототехнічних систем

«Допущено до захисту»
Гарант ОПП

Олексій КОЙФМАН

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

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»**

Керівник роботи

Олексій КОЙФМАН

Консультант від
бази практики

Владислав ФАРМАЗЯН

*Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей,
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело*

Здобувач

Вадим ЛИВАДА

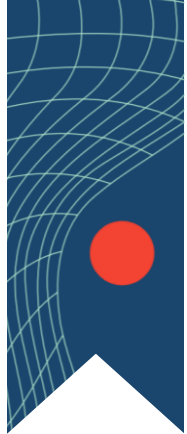
Підсумкова оцінка за атестацію			
--------------------------------	--	--	--

Голова ЕК

Андрій ЛЕОНОВ

Запоріжжя 2025

mip metinvest
polytechnic



ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»

Факультет	<u>автоматизації виробництва та цифрових технологій</u>
Кафедра	<u>автоматизації, електро- та робототехнічних систем</u>
Освітньо-кваліфікаційний рівень	магістр
Спеціальність	<u>174 Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка</u>
ОПП	<u>Інтелектуальні системи управління та робототехнічні комплекси в гірничо-металургійному виробництві</u>

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант ОПП

Олексій КОЙФМАН

27.11.2024 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА**

ЛИВАДА Вадима Валентиновича

(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

1. Тема роботи Модернізація системи управління вагонними вагами для зважування вапна, шламу та вугілля в умовах конвертерного цеху металургійного комбінату
керівник роботи Койфман Олексій Олександрович, доцент, канд. техн. наук,

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом Університету від 14.10.2024 р. №238/14.10.2024

2. Термін подання роботи 03.02.2025 р.

3. Вихідні дані до роботи Навчальна література, державні стандарти з автоматизації, методична література з спеціальних дисциплін та дипломування, науково-дослідницькі роботи з тематики автоматичного регулювання та управління, літературні джерела, технологічні інструкції, результати власних експериментів та досліджень тощо

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань) Анотація. Зміст. Вступ. 1. Аналіз предметної області (літературний огляд, недоліки існуючих систем, сучасні тенденції). 2. Постановка задач автоматизації та обґрунтування запропонованої структури системи управління та сигналізації технологічних параметрів (Основні задачі АСУТП, концепція роботи системи, обґрунтування та вибір технічних рішень). 3. Реалізація запропонованої системи (3.1. Структура системи. 3.2. Вибір та обґрунтування технічних засобів автоматизації, 3.3. Програмне забезпечення, 3.4. Алгоритм роботи системи. 3.5. Взаємозв'язок функціональних завдань). 4. Економічне обґрунтування запропонованої системи. Висновки. Перелік використаних джерел. Додатки.

5. Перелік графічного (демонстраційного) матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): 1. Схема функціональна автоматизації. 2. Взаємозв'язок функціональних завдань. 3. Схема структурна комплексу технічних засобів. 4. Блок-схеми алгоритмів керування та програмного забезпечення. 5. Презентація магістерської роботи. Плакати (за вибором): результати розрахунків, розрахунок економічного ефекту, графіки, екранні форми тощо



6. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи, що стосуються їх.

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта
Усі розділи	Койфман О.О., доцент кафедри АВЕРС

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

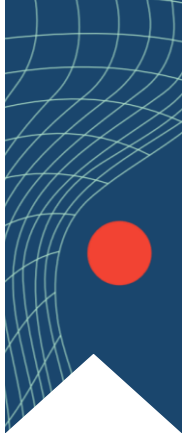
№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи (проекту)	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Розділ 1. Аналіз предметної області	31.12.2024	
2	Розділ 2. Постановка задач автоматизації та обґрунтування запропонованої структури комп'ютерної системи управління	03.01.2025	
3	Розділ 3. Реалізація запропонованої системи автоматизації	17.01.2025	
4	Розділ 4. Економічне обґрунтування запропонованої системи автоматизації	27.01.2025	
5	Висновки, перелік посилань, вступ, зміст, реферат	31.01.2024	
6	Подання завершеної роботи. Перевірка на академічний плагіат	03.02.2025	
7	Остаточне оформлення роботи, презентаційного матеріалу, автореферату	10.02.2025	
8	Рецензування завершеної роботи. Захист	17.02.2025	

Здобувач

(Вадим ЛИВАДА)

Керівник роботи

(Олексій КОЙФМАН)



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», м. Запоріжжя, 2025.

Об'єктом дослідження є електромеханічні залізничні ваги.

Предметом дослідження є система управління та зважування на залізничних вагах.

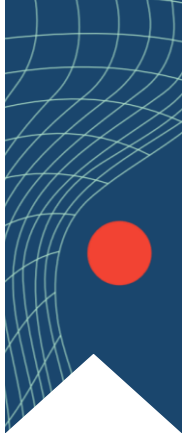
У першому розділі проаналізована предметна область систем зважування. Проаналізовано об'єкт модернізації та схожих систем на підприємстві, виявлені їх недоліки побудови та проблемні моменти експлуатації та обслуговування. Розглянуті варіанти сучасних заводських зразків систем зважування. Переглянуті 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.

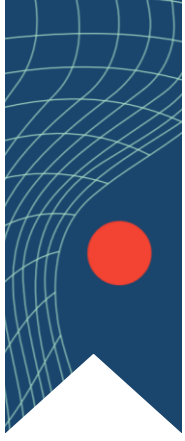
У четвертому розділі відповідними розрахунками підтверджено економічну доцільність впровадження запропонованої системи автоматизації.

ДИНАМІЧНЕ ЗВАЖУВАННЯ, СТАТИЧНЕ ЗВАЖУВАННЯ, НОМЕР ВАГОНУ, ТЕНЗОДАТЧИК, ПЛАТФОРМА, ERP, MES



ЗМІСТ

Вступ.....	3
1 Аналіз предметної області	5
1.1 Аналіз об'єкту модернізації та схожих систем на підприємстві	5
1.2 Аналіз сучасних закордонних зразків систем зважування	12
1.3 Аналіз наукових робіт по тематиці вдосконалення систем зважування.....	17
1.4 Висновки з проведеного аналізу та напрямок дослідження та вирішення проблеми.....	18
2 Постановка задач автоматизації та обґрунтування запропонованої структури комп'ютерної системи управління.....	19
3 Реалізація запропонованої системи автоматизації	23
3.1 Структура системи.....	23
3.2 Вибір та обґрунтування технічних засобів автоматизації	24
3.3 Програмне забезпечення	26
3.4 Алгоритм роботи системи	29
3.5 Взаємозв'язок функціональних завдань.....	38
4 Економічне обґрунтування	40
Висновки.....	42
Список використаних джерел.....	43
ДОДАТОК А Опис технологічного процесу	45
А.1 Загальна інформація про підприємство	45
А.2 Цех Метрології та Ваговимірювання	46
А.3 Залізничні ваги	46
А.4 Розгляд інших систем зважування на комбінаті.....	48

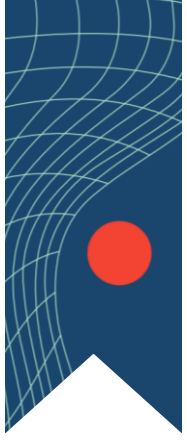


ВСТУП

Почнемо розгляд тематики дипломної роботи з історичних фактів виникнення та розвитку ваг та процесу зважування. Перші ваги з'явилися ще в Стародавньому Єгипті понад 5000 років тому і використовувалися для зважування зерна та дорогоцінних металів. У Стародавньому Римі були популярні стрижневі ваги (лібри), які працювали за принципом важеля. У Середньовіччі купці широко використовували балансірні ваги для точного визначення ваги товарів. У XVIII столітті з'явилися пружинні ваги, що значно спростило процес зважування. У XIX столітті Джеймс Ватт запропонував використання важільно-механічних ваг у промисловості. На початку XX століття почали розробляти електромеханічні ваги, які стали основою для сучасних систем зважування. Вагонні ваги з'явилися з розвитком залізничного транспорту і стали важливим елементом вантажних перевезень. У другій половині XX століття поширилися електронні ваги з цифровими дисплеями, що значно підвищило точність вимірювань. У XXI столітті впроваджено ваги з RFID-технологією та машинним зором для автоматичного зчитування даних. Сучасні вагові системи інтегруються в ERP і MES системи підприємств для ефективного управління виробничими процесами.

Ваги та зважування є невід'ємною частиною майже кожного технологічного процесу на підприємствах різних сфер діяльності, від торгівлі та харчової промисловості до видобування природних копалин та металургії. На металургійному підприємстві зважування відіграє велику роль у підготовці до виробництва, під час процесів виплавки чавуну та сталі, під час прокату заготовок та відвантаження готової продукції заказнику. Точність зважування, безперервність процесу та надійність системи зважування впливають на якість продукції, кількість браку, простоїв обладнання та транспортних засобів, як автомобільних так і залізничних. Цех метрології та ваговимірювання обслуговує та ремонтує усі наявні на підприємстві ваги починаючи з лабораторних та настільних до кранових та залізничних.

На даний час на підприємстві на стадії підготовки до виробництва сталі, експлуатуються автомобільні ваги та двоє вагонних. Вагонні важільно-тензометричні ваги, які мають багато проблем та недоліків, експлуатуються з 1988 року при максимальному терміні служби вагонних ваг у 15 років. Елементи важільної системи вагонних ваг (призми, подушки) зношені, металоконструкції вантажних платформ мають екстремальне корозійне зношування. Зважування відбувається повізково у ручному режимі. Похибка зважування ваг може сягати ± 400 кг (при допустимій межі зважування для ваг ± 150 кг). Вагова електроніка морально і фізично застаріла та знята з виробництва. Програмне забезпечення не відповідає політикам інформаційної безпеки, операційна система та ПК не дозволяють вводити ваги в домен підприємства.



За місяць на вагах зважується три тисячі вагонів, дві третини з яких це тарування вагону, а ці вагони можуть бути завантажені дороговартісною сировиною або продукцією. Також зважується вагони з вапном, шламом, доломітом, шлаком, коксовою дрібницею, відсівом коксу доменного. Якщо узяти наприклад вапно, за місяць зважилось 400 вагонів, зменшення похибки на 200 кг при вартості вапна у 10 тисяч за тонну – маємо різницю у 800 тисяч гривень у місяць, або 9,6 мільйони у рік.

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.

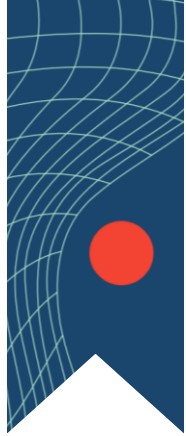
Аналіз об'єкту модернізації, інших схожих та сучасних варіантів систем вказав напрямок роботи по модернізації. Розроблена система має сучасну базу, що забезпечить надійність, точність, повну відповідність та сумісність з рекомендованими системами управління та дозволяє у майбутньому її розширення або доповнення. Використання системи розпізнання номерів вагонів на основі машинного зору та RFID міток робить процес зважування більш автоматизованим та захищеним від людського фактору.

Матеріали дослідження були опубліковані у матеріалах конференції та статті:

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, ОБ «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., Мірошніченко 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.



1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

1.1 Аналіз об'єкту модернізації та схожих систем на підприємстві

Залізничні ваги № 13 знаходяться на території копрової ділянки конверторного цеху, також на ділянці є залізничні ваги № 9, автомобільні ваги № 14 та № 5, залізничні ваги відносяться до станції «Польова». Ваги використовують для зважування залізничних вагонів з вапном, шламом, доломітом, шлаком, коксовою дрібницею, відсівом коксу доменного та таруються вагони.

Ваги представляють собою електромеханічні ваги на базі ваг Т675П200, мають залізобетонні конструкції та котлован, аналогову тензометричну систему, мають дві платформи (використовується одна), зважування повізкове в русі, введені в експлуатацію у 1988 році. Метрологічні характеристики наведені у таблиці – 1.1.

Таблиця 1.1 – Метрологічні характеристики ваг

Найбільша межа зважування	НМЗ	130 т
Найменша межа зважування	НмМЗ	18 т
Дискретність відліку	d	10 кг
Ціна поділу шкали	e	100 кг
Допустима похибка		
Від 18 т до 50 т		± 200 кг
Від 50 т до 130 т		± 400 кг

Механічна частина ваг - це дві платформи (рисунок - 1.1), встановлені на залізобетонну конструкцію, у якій є суттєве руйнування (рисунок – 1.2), з котлованом, які використовувались для зважування вагонів у статиці без електронної частини, вага вагону виводилася на механічному індикаторі з круговою шкалою та стрілкою (рисунок - 3), перемикач діпазонів та платформ вручну – механічними перемикачами. Система зважування складається з ваго прийомного механізму (платформ, призм, важелів та індикатора). На даний час металоконструкції платформ та важільна система мають критичний знос та пошкодження. Через нерівномірний знос опорних призм різняться показання ваги вагону від напрямку руху при зважуванні до значення ± 200 кг. Також проблемою є постійна наявність води у котловані ваг, що обумовлено високим рівнем ґрунтових вод та опадами.



Для відкачки води необхідно зупиняти роботу ваг. При переході з механічної системи на електромеханічну – замість індикатора було встановлено два тензометричних датчика, основний та резервний. Перемикання між ними здійснюється вручну на вимкненому обладнанні.



Рисунок 1.1 – Платформи ваг



Рисунок – 1.2 Руйнування бетонної основи



Рисунок 1.3 – Індикатор ваги та перемикачі діапазонів

Розглянемо більш ретельно електронну частину ваг. Сигнал з тензодатчика, встановленого на виході механічної зважувальної системи, подається на блок перетворювача Ф4233/2, результат зважування



можемо контролювати на пульті управління Ф4233/1 (рисунок 1.4). Після зважування вагону (двох візків) данні через проміжну плату синхронізації передається на комп'ютер з операційною системою Windows XP та програмою зважування написаної в середовищі DOS. Введені вручну вагарем значення ваги вагонів та їх номери відображаються у програмі та можуть бути збережені на жорсткий диск, дискету або роздрукувати на принтері у формі відвісної. Через те, що данні зважування необхідно передавати у систему ERP-систему, вагар на іншому комп'ютері вручну вводить результати зважування, номери вагонів, рід вантажу, цех відправника та отримувача та час зважування. Більш детальний опис технологічного процесу представлено у додатку А



Рисунок 1.4 – Вагове обладнання Ф4233

На підприємстві є більш сучасні системи зважування на залізничних вагах: на основі вагового контролер visiCON – 245 та 445 плюс додаткові зовнішні блоки аналогового-цифрових перетворювачів з окремими блоками живлення, встановлювалися з 2005 року, залізничні ваги № 2, 4, 9, 31, 33 для статичного зважування, та залізничні ваги № 17 для зважування у русі (рисунок 1.5), системи на ваговому контролері RiceLake 920i встановлювалися з 2015 року, автомобільні ваги № 5 та залізничні ваги № 6, 10 (рисунок 1.6), та найсучасніша система фірми «Koda» у складі БОС (блок обробки сигналів) + ваговий контролер DD1010 встановлені у 2021 році, залізничні ваги № 1 та 7 (рисунок 1.7).

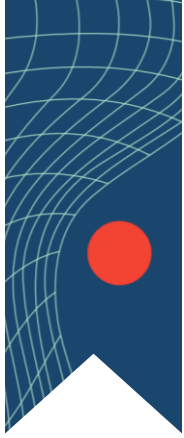


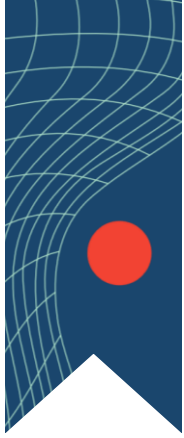
Рисунок 1.5 – Ваговий контролер visiCON-445



Рисунок 1.6 – Ваговий контролер RiceLace 920i



Рисунок 1.7 – Ваговий контролер DD1010



Хоча всі ці системи більш сучасні порівняно з системою на основі Ф, але мають теж багато мінусів. Контролер visiCON має дуже обмежений перелік налаштувань роботи та калібрувань. Контролер RiceLake має модульну конструкцію, більше можливостей у налаштуваннях роботи, калібрувань, передачі даних, але має своє специфічне ПО. Найновіша система фірми Koda, розроблена як комплексне рішення для вагонних ваг з трьома платформами. Три платформи на вагах використовуються для зважування різних типів вагонів, які мають різну відстань між візками. Наприклад для зважування напіввагона та залізничної платформи використовують платформу № 1 та 2, зображення вагонів на рисунку 1.8 та 1.9. При зважуванні коксовозу, рисунок 1.10 – знадобиться перемкнуту на платформи № 1 та 3.



Рисунок 1.8 – Напіввагон



Рисунок 1.9 – Платформа

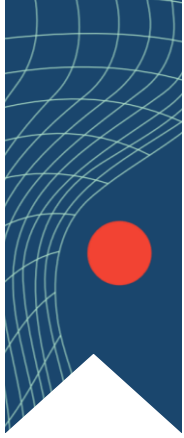


Рисунок 1.10 – Коксовоз

Вона хоча і має ПЗ розроблене під сучасні вимоги щодо сумісності з новими версіями Windows, але не вміє передавати данні в ERP-систему напряму і має періодично проблеми в роботі, такі як "зависання" контролера та у деяких випадках неможливість звичайними діями встановлення "0". Також з'ясувались деякі конструктивні недоліки при експлуатації, розгерметизація блоку обробки сигналів та потрапляння у середину вологи, та як результат - подальший ремонт блоку.

Фірми, які займаються продажем та встановленням залізничних ваг представляють покупцеві готові рішення, засновані на своїх вагових контролерах та своєму програмному забезпеченні. Внесення будь-яких змін у конструкцію ваг, а особливо в електронну частину чи ПЗ майже не можливо, займає дуже багато часу та матеріальних ресурсів або така можливість взагалі відсутня. Всі розглянуті варіанти на ринку представляють собою платформні ваги з різною кількістю платформ від однієї до чотирьох. Різниця полягає лише у деяких відмінностях встановлення платформ та використаних матеріалів, виду фундаменту або його відсутність. Варіант встановлення платформ наведено на рисунку 1.11.



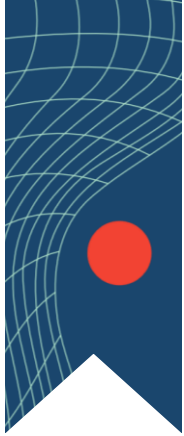
Рисунок 1.11 – Платформні ваги

Електронна частина представлена або зв'язкою АЦП плюс ваговий контролер, або ваговим контролером який має власний АЦП. Однією з негативних сторін розглянутих ваг є те, що у випадку несправності вагового контролера або АЦП – замінити його можливо лише таким саме елементом. Хоча фірми надають гарантію та гарантійне обслуговування на ваги, це не гарантує підтримку продукту після закінчення його виробництва. Деякі виробники використовують крім своїх контролерів також специфічні тензOMETричні датчики, які буде неможливо замінити іншими без втручання у конструкцію вузлів встановлення у платформі.

Метою роботи є вивчення поточного стану механізмів та автоматики на об'єкті, розгляд конфігурації та роботи інших наявних ваг на підприємстві, огляд сучасних рішень. Розробка алгоритму дій, спрямованих на заміну наявної системи зважування на таку, яка б задовольняла нагальні вимоги для залізничних ваг та слугувала основою для подальшої роботи та вдосконалення.

1.2 Аналіз сучасних закордонних зразків систем зважування

Був проведений аналіз продукції, яку виготовляють та поставляють фірми, що знаходяться у Америці, Англії та Європейському союзі.



В асортименті продукції німецької фірми «Hastema» [1] є системи зважування залізничних вагонів на основі так званої «датчик-рейки» у сукупності з системою датчиків та камер (рисунки 1.12 -1.14).



Рисунок 1.12 – «Датчик-рейка»



Рисунок 1.13 – Датчик та камера розпізнання



Рисунок 1.14 – Камера розпізнання

Перевагою такої системи зважування є те, що немає потреби у будівництві фундаментів або котлованів для залізничних ваг, відсутність платформ та додаткових металоконструкцій. Розпізнання вагонів відбувається за допомогою камер або RFID міток. Швидкість зважування вагонів до 30 км/год. Але максимальне навантаження на вісь – 30 тон, що недостатньо для деяких видів вагонів.

Англійська фірма «Weighwell» [2] має систему зважування, для встановлення якої не потрібно окремих платформ та фундаментів, тензометричні датчики встановлюються у наявний залізничний путь (рисунок 1.15, 1.16).

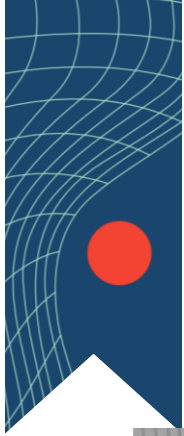


Рисунок 1.15 – Система зважування Weighwell



Рисунок 1.16 – Колісна пара на тензодатчику

В деяких ситуаціях це дуже велика перевага через те, що для встановлення системи не треба проводити будівельні чи складні монтажні роботи, але така система не буде стабільно працювати у нашому випадку – великий знос колій, знос колісних пар та їх фізичні дефекти.

Американська фірма «RiceLake» [3] має величезний вибір найрізноманітнішого вагового та супутнього обладнання, від лабораторних ваг до конвеєрних, автомобільних та залізничних. Залізничні ваги представлені системою з датчиком в рейці (рисунок 1.17, 1.18) та своїм ваговим контролером. Попри великий вибір засобів та послуг, які надає виробник, тільки п'ята їх частина доступна в Україні та залізничні ваги не доступні.

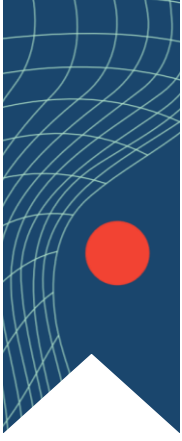
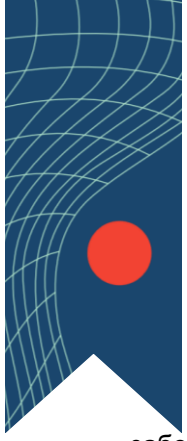


Рисунок 1.17 – «Датчик - рейка»



Рисунок 1.18 – Платформні ваги

Як і попередня система «датчик - рейка» має приблизно ж такі плюси у вигляді відносно легкого монтажу без додаткового будівництва, високу швидкість при зважуванні та мінуси як обмеження на максимальне навантаження та навантаження на одну вісь. Стандартне програмне



забезпечення для вагового контролера коштує як сам контролер, а зміни у конфігурації системи значно збільшують її вартість.

1.3 Аналіз наукових робіт по тематиці вдосконалення систем зважування

Проаналізовані вітчизняні наукові роботи спрямовані на вдосконалення вже наявних вагових систем та алгоритмів розпізнання типів та номерів вагонів, видані патенти представлені алгоритмами розрахунку перекосів ваги на площині вагону та боротьбою з перешкодами, які з'являються у каналах зв'язку між тензодатчиками та АЦП.

Система зважування [4, 5] пройшла перевірку працездатності на «Дніпровському вагонному заводі» та в взаємодії з компанією «Ваговимірювальні системи». Вона представляє собою одноплатформну систему для зважування та розпізнання вагонів у русі. Система використовує алгоритм апроксимації сигналів тензодатчиків при проїзді автозчеплень для різних комбінацій візків та візків вагонів окремо з використанням функції Гевісайда, для цього проведено навчання згорткової нейронної мережі, тест якої показав високий рівень відсотку розпізнавання тестових об'єктів, навіть при імітуванні некоректно налаштованої вагової платформи. Для ідентифікації типу вагону за отриманими характеристиками, використано нейронну мережу.

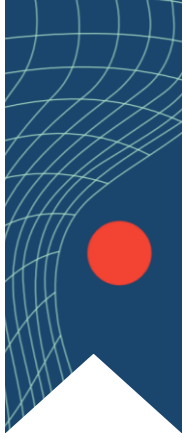
У розглянутій роботі [4, 5] була виконана доволі складна робота задля поліпшення точності зважування вагонів у русі, незважаючи на перешкоди у сигналах від тензодатчиків та проблеми з платформою і майже стовідсоткове розпізнання типу вагону. Це є суттєвою перевагою у порівнянні з більшістю систем на стандартних вагових контролерах, але потребує навчання під конкретні типи вагонів, що використовуються на підприємстві.

У роботі [6] розроблена модель імітації проїзду вагонів різного типу у динаміці з можливістю обрання послідовності вагонів у потягу, швидкості проїзду, моделювання різної завантаженості вагонів, імітацію «шумів» від датчиків. Використовується як імітація реального об'єкту дослідження.

Робота [7] присвячена розробці системи зважування у русі на основі мікропроцесора ATMEGA8535. Вона може бути використана для заміни застарілих систем зважування, але також потребує внесення багатьох вхідних даних для коректної роботи.

Стаття [8] описує розробку системи розпізнання потягів за допомогою RFID технологій. Інформація з міток зчитується та передається на головний вузол для обробки. Завдяки такій системі оператор станції завжди розуміє де знаходяться усі потяги. Ця технологія може бути застосована для розпізнання вагонів, але не для всіх видів – ківш чавуновозу та шлаковозу мають велику температуру.

У [9] авторами розроблено систему дуже точного зважування вагонів у русі за допомогою датчиків у рейці. Для збільшення точності



застосовується достатньо велика кількість датчиків (6 пар), та декілька алгоритмів обробки даних. Ця система розрахована більше на вивчення впливу різних видів вагонів та составів, різної швидкості руху потягів на рейку ніж сама операція зважування.

Робота [10] присвячена проблематиці моніторингу та визначення точного розташування ківшів з металом, запобіганню невірно внесених даних у систему обліку. Вирішення цих проблем автори вбачають у використанні RFID міток, які б встановлювалися безпосередньо на самому ківші. Але відразу з'являється інша проблема – висока температура поверхні на яку планувалося встановлення міток. Експерименти з вимірюванням температури у захисному циліндрі та декілька видів математичного розрахунку спрямовані на пошук захисту RFID міток від високих температур.

1.4 Висновки з проведеного аналізу та напрямок дослідження та вирішення проблеми

Після аналізу поточного стану обладнання у ваговому господарстві на виробництві сталі та конкретно з вагонними важільно-тензометричними вагами, провівши огляд джерел по цій тематиці можна зробити такі 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 напрямку та об'ємів модернізації використовувалися такі методи як «Метод фокальних об'єктів»[11], «Список питань А. Осборна» та «Список питань Т. Ейлоарта»[12]. Також була проаналізована робота та досвід експлуатації наявних залізничних ваг, виявлені їх слабкі місця як у механічній та електронній частині так і у програмному забезпеченні. Враховані перепони та проблеми з якими стикаються вагарі при роботі з наявним обладнанням. Головними проблемами залишаються застарілість обладнання, повна або часткова несумісність програмного забезпечення, яке використовується на вагах з новою операційною системою, а також політиками безпеки підприємства. Вагарям доводиться вводити вручну майже всю інформацію стосовно вагону при зважуванні, у деяких випадках на іншому комп'ютері, що призводить до помилок у електронних документах та їх паперових копіях.



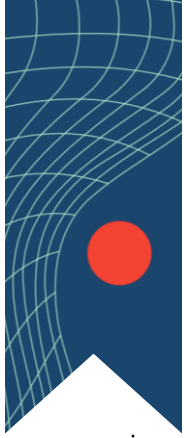
2 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАПРОПОНОВАНОЇ СТРУКТУРИ КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ

Якщо розглядати процес зважування як об'єкт автоматизації, можна визначити вхідні параметри, вихідні та зовнішні обумовлюючі. До вхідних параметрів (сигналів) можна віднести сигнал з тензометричних датчиків, датчику освітлення, датчику рівня, ручний ввід даних та перемикач режимів роботи, інформація з зовнішніх баз даних. Вихідними параметрами (сигналами) можна вважати результат зважування, оброблений і доступний у зручному вигляді, також сигнали управління освітленням, звуковим сигналом, аварійною світловою сигналізацією, інформацію яку надсилаємо до зовнішніх баз даних. Обумовлюючи це температура повітря, електронні перешкоди у сигналах від тензодатчиків, перешкоди у передачі даних між локальною та глобальною базою даних.

Модернізація системи зважування на залізничних вагах це пошук способів та методів протидії впливу збурюючих факторів на систему. Розглянемо основні фактори і шляхи їх подолання.

Перший фактор – вплив електромагнітних перешкод на сигнал тензометричних датчиків. Тензометричний датчик зазвичай має на виході аналоговий сигнал напруги 1-4 мВ/В, наприклад при напрузі живлення 5В та характеристиках датчика у 2 мВ/В – маємо 10 мВ на виході при максимальному навантаженні. При такому малому значенні напруги дуже важливо максимально захистити цей сигнал від впливу. В більшості старих ваговимірювальних системах аналоговий сигнал з датчиків по кабелю передавався до самого вагового контролера і ця відстань могла сягати десятків метрів (як на об'єкті модернізації). При таких обставинах на роботу системи дуже впливають електромагнітні перешкоди, наприклад зварювальні роботи навіть на відстані від об'єкта. Частково захищає екранування та заземлення ліній. Система на основі вагового контролера visiCON має виносні блоки АЦП, які значно зменшують довжину кабелів з аналоговим сигналом, але вони знаходяться у приміщенні ваг, що все ж таки не вирішує проблему. Ваги «Кода» мають виносний блок АЦП (БОС), який розташований безпосередньо на самих вагах, але він один і знаходиться під середньою платформою, що залишає доволі довгі кабелі від датчиків з першої та третьої платформ. При модернізації пропонується розмістити АЦП (Цифрову з'єднувальну коробку) під кожною з трьох платформ.

Другий фактор – вплив технічного стану залізничного рухомого складу на систему розпізнання та зважування у русі. Через незадовільний стан колісних пар, автозчеплення вагонів та локомотивів, сильну вібрацію від роботи локомотива можливі збої у розпізнанні типу рухомого складу або некоректна робота системи зважування, рисунок 2.1 – 2.2. Протидіяти цьому впливу можливо встановленням на під'їзних коліях безконтактних



індуктивних датчиків наближення, що повинно сприяти коректній роботі системи розпізнання.

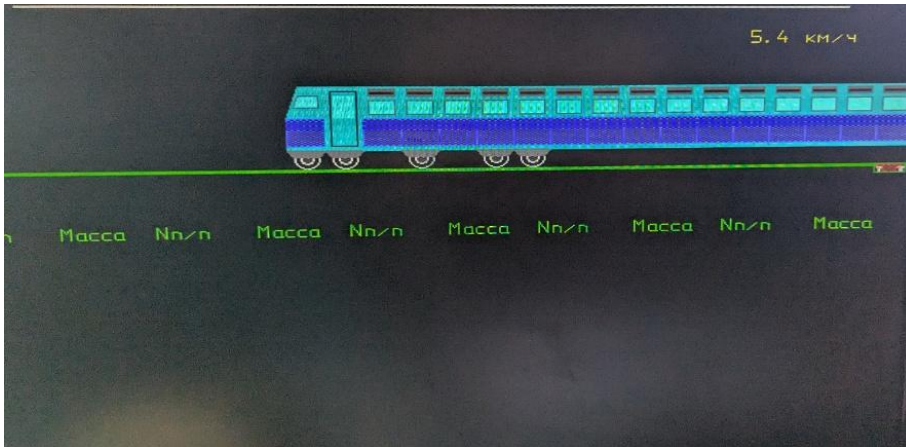


Рисунок 2.1 – Збій розпізнання потяга

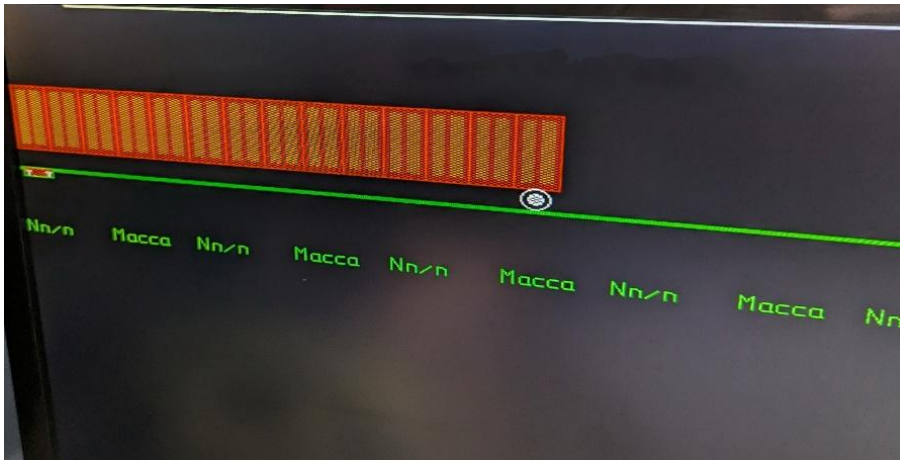


Рисунок 2.2 – Збій розпізнання вагону

Для більш точного зважування вагонів та протидії впливу ударів колісних пар на важільну систему використовується апроксимація сигналів від тензOMETричних датчиків. При проїзді вагонів аналізуються сигнали з датчиків та не враховуються їх показники спричинені ударами при обчисленні ваги вагону.



Третій фактор – перешкоди у основному каналі передачі даних. Некоректна робота мережевого обладнання, пошкодження ліній зв'язку унеможливають нормальну роботу ваг, отримання та передачу даних у глобальні бази. Щоб цього не сталося використовується допоміжний (аварійний) канал зв'язку який являє собою модуль SIEMENS LTE, який забезпечить з'єднання локальної та глобальної бази через стільникову мережу.

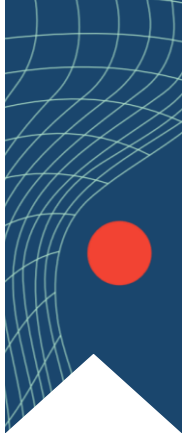
Четвертий фактор – можливі помилки у роботі та неможливість нормальної роботи системи при перебоях у електропостачанні. Вирішенням цієї проблеми є встановлення пристрою безперервного живлення, який повинен забезпечувати роботу системи (не менше двох годин) до відновлення електропостачання або переходу на живлення від генератора.

П'ятий фактор – некоректне введення номеру вагону у програму зважування. Для унеможливлення цього планується використовувати RFID мітки на вагонах, які належать підприємству та систему розпізнання номерів завдяки камерам та нейронній мережі. Приклад вигляду вагону з погано розпізнаваним номером вагону на рисунку – 2.3.



Рисунок 2.3 – Вагон з важко розпізнаваним номером

У проектованій системі зважування залізничних ваг наявні такі складові, як безпосередньо система зважування, система розпізнавання вагонів, система передачі даних в локальну та глобальну базу даних, система управління основним освітленням та зони зважування, звукова та світлова сигналізація, система контролю рівня води у котловані ваг.



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 тензометричними 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).

Головна програма зважування отримує данні процесу зважування: усі данні ваги вагону та її зміщення, значення тари (для деяких видів вагонів), данні номеру вагону та вантажопідйомність (RFID) від систем розпізнання (RFID мітки або камери), час, дата та номер зважування (автоматично), данні з документів (при їх наявності). Деякі дані оператор вводить вручну: цех відправник та цех одержувач, рід вантажу, примітки (повторне зважування, доочистка, тощо). Після вводу усіх даних та перевірки оператором, формується документ, який передається у локальну та глобальну бази даних. Також друкується копія електронного документу (при необхідності).

3 РЕАЛІЗАЦІЯ ЗАПРОПОНОВАНОЇ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

3.1 Структура системи

Модернізована система зважування залізничних ваг має наступний вигляд, рисунок 3.1.

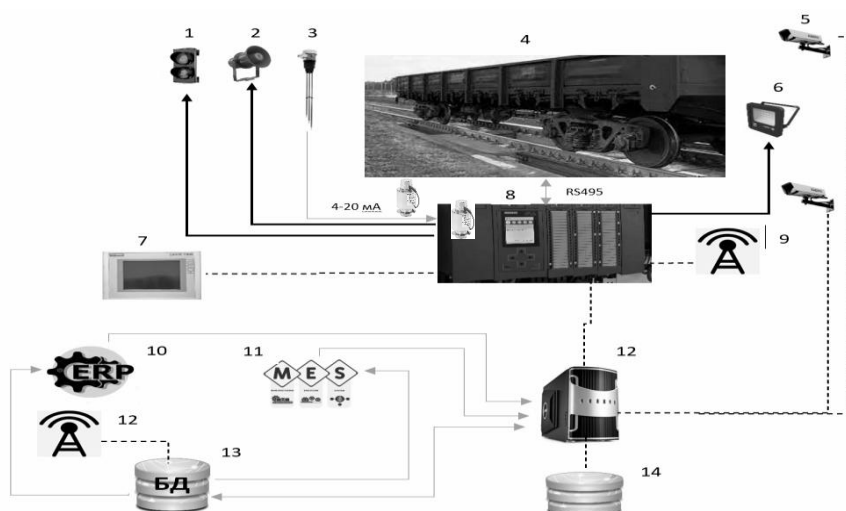
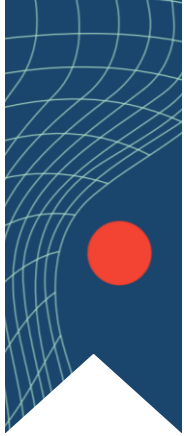


Рисунок 3.1 – Приклад модернізованої системи зважування: 1 – світова сигналізація, 2 – звукова сигналізація, 3 – датчик рівня, 4 – платформи ваг з встановленими тензодатчиками, 5 – камера, 6 – додаткове освітлення, 7 – панель оператора, 8 – контролер, 9, 12 – резервний радіо зв'язок, 10 – ERP-система підприємства, 11 – MES система підприємства, 12 – комп'ютер оператора, 13 – глобальна база даних, 14 – локальна база даних
— – дискретний сигнал, - - - - - ProfiNET, —> – оптичний кабель

Додано примітку [ЮС1]: Весь опис перенесіть у назву Рисунок 3.X - Приклад модернізованої системи зважування : 1- світові сигналізації; 2-; 3 -

Додано примітку [ЮС2]: Іншого кольору

Структуру системи зважування можна розділити на декілька блоків. По-перше, це безпосередньо залізничні ваги які мають три платформи та котлован. Під платформами встановлені тензометричні датчики, а у котловані ваг – датчики рівня та температури. Сигнали з них йдуть на вагові модулі та аналогові входи процесора відповідно. Біля платформ на стійках встановлені камери та антени зчитування RFID міток, а також прожектори допоміжного освітлення. На під'їзних рельсах встановлені безконтактні індуктивні датчики наближення, а поряд з вагами світова та звукова сигналізація. У приміщенні ваг встановлюється шафа з контролером, який має додатковий канал зв'язку з глобальною базою даних, безперебійним джерелом живлення на передній панелі якої також



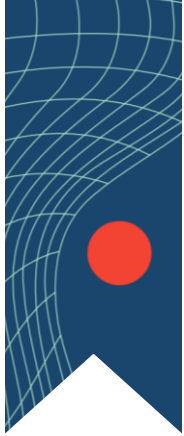
встановлюється НМІ панель, кнопки та лампи перемикачів та індикації режимів роботи обладнання. Контролер через ProfiNET з'єднується з комп'ютером оператора. До цього комп'ютера також підключені камери розпізнання номерів вагонів та мережеве обладнання для зв'язку з глобальною базою даних, локальна ж база даних зберігається безпосередньо на цьому ж пристрої. Ще однією частиною системи є сервер, який з'єднаний з комп'ютером оператора оптичною лінією зв'язку та резервною у вигляді модуля стільникового зв'язку розташованого у шафі контролера. Сервер слугує для збереження глобальної бази даних та для передачі інформації з неї у ERP та MES системи підприємства.

3.2 Вибір та обґрунтування технічних засобів автоматизації

Згідно стандарту АСУТП (Автоматична Система Управління Технологічним Процесом) [14] робимо вибір датчиків, контролера, модулів, блока живлення. Перелік вибраних пристроїв, їх характеристик та кількість у таблиці 3.1. Вигляд контролера з модулями та блоком живлення в програмі TIA Selection Tool на рисунку 3.2. Нова система зважування, що проектується не потребує великих потужностей для обчислень, не має якихось специфічних функцій або задач, тому її основою обрано контролер Siemens-1200 CPU 1214C з картою пам'яті на 4 Мб. Він має інтерфейс PROFINET для зв'язку з панеллю НМІ та зовнішньою мережею. Об'єм пам'яті 150КВ для програм та даних. Дискретні входи слугують для підключення фізичних кнопок вмикання звукової та світлової сигналізації, які знаходяться на пульті оператора (вагара), використовується входи процесора. Дискретні виходи задіяні в управлінні основним та допоміжним освітленням, звуковою та світловою сигналізацією, управлінням насосом у котловані ваг. Усі силові ланцюги підключаються та управляються через поміжні реле. Також дискретні виходи задіяні для допоміжної індикації роботи системи – режими роботи та аварійні сигнали. Аналогові входи задіяні для підключення датчика рівня води та датчика температури у котловані ваг. Контролер та модулі мають живлення від блоку на 24 вольт 60 Ват.

Таблиця 3.1 – Перелік вибраних пристроїв

№	Назва пристрою	Модель	Характеристика	Кількість
1	2	3	4	5
1	Термометр опору	Siemens TS100	Pt 100 -50 +400 °C	1
2	Датчик освітлення	Siemens AP 254/02	1-100000 Lux -30...60 °C	1
3	Датчик рівня	Kronhe Optibar LC 1010	1-100m	1
4	Датчик наближення	Simatic pxi330	Pnp, IP68	2



Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4	5
5	ТензOMETричний датчик	Hbm C16A/C3	2mV/V, 40t	12
6	Контролер	Siemens-1200 CPU 1214C	150KB	1
7	Карта пам'яті	SIMATIC S7 Memory Card,	4MB	1
8	Модуль LTE	CP 1243-7 LTE	LTE, GPRS, SMS	1
9	Комунікаційний	CM 1243-5	PROFIBUS	1
10	Ваговий модуль	SIWAREX WP231	1 Channels 1-4 mV/V	3
11	Цифрова розподільна коробка	SIWAREX DP	4 Channels 1-4 mV/V	3
12	Блок живлення	S7-1200	60W 24V DC	1
13	Модуль RFID	SIMATIC RF680	frequency 865-868 200 mW	1
14	Антенa RFID	SIMATIC RF615	frequency 865-868 EU IP67	1
15	RFID мітки	RF682T		
16	Панель HMI	HMI KTP1200 Basic	12" TFT display, PROFINET	1

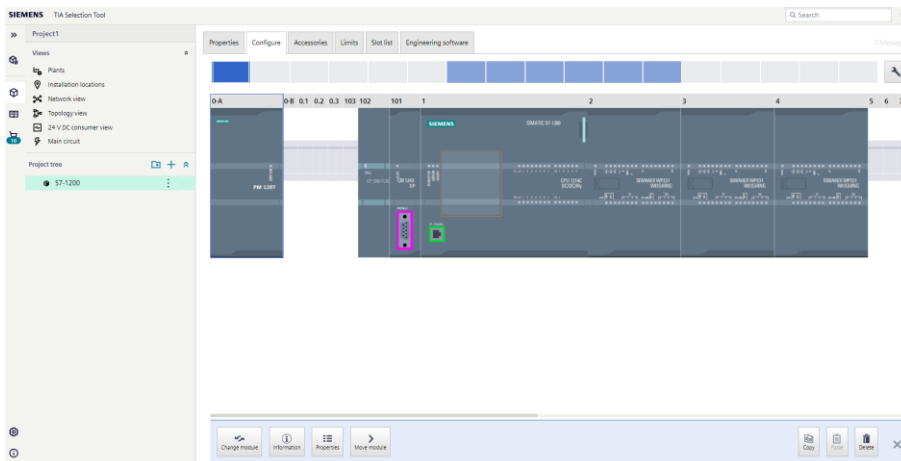
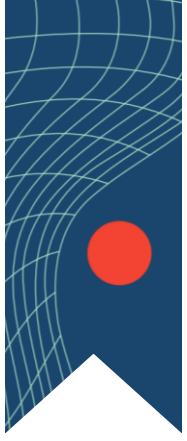


Рисунок 3.2 - TIA Selection Tool



Основою самої вагової системи є вагові модулі SIWAREX, вони мають канали для підключення тензOMETричних датчиків, порти PROFINET та RS485. Модулі мають дуже багато варіацій для підключення тензOMETричних датчиків, їх налагоджені та налаштуванні у різних режимах роботи, окрім каналу підключення тензOMETричного датчику напряму, мають по чотири дискретних входу та виходу також аналоговий вихід. Для зменшення кількості вагових модулів використовуються SIWAREX DB – це так звана цифрова розподільна коробка, яка має чотири аналогові входи для підключення тензOMETричних датчиків 1-4 mV/V та вихід RS485. Додатково має індикацію роботи датчиків – нормальний або аварійний режим.

ТензOMETричні датчики Hbm C16A/C3 з характеристикою 2mV/V та максимальним навантаженням у 40 тон. Характеристики були підібрані з урахуванням максимального навантаження, яке може бути застосовано у штатній або аварійній ситуації, з урахуванням маси платформи. Схожі датчики вже встановлені на кількох вагах та зарекомендували себе з кращого боку.

Датчик температури Siemens TS 100 з діапазоном вимірювання -50 +400 °C може бути обладнаний перетворювачем сигналу на стандарт 4-20 mA для уніфікації та зменшенню впливу зовнішніх факторів на вимірювання. Датчик освітлення Siemens AP 254/02 який має комбіновану структуру і окрім освітлення також може вимірювати температуру повітря, діапазон вимірювання 1-100000 Lux та -30...60 °C відповідно. Датчик рівня фірми Krohne, моделі OPTIBAR LC 1010, може вимірювати рівень до 100 метрів та має уніфікований сигнал 4-20 mA.

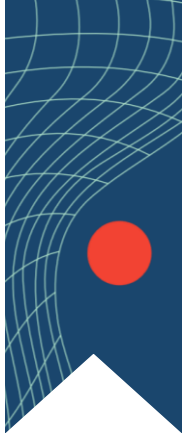
Для роботи системи при аварійному відключенні основного каналу зв'язку використовується комунікаційний модуль CP 1243-7 LTE. Він може працювати у мережах стільникового зв'язку яка використовується на території нашої держави, має підтримку LTE, UMTS, GSM, GPRS, SMS. Швидкість завантаження до 42 Mbit/s, віддачі 5.76 Mbit/s.

Для підтримки PROFIBUS використовується комунікаційний модуль CM 1242-5.

Контролер з модулями, блоком живлення, проміжними реле розташовується у шафі Rittal (або подібній), на передній панелі якої також знаходяться кнопки перемикачів режимів роботи освітлення, звукової та світлової сигналізації, а також лампи індикації. мережевим обладнанням та джерелом безперебійного живлення. Панель HMI для зручності використання - розташовується у невеликому корпусі.

3.3 Програмне забезпечення

Алгоритм роботи системи зважування: аналоговий сигнал з чотирьох тензOMETричних датчиків (однієї платформи) поступає до цифровою розподільної коробки, обробляється АЦП та у цифровому вигляді передається на вхід ваговимірювального модулю. У ньому він обробляється, за допомогою контролера виконуються необхідні



розрахунки, такі як: вага кожної платформи окремо та сумарна вага вибраних платформ, розподіл ваги по площині вагону (зміщення по бортам та візкам), важливо що навантаження на кожний датчик вимірюється окремо, дозволяючи розрахувати розподіл ваги, розміщення датчиків на платформі рисунок – 3.3, приклад частини програми на рисунку 3.4, ця інформація виводиться на панель оператора та у головну програму зважування на екрані комп'ютера.



Рисунок 3.3 – Розташування датчиків на платформі

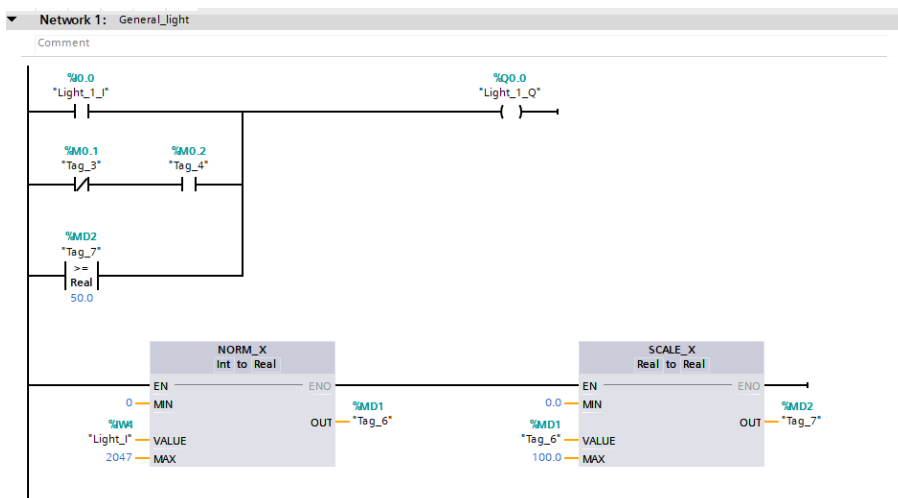


Рисунок 3.4 – Обробка сигналів

Дані кожного датчика, такі як сигнал, опір, напруга живлення можна побачити у спеціальному вікні на панелі НМІ, рисунок 3.5. На головному екрані можемо бачити загальну вагу вагону, вагу по платформам, розподіл ваги по візкам та бортам вагону, рисунок 3.6.

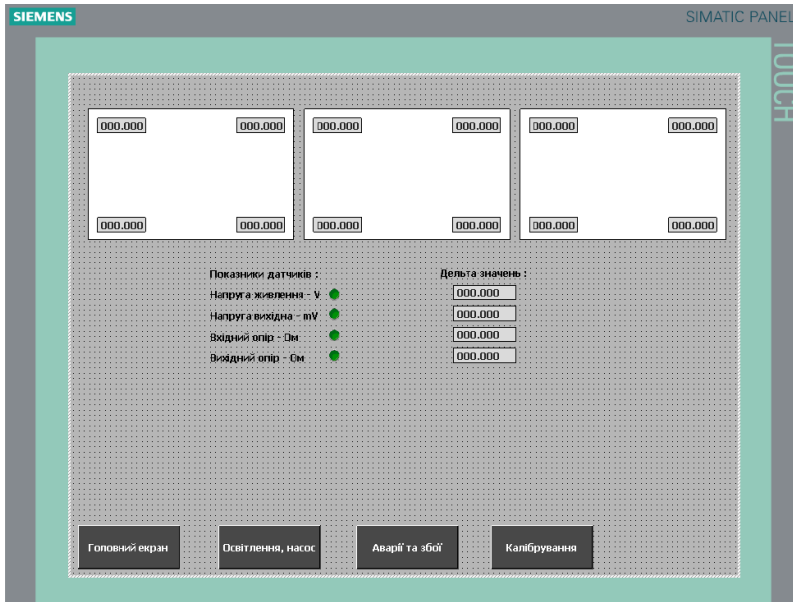
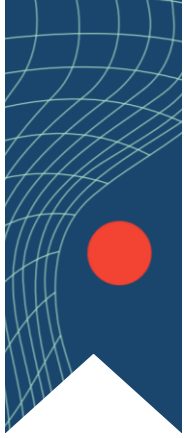


Рисунок 3.5 – Вікно характеристик датчиків

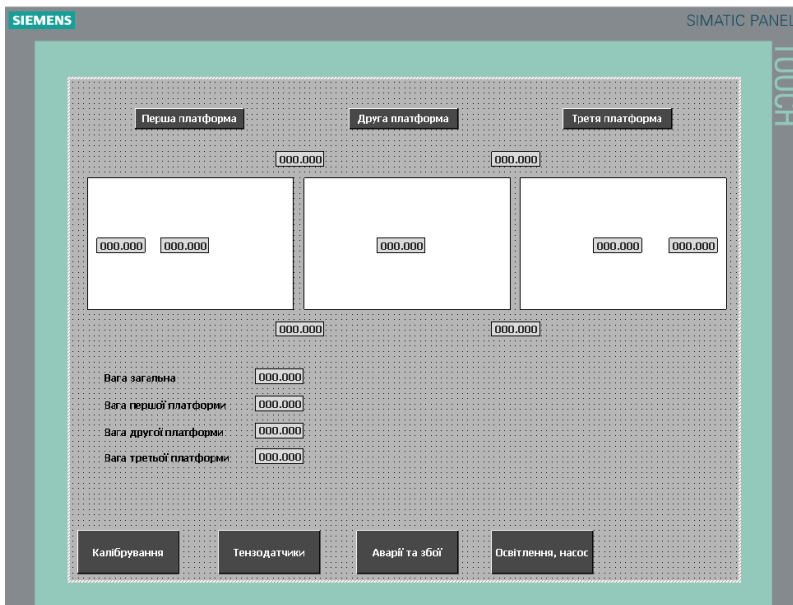


Рисунок 3.6 – Головне вікно процесу зважування



Вікна HMI перемикаються між собою і надають окрему інформацію про стан датчиків, стан та режими роботи допоміжного обладнання, наявність аварій або збоїв у роботі обладнання, а також відображення процесу зважування та калібрування ваг.

3.4 Алгоритм роботи системи

Для роботи системи зважування у динамічному режимі (у русі) використовується алгоритм обробки сигналів, отриманих від безконтактного індуктивного датчика наближення та тензометричних датчиків, рисунок 3.7. Ці сигнали, після обробки ваговим модулем та процесором потрапляє у програму розпізнання типу вагонів, вона за допомогою неймережі, навченої на даних проїзду платформи різними видами вагонів та потягів, результатом є розпізнання складу залізничного составу (кількість локомотивів та вагонів) та ігнорування ваги локомотивів у процесі зважування. Безконтактний індуктивний датчик наближення використовується для визначення напрямку руху составу та поліпшення роботи системи розпізнання типу вагонів та вимірювання швидкості руху, також запобігає виникненню помилок розпізнання, які можуть з'явитися при використанні тільки сигналів з тензометричних датчиків, внаслідок впливу стану рухомого складу таких як додаткова вібрація та удари.

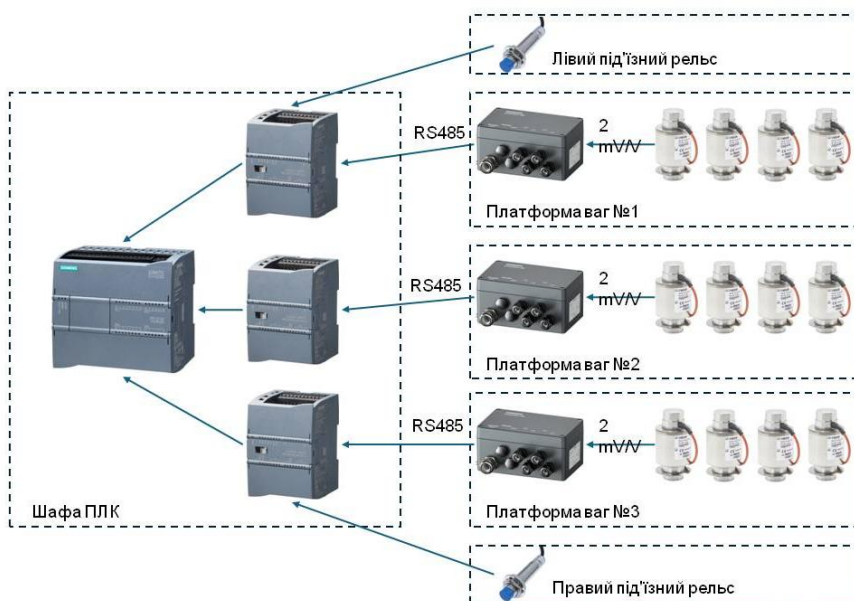
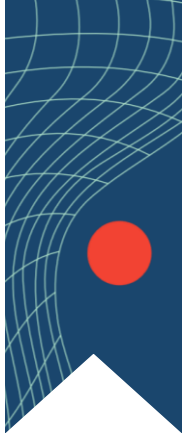


Рисунок 3.7 – Система зважування у русі



Система розпізнання номерів вагонів на основі RFID міток, рисунок 3.8. На кожному вагоні, який використовується у технологічному процесі (переміщення сировини, продукції, відходів виробництва) та не залишає території підприємства встановлена RFID мітка, яка містить інформацію про тип, номер, вантажопідйомність вагону, на деяких видах вагонів, які мають конструктивно дві частини (чавуновози, шлаковози, совки) дві мітки з інформацією про тип та номер частини вагону. Коли вагон заїжджає на платформи ваг для зважування, система зчитує данні з мітки за допомогою виносної антени, встановленої біля платформи ваг. Сигнал обробляється модулем розпізнання RFID міток та передається у контролер для обробки та відображення на панелі та екрані оператора.

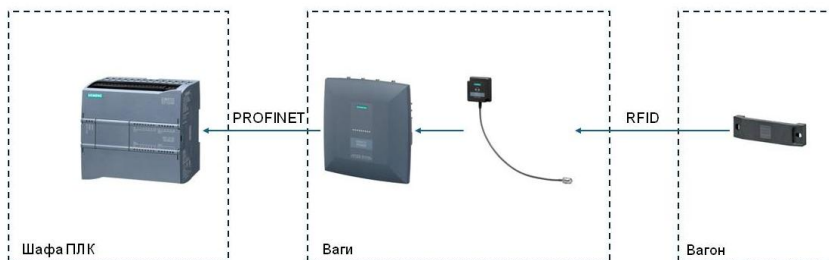


Рисунок 3.8 – Система розпізнання RFID міток

Для розпізнання номерів вагонів, які не є власністю підприємства використовується система машинного зору. Зображення з камер, встановлених на вагах передається на комп'ютер оператора. За допомогою програми розпізнання, яка працює на основі нейромережі, навченої на зображеннях цифр, номер вагону відображається у головній програмі зважування.

Алгоритм роботи допоміжних систем. Система освітлення (рисунок 3.9) може працювати у двох режимах – автоматичному та ручному. У першому випадку сигнал з датчика освітленості надходить на вхід контролера, нормується, зрівнюється з заданим значенням та відповідно алгоритму автоматично вмикає або вимикає основне освітлення. Допоміжне освітлення (освітлення вагонів) вмикається автоматично, якщо значення ваги будь-якої платформи більше 1 тону, та вимикається при менших значеннях з затримкою, щоб не було мерехтіння при проїзді составу. Оператор може керувати освітленням у ручному режимі віртуальними або фізичними перемикачами. Приклад програми – рисунок 3.10.

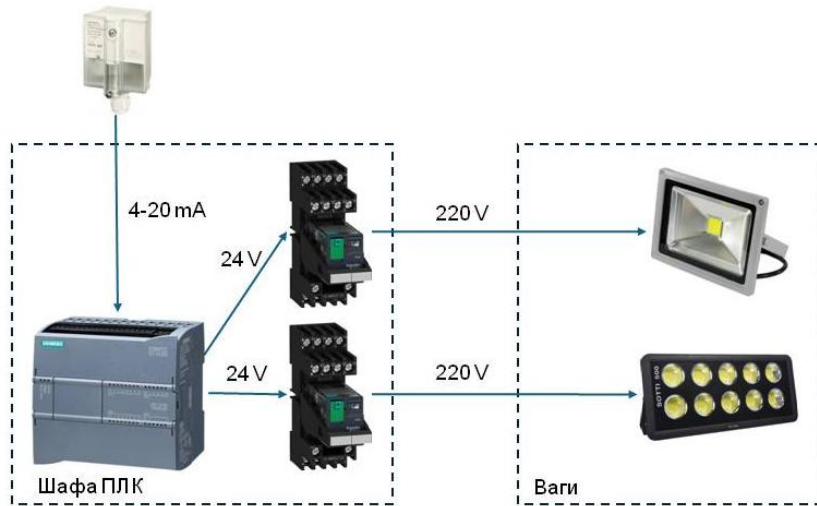
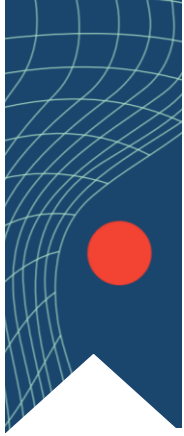


Рисунок 3.9 – Система освітлення

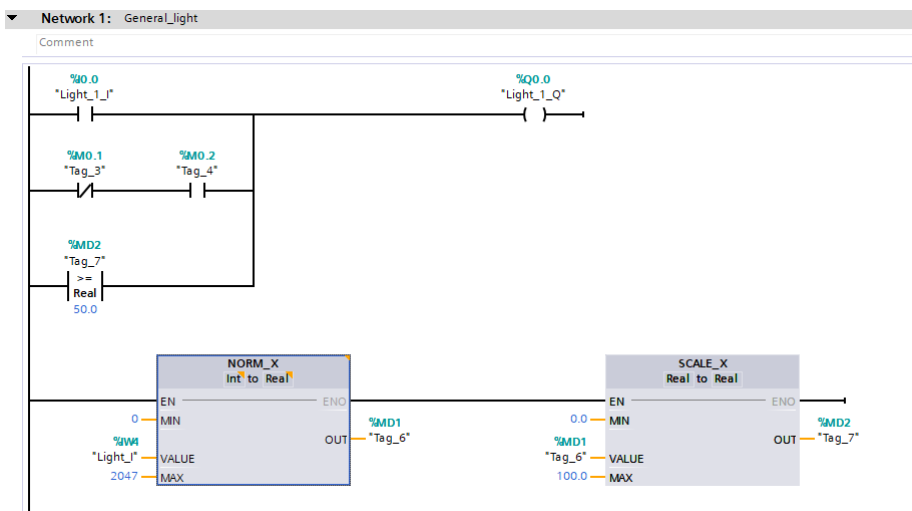


Рисунок 3.10 – Управління освітленням

Система відкачки води з котловану ваг працює згідно такого алгоритму: у котловані встановлені датчик рівня рідини та датчик температури сигнали з яких потрапляють на вхід контролера, рисунок 3.11.

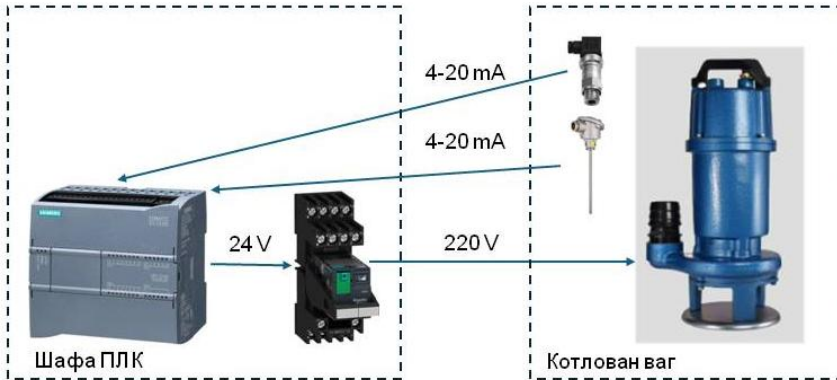


Рисунок 3.11 – Система відкачки води

При перевершенні значення рівня води, встановленого як верхня межа – вмикається насос відкачки води з котловану ваг, вимикається після зниження рівня до нижньої межі. Датчик температури використовується для вимірювання температури безпосередньо у котловані та недопущенню автоматичному вмиканню насосу при низьких температурах та запобігав його пошкодженню. Ручний режим передбачений для перевірки обладнання. Частина програми управління насосом на рисунку 3.12.

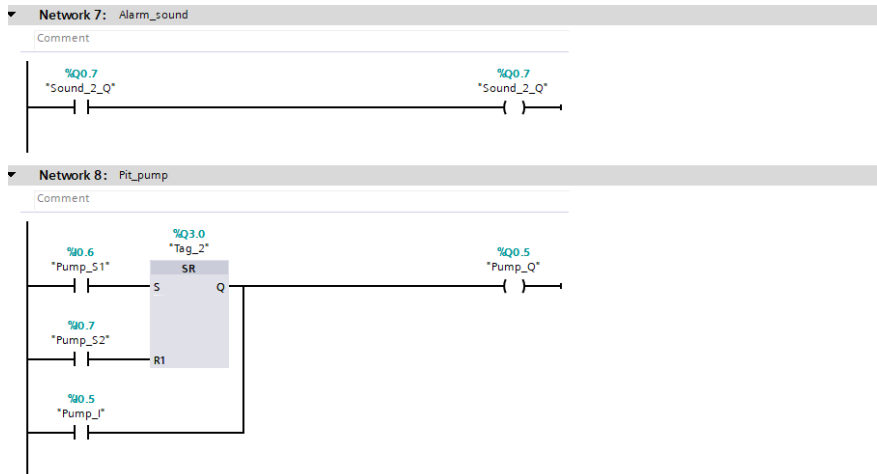
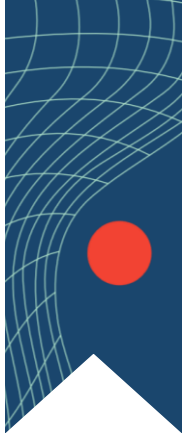


Рисунок 3.12 – Управління насосом



Сигнал з датчиків подається на аналогові входи процесору, обробляється, згідно встановлених параметрів. Вихідний сигнал на управління насосу надходить з цифрового виходу на проміжне реле. Інформація про режими роботи та рівень води відображається на екрані НМІ.

Відображення режимів роботи освітлення, керування світовою та звуковою сигналізацією здійснюється на панелі, вікно керування допоміжним обладнанням на рисунку 3.13.

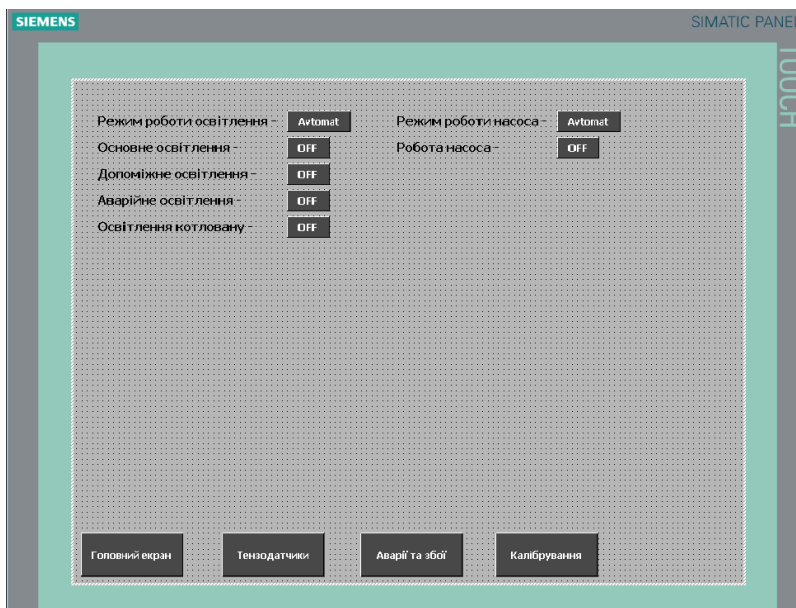


Рисунок 3.13 – Допоміжне обладнання

Звукова та світова сигналізація слугують для подачі сигналів упоряднику вагонів для початку процесу зважування (заїзд на ваги) або заїзд наступного вагону для зважування, рисунок 3.14. Також додаткова світова сигналізація слугує додатковим візуальним сповіщенням машиністів локомотивів про проведення профілактичних або ремонтних робіт на вагах, особливо у темну частину доби. Частина програми управління освітленням на рисунку 3.15.

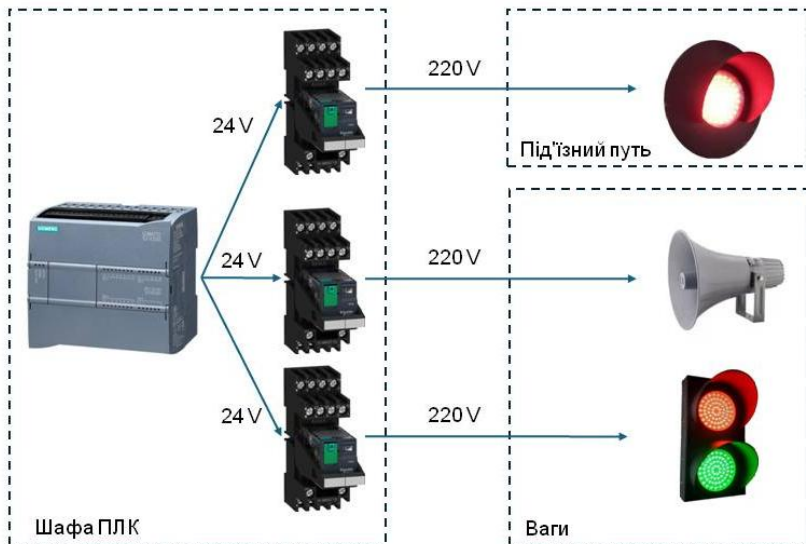


Рисунок 3.14 – Світова та звукова сигналізація

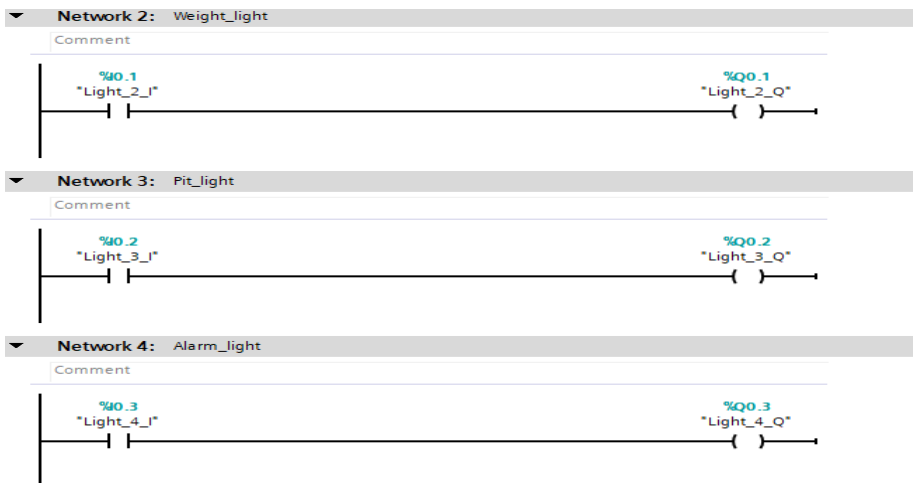
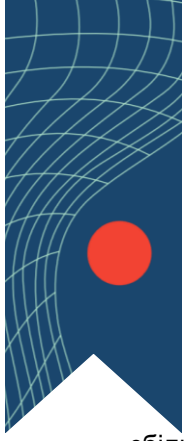


Рисунок 3.15 – Управління освітленням

Аварійна система живлення передбачає роботу контролера та комп'ютера оператора від джерела безперебійного живлення не менше ніж 3 години, при роботі тільки контролера час автономної роботи значно



збільшується. Ця система може бути доповнена генератором для заряджання акумуляторів та роботи освітлення у темну частину доби.

Аварійний канал зв'язку необхідний для передачі даних між локальною та глобальною базою даних при аварії або іншої непередбаченої ситуації на основному каналі, яка унеможливорює синхронізацію даних. Залежно від відстані між сервером та вагами можливе використання як GSM каналу зв'язку так і наприклад WiMax.

Однією з головних систем у програмному забезпеченні вагового контролера, без якої неможлива його нормальна робота – це система калібрування. Калібрування проводиться перед початком роботи ваг, а потім один раз на рік. Непланове калібрування може бути зроблено якщо виникають сумніви у показниках ваг, після ремонтних робіт на металоконструкціях платформ, або після заміни тензометричних датчиків.

Процес калібрування починається з калібрування нуля, платформи повинні бути порожні, не мати контактів між собою та з під'їзним рельсом. Встановлюється значення показників датчиків яке буде відповідати нульовому значенню та початку діапазону вимірювання. Потім платформи по черзі та разом навантажуються максимальною вимірювальною вагою. Встановлюється значення показників датчиків яке буде відповідати максимальному значенню та кінцю діапазону вимірювання. Ці два значення є основними для розрахунку ваги. Якщо цього не достатньо, наприклад - показники ваги не лінійні, додаються проміжні значення.

Задачею верхнього рівня АСУТП є обробка даних з контролера таких як вага вагону та її розподіл, данні з датчиків для розпізнання виду вагону, обробка інформації з камер, відображення інформації у зручному для оператора вигляді, формування документів, передача даних у глобальну та локальну базу даних.

SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) – це програма, або програмний пакет, який призначений для забезпечення роботи в реальному часі систем збору, обробки, відображення та архівування інформації про об'єкт моніторингу або управління. Багато провідних фірм виробників контролерів та приладів автоматики доповнюють свої системи програмами SCADA , так як система зважування та управління розроблена на основі рішень фірми Siemens – система візуалізації буде SIMATIC WinCC. Дана система відображає процес зважування з усіма даними, такими як повна вага вагону та окремо по платформах, зсув ваги по площині вагону, дозволяє керувати основним та допоміжним освітленням, звуковою та світловою сигналізацією, керування насосом для відкачки води з котловану ваг та освітлення у ньому. Також можна обслуговувати ваги – займатись їх перевіркою або калібруванням, знати усі дані встановлених датчиків такі як опір та напруга. Однією з функцій системи - це зберігання у базу даних усіх помилок та проблем у роботі обладнання, що значно полегшує пошук несправності, якщо вона виникає. Усі звіти можна передивитися у спеціальному вікні. Приклади вікон для калібрування та журналу аварій на рисунках 3.16 та 3.17 відповідно.

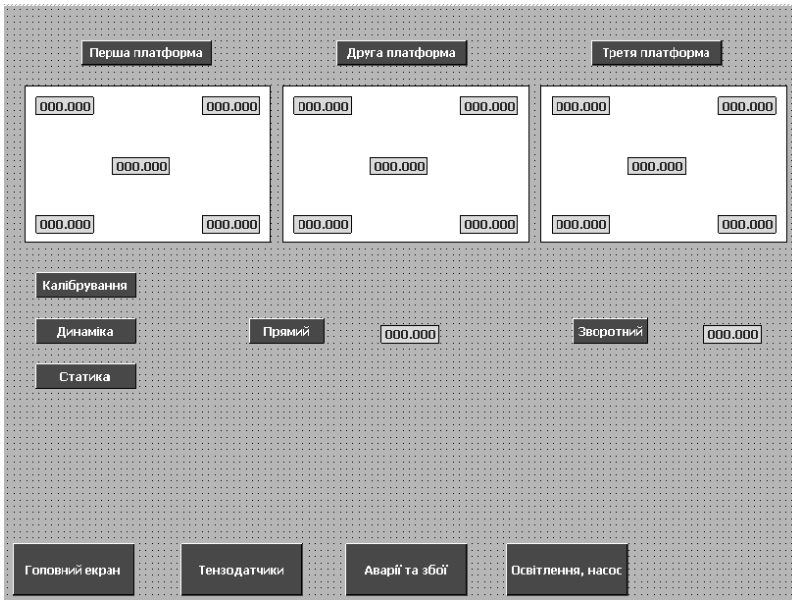
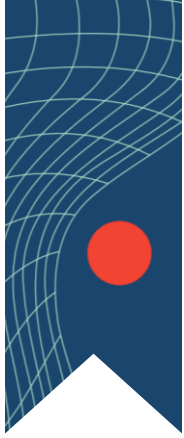


Рисунок 3.16 – Вікно калібрування

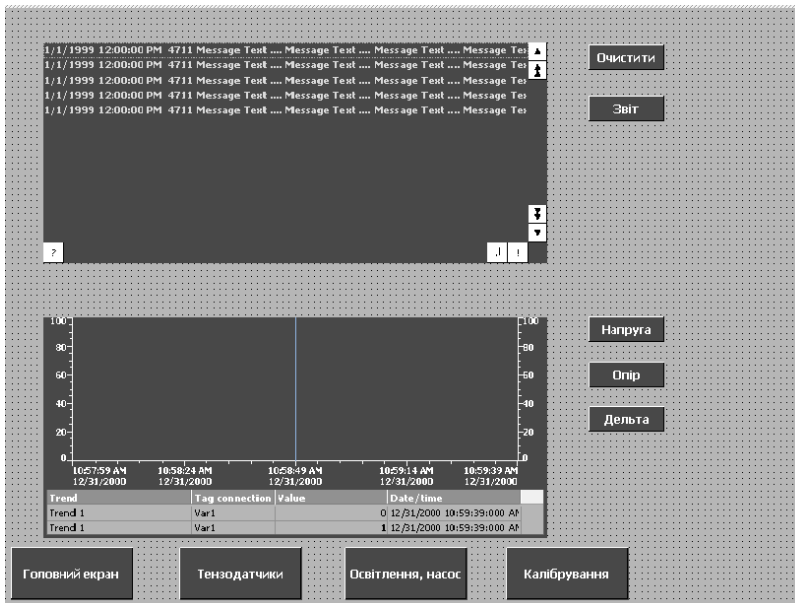
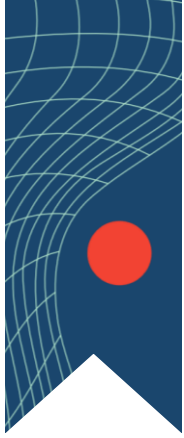


Рисунок 3.17 – Вікно журналу аварій

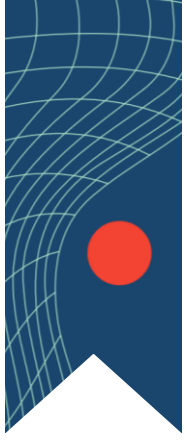


На даний момент у багатьох сферах промисловості та науки використовують нейронні мережі та програмні продукти на їх основі, вони використовуються для розпізнання об'єктів та керування системами управління, прогнозування та розрахунків різних моделей поведінки об'єкта дослідження. Також вони використовуються для аналізу даних, виявлення закономірностей, у системах комп'ютерного зору. Налічується багато різноманітних архітектур нейромереж, які виконують свої функції, мають свої алгоритми тренування, маючи свої переваги та недоліки. Усі нейромережі складаються з штучних нейронів та мають три пов'язані шари: вхідний, прихований та вихідний. До найбільш розповсюдженим мережам відносять: багат шаровий перцептрон, згортова нейронна мережа, рекурсивна нейронна мережа, мережа довгої короткострокової пам'яті, неглибокі нейронні мережі. Для комп'ютерного зору, розпізнання зображень та тексту найбільше підходить згортова нейронна мережа. Для своєї роботи вона використовує операцію згортки, поступово проходячи по наданому зображенню. Комбінації та кількість шарів нейронної мережі впливає на якість та час розпізнання зображень. Нейромережі можуть навчатися для поліпшення та прискорення своєї роботи. Програма розпізнання номерів вагонів отримує зображення з камер та за допомогою нейромережі, попередньо навченої на зображеннях цифр – видає номер вагону, який стоїть на платформах ваг.

Основна програма об'єднує та представляє у зручному вигляді усю інформацію яку отримує у процесі зважування від контролера, від двох програм розпізнання та бази даних. В результаті формується документ у якому відображається номер та тип вагону, рід вантажу, відправник та одержувач вантажу, бруто, нетто та тара вагон, час зважування та номер ваг, рисунок 3.18.

Ваги № 13		
№ зважування	Вагар/зміна	Дата/час зважування
0026	Вагар А.А. / 4	01.01.24 / 10:10
Цех відправник	Цех одержувач	Наявність документів
Аглофабрика	Доменний	Так
Рід вантажу	Вага бруто	№ документу
Відсів коксу	93,65	2011
Номер вагону	Вага нетто	Вага тара
52159	73,41	20,24

Рисунок 3.18 – Приклад форми для зважування



Після формування та перевірки документа оператором він відправляється у глобальну базу даних (SAP), копія відправляється у локальну, також виконується його друк на принтері. Ще однією з функцій основної програми – перевірка з'єднання з глобальною базою даних (основного каналу зв'язку) та перемикання на допоміжний канал при проблемах з основним.

3.5 Взаємозв'язок функціональних завдань

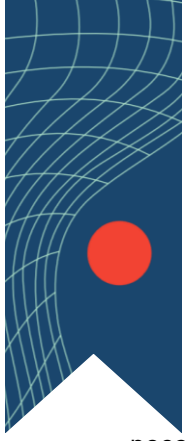
Систему зважування зважаючи на функціонал можна поділити на декілька підсистем, а саме: підсистема нижнього рівня, підсистема обробки даних, інтелектуальна підсистема, наукова підсистема, інформаційна підсистема, підсистема зв'язку з глобальною базою, підсистема ведення локальної бази даних та архівування бази даних. Розглянемо їх ретельніше.

Підсистема нижнього рівня побудована на основі контролера та слугує для опитування датчиків, фільтрації та масштабування їх сигналів, забезпечує роботу сигналізації при перевищенні заданих параметрів (рівень води), звукової та світлової сигналізації. Управління та вибір режимів роботи додаткового обладнання, системи керування основним та додатковим освітленням, аварійної сигналізації. Також забезпечується зв'язок цієї підсистеми з підсистемою обробки даних.

Підсистема обробки даних та наступні системи працюють на комп'ютері оператора. Ця підсистема забезпечує захист інформації від несанкціонованого доступу, реєструє помилки, збої у роботі обладнання та при необхідності вносить корекцію у розрахунки, уразі потреби можливе відновлення початкових значень. Також до її складу входять програми розпізнання номерів та типів вагонів, які необхідні для роботи програми формування документів та отримують інформацію від нейромережі, яка є частиною інтелектуальної підсистеми. Виконуються задачі з тестування основного та допоміжного обладнання, забезпечується ручний ввід необхідних даних.

Інтелектуальна підсистема тісно пов'язана з обробкою даних так як містить у собі згорткову нейромережу, яка завдяки процесу попереднього навчання має бази даних цифр та даних проїздів різних видів вагонів та зчеплень, дані порівнюються з даним отриманими від камер та ваг, на виході маємо розпізнаний вид вагону (або це потяг) та його номер, ця інформація необхідна для роботи відповідних програм.

Наукова підсистема є специфічною, слугує для використання у дослідних та наукових роботах, може використовуватися для виявлення нетипових даних та результатів роботи, а також для зібрання та систематизації експериментальних даних, які потім можливо використовувати для поліпшення роботи наявної системи або як вхідні дані для розробки чи удосконалення іншої системи. Алгоритми роботи системи та перелік даних та параметрів, які необхідно виявляти або



реєструвати та обробляти – встановлює оператор, в залежності від відповідних цілей та способів дослідження або експерименту.

Інформаційна підсистема складається з програми формування документів (головна програма зважування), програми налаштування та обслуговування ваг та візуалізації роботи ваг, необхідну інформацію отримують від підсистеми обробки даних. Головна програма зважування отримує інформацію з підсистеми нижнього рівня, підсистеми обробки даних. Програма роботи з вагами має двосторонній зв'язок з підсистемою нижнього рівня, сигнали налаштування ваг туди потрапляють завдяки підсистемі обробки даних. Програма формування документів надсилає та отримує інформацію через підсистему зв'язку з глобальною базою та ведення локальної бази даних.

Підсистема зв'язку з глобальною базою забезпечує передачу даних між глобальною та локальною базою даних та головною програмою зважування. Здійснює постійне опитування каналів зв'язку та у випадку необхідності перемикання, з основного каналу на аварійний та перехід з аварійного каналу зв'язку на основний після встановлення та підтвердження нормального режиму роботи.

Підсистема локальної бази даних обробляє та систематизує інформацію, синхронізує запити до поточної бази. Забезпечує зберігання усієї необхідної для роботи системи інформації, її обробку та передачу у разі необхідності у інформаційну систему для забезпечення роботи програм. По заданому алгоритму виконує передачу даних у підсистему архівування бази.

Підсистема архівування бази даних використовується для обробки та зберігання актуального архіву необхідних даних які надходять з підсистеми локальної бази даних. Дані зберігаються у захищеному середовищі. Збережені архіви можуть бути використані для відновлення локальної бази даних для відновлення її роботи, яка була припинена внаслідок пошкодження даних або проблемами у роботі обладнання. Ці дії виконують робітники з відповідними дозволами.



4 ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

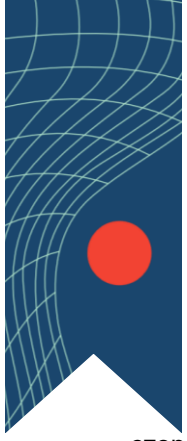
Модернізація системи зважування на залізничних вагах №13 критично важлива. Подальша їх експлуатація пов'язана з великими ризиками аварійних ситуацій на вагах, внаслідок зношення механічної частини ваг та проблемними моментами обслуговування та ремонту електронної частини, бо обладнання застаріле та зняте з виробництва. Кожний випадок зупинки ваг – це фінансові втрати підприємства на перенаправлення вагонів на інші ваги, маневрування локомотивів, що значно підвищить витрату палива та моточаси тепловозів. Також маневрування, це додатковий час переміщення вагонів, а наприклад для вагонів з сировиною, яка задіяна безпосередньо у технологічному процесі безперервного виробництва, може мати дуже негативні наслідки. Ще однією проблемою ваг є їх велика похибка при зважуванні вагонів. На зараз похибка складає ± 200 кг у діапазоні до 50 тон та ± 400 кг з 50 до 130 тон, що є не виправдано великими значеннями. Модернізована система дозволить зменшити похибку у першому діапазоні до $\pm 50-100$ кг, а в другому до ± 200 кг.

Провівши аналіз вагонів за родом перевезеного вантажу, які зважувались за місяць на досліджуваних вагах маємо дані по їх розподілу, таблиця 4.1.

Таблиця 4.1 Розподіл вагонів на вагах

№	Рід вантажу	Кількість
1	Тара	2119
2	Вапно	401
3	Шлам	302
4	Коксова дрібниця	37
5	Окалина	9
6	Відсів коксу доменного	33
7	Доломіт	40
8	Шлак	37
9	Попереднє зважування	42
	Усього:	3008

Якщо подивитись на дані, то найбільша кількість вагонів, а саме 2119 – це встановлення актуального значення тари, 401 вагон – вапно, 302 – шлам, коксова дрібниця – 37, окалина – 9, відсів коксу доменного – 33, доломіт – 40, шлак – 37, попереднє зважування – 42. Якщо узяти наприклад вапно, зменшення похибки на 200 кг при вартості вапна у 10 тисяч за тону – маємо різницю у 802 тисяч гривень у місяць, або 9,6 мільйони грн у рік. При вартості шламу у 2 тисячі за тону - маємо різницю у 121 тисячу гривень у місяць, або 1,45 мільйони грн у рік. І тільки на цих двох видах вантажу маємо 11 мільйонів грн на рік. Ще одна дуже важлива



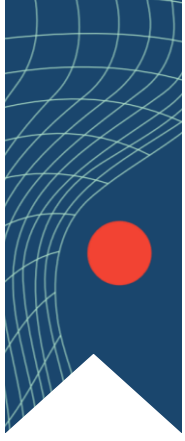
сторона точного зважування – це використання практично усіх видів вантажу безпосередньо у виробництві, де не завжди є можливість переважувати їх ще раз. Тому зменшення похибки безпосередньо має вплив на контрольованість та прогнозованість технологічного процесу у конверторному виробництві, що безпосередньо впливає на якість продукції.

Дві третини вагонів, які пройшли зважування на цих вагах – це тара вагону. Зменшення похибки з ± 200 кг до ± 100 кг, маємо різницю у 212 тон тільки за місяць. Ці вагони можуть бути завантажені як відходами виробництва (які теж мають ціну) так і вже готовою продукцією або дорого вартісною сировиною, що призводить до фінансових втрат підприємства.

Ще одним з видів зважування на цих вагах, це так зване “Попереднє зважування”. Ваги знаходяться на невеликій відстані від обжигово вапняного цеху і вагони з сировиною зважуються для встановлення ваги та для її зменшення у разі потреби але після цих дій відправляються на інші ваги для остаточного зважування та отримання необхідних документів для відправки вагону замовнику. На даний час на вагах № 13 неможливо виконати остаточне зважування вагонів на відправку так як ваги не можуть видати форму відповідності яка необхідна для цього. Форма відповідності містить дані про точну вагу вантажу та його розподіл по вагону, що на даний момент не можливо зробити при використанні застарілої системи зважування. Модернізація системи дозволить ваги використовувати як комерційні (для зважування вхідних та вихідних вантажів) та зменшити час на переміщення вагонів між цехами та різними вагами, що знизить час та ресурс використання локомотивів.

Попередні розрахунки, проведені з урахуванням вартості обладнання, будівельних робіт, програмного забезпечення, проектних робіт оцінювався у таку суму - 13,6 млн грн (станом на 2023 рік). Вартість обладнання – 3 млн грн, 0,8 млн грн – проектні роботи, 3,3 млн грн – будівельні роботи (ваги), 6,5 млн грн – будівельні роботи (залізничні колії), усі суми без урахування ПДВ.

Якщо взяти до уваги вартість будівництва повністю нових ваг (без урахування залізничних колій), то ця сума може компетисуватися менше ніж рік тільки завдяки зменшенню похибки при зважуванні сировини для роботи конверторного 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 потрібно було вирішити всі нагальні проблеми в механічній та електронній частині об'єкта, зробити процес зважування вже на іншому – більш технологічному та розвиненому рівні за допомогою новітніх технологій, зменшити до мінімуму вплив людського фактору на процес зважування та формування документів. Зменшення похибки при зважуванні надасть значний економічний ефект. Також цілю проекту було допомога у обслугованні та користуванні вагами. Був зроблений вибір необхідних компонентів та обладнання, розроблений алгоритм роботи програмного забезпечення контролера та АСУТП верхнього рівня. В результаті зробленої роботи ми маємо проект кардинально іншої системи зважування який задовольняє усі вимоги та має запас для розширення функціоналу та подальшого розвитку.

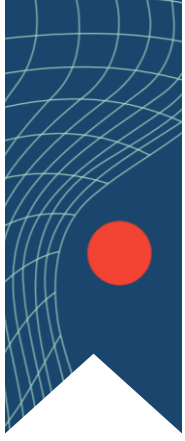


ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Hastema : веб-сайт. URL: <https://www.hastema.com> (дата звернення: 27.10.2024).
2. Weighwell : веб-сайт. URL: <https://www.weighwell.com> (дата звернення: 27.10.2024).
3. RiceLake : веб-сайт. URL: <https://www.ricelake.com> (дата звернення: 27.10.2024).
4. Колисниченко І. Ю. Дослідження динамічних сигналів одно платформних залізничних ваг. *Збірник наукових праць Національного гірничого університету*. 2022. № 68. С. 174–183. DOI: <https://doi.org/10.33271/crpnmu/68.174>.
5. Колисниченко І. Ю., Ткачов В. В. Ідентифікація об'єктів на основі даних тензометричних систем з використанням методів машинного навчання. *Збірник наукових праць Національного гірничого університету*. 2023. № 72. С. 161–171. DOI: <https://doi.org/10.33271/crpnmu/72.161>.
6. Волков О. Є., Бубліков А. В. Створення моделі імітації процесу зважування залізничного вагону в динаміці. *Тиждень студентської науки – 2023* : матеріали 78-ої студентської науково-технічної конференції (Дніпро, 24-28 квітня 2023 року). Дніпро, 2023. С. 407. URL: <https://ir.nmu.org.ua/bitstream/handle/123456789/163727>.
7. Азаров О. Д., Богомолов С. В., Васильковський М. В. Мікропроцесорна система зважування рухомих вантажів. *Матеріали ІІІІ науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ* (Вінниця, 20-22 березня 2024 р.). Вінниця, 2024. URL: <https://ir.lib.vntu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/42001/20102.pdf?sequence=3&isAllowed=y>.
8. Development of a Novel Railway Positioning System Using RFID Technology / O. Olaby et al. *Sensors*. 2022. Vol. 22, no. 6. P. 2401. DOI: <https://doi.org/10.3390/s22062401>.
9. Development and Validation of a Weigh-in-Motion Methodology for Railway Tracks / B. Pintão et al. *Sensors*. 2022. Vol. 22, no. 5. P. 1976. DOI: <https://doi.org/10.3390/s22051976>.
10. D. Jančar et al (2022). Use of Numerical Methods for the Design of Thermal Protection of an RFID-Based Contactless Identification System of Ladles / *Metals*. Vol. 12, no. 7. P. 1163. <https://doi.org/10.3390/met12071163>
11. Метод фокальних об'єктів : Вікіпедія : веб-сайт. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Метод_фокальних_об%27єктів (дата звернення: 27.10.2024).
12. Метод контрольних запитань : StudFiles : веб-сайт. URL: <https://studfile.net/preview/5082685/page:15/> (дата звернення: 27.10.2024).
13. Siemens : веб-сайт. URL: <https://www.siemens.com/ua/uk.html> (дата звернення: 27.10.2024).



14. Стандарт АСУТП. Метінвест Діджитал, 2020. 50 с.
15. Pokrovskaya, O., Fedorenko, R., & Kizyan, N. (2020). Cargo transportation and commodity flows management. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 918, 012050. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/918/1/012050>
16. Vendittozzi, C., Ciro, E., Felli, F., Lupi, C., Marra, F., Pulci, G., & Astri, A. (2020). Static and dynamic weighing of rolling stocks by mean of a customized fbg-sensorized-patch. International Journal of Safety and Security Engineering, 10(1), 83–88. <https://doi.org/10.18280/ijssse.100111>
17. Pimentel, R., Ribeiro, D., Matos, L., Moseh, A., & Calçada, R. (2021). Bridge Weigh-in-Motion system for the identification of train loads using fiber-optic technology. Structures, 30, 1056–1070. <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2021.01.070>
18. Жуковицький В.І. Основи теорії та принципи побудови автоматичних ваговимірювальних комплексів у гірничорудній промисловості: монографія / В.І. Жуковицький, Нац. горн. ун-т. - Д.: НГУ, 2014. - 243 с.



ДОДАТОК А ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

Передатестаційна практика проходила на базі одного з металургійних комбінатів України, цех метрології та ваговимірювання, дільниця вагового устаткування основних цехів і присвячена темі кваліфікаційної роботи «Модернізація системи управління вагонними вагами для зважування вапна, шламу та вугілля в умовах конвертерного цеху металургійного комбінату».

Підчас проходження практики була надана можливість більш ретельно дослідити та проаналізувати роботу не тільки об'єкту модернізації – залізничні ваги № 13, а й найсучаснішої системи зважування на комбінаті – електровагон – ваги EBB30.

Метою проходження практики, що висвітлює даний звіт, це розширення знань та практичних прикладів у такому напрямі автоматизації як ваговимірювання. Результатом практики також повинна стати модель системи зважування, яка б стала наступним рівнем модернізації системи, розробленої підчас роботи над курсовим проектом.

А.1 Загальна інформація про підприємство

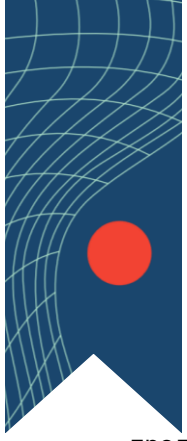
«Металургійний комбінат спеціалізується на виробництві безперервнолитої заготовки, фасонного і сортового прокату, в тому числі арматури, катанки, шарів та профілів, шпунтових паль типу Ларсен. Єдиний у світі виробник катаної осьової заготовки, що реалізовується в основному на американському ринку і сертифікованої Американською асоціацією залізниць. Виробляє щорічно 5600 тис. тонн агломерату, 4350 тис. тонн чавуну, 3850 тис. тонн сталі, 3829 тис. тонн готового прокату.

Металургійний комбінат складається з таких основних цехів як аглофабрика, доменний цех, конверторний цех, вапняно-випалювальний цех, прокатний стан 400/200, вісьопрокатний цех, шаропрокатний, коксохімічний цех, ТЕЦ. Для обслуговування основних цехів має багато допоміжних, як наприклад енергоремонтний, залізничний, автотранспортний, метрології та ваговимірювання.

Аглофабрика забезпечує підготовку руд та концентратів до спікання та обробку готового спіку, виготовляє для доменного цеху агломерат та підготовлює шихту. Залізничними вагонами продукція доставляється у доменний цех на бункерну естакаду.

Коксохімічний цех переробляє у коксових батареях коксівне вугілля та забезпечує підприємство коксом доменним, горішком коксовим, коксовим газом, бензолом та продуктами переробки смоли.

Доменний цех має три доменні печі (1м,9,12), зараз працюють дві (1м,9) які виплавляють чавун. Також до складу цеху відносяться дільниця ПВП – комплекс для виготовлення вугільного пилу для вдування у доменні печі задля економії коксу та газу, також вугільний пил йде у вапняно-випалювальний цех як паливо для пальника. Дільниця розливки чавуну розливає чавун у формі невеликих пірамідок, практично увесь об'єм цієї



продукції іде на експорт. Важливу роль відіграють дільниці газової очистки, підготовки води та аспірації. Побічними продуктами доменного цеху є доменний газ, шлак та колошниковий пил. Доменний газ використовується як паливо для ТЕЦ та прокатних станів. Шлак після дільниці шлакопереробки відправляється на цементний завод та на експорт.

З доменного цеху чавун у спеціальних чавуновозах потрапляє у міксерне відділення конверторного цеху. В структурі цеху є шихтове відділення, конверторне відділення – два конвертори, відділення позапічної обробки сталі – дві печі-ківш, три машини безперервного лиття заготовок. Виготовлена заготовка йде вже як кінцевий продукт на відправку, або як сировина для прокатних станів.

Прокатний стан 400/200 використовує заготовку з МБЛЗ для виготовлення катанки та арматури різного діаметру, кутиків, швелерів та прокату гарячекатаного.

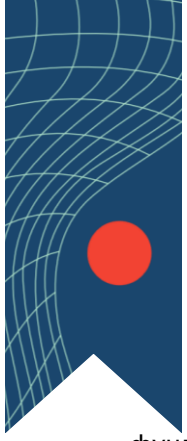
Вісьопрокатний та шаропрокатний цех виготовляють з заготовки з МБЛЗ обробленої на трубозаготівельній дільниці осі чорнові і напівоброблені та помольні шари відповідно.

A.2 Цех Метрології та Ваговимірювання

Цех Метрології та Ваговимірювання підпорядковується зам директору з якості продукції, розділений на лабораторію метрології, агло-доменну дільницю та дільницю вагового устаткування головних цехів. Лабораторія метрології займається обліком, перевіркою та ремонтом контрольно вимірювальних приладів та автоматики. Встановлює графіки перевірки обладнання лабораторією та державними установами. Агло-доменна дільниця займається обслуговуванням та ремонтами вагового устаткування аглофабрики – конвеєрні ваги та дозатори, доменного цеху - воронкові ваги та вагон-ваги. Дільниця вагового устаткування головних цехів займається обслуговуванням та ремонтом ваг в інших цехах – автомобільні, залізничні, кранові, платформні та спеціальні ваги. Основними об'єктами обслуговування є троє автомобільних ваг та сімнадцять залізничних ваг.

A.3 Залізничні ваги

Залізничні ваги призначені для зважування залізничного рухомого складу – різного виду вагонів, платформ, ковшів, совків, тощо. За принципом дії вони можуть бути механічні, електромеханічні та електронні, перші два види зараз не виробляються та майже не використовуються. За типом зважування ваги поділяються на статичні - зважування вагонів здійснюється з зупинкою, з розчіпуванням або без, статично-динамічні - зважування вагонів здійснюється як з зупинкою так і в русі, динамічні - зважування вагонів здійснюється тільки в русі. По типу конструкції ваги можуть бути фундаментні (залізобетонний фундамент або котлован), на збірному залізобетоні та нове покоління – без



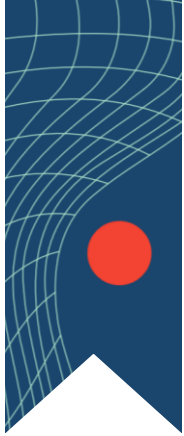
фундаментні. По типу електроніки поділяються на ваги з аналоговою або цифровою тензометричною системою. Можуть мати від однієї до трьох платформ, в залежності від способу зважування, різновидів типів та вантажопідйомності зважуваних вагонів.

Залізничні ваги № 13 знаходяться на території копрової ділянки конверторного цеху

Електронна частина ваг представляє собою блок аналогово-цифрового перетворювача Ф4233/2 та пульта керування Ф4233/1 які призначені для перетворення зміни розбалансу тензорезисторних мостових датчиків на цифровий код в умовах закритих та опалювальних приміщень.

Перетворювач працює у двох режимах – автоматичному (керування по сигналам від дорожніх датчиків – датчиків положення) та ручному (керування від кнопок пульта керування або дублюючого табло). Дана модифікація прибору призначена для повізкового зважування залізничних вагонів у русі та працює у ручному режимі. Пульт керування Ф4233/1 використовується для керування роботою аналогово – цифрового перетворювача. Має такі кнопки як: живлення, перемикання режиму роботи, скидання – загальне, вимірювання, результату, номеру, встановлення нуля, вимірювання, індикації - рсі, тари, результату. Також є індикація результатів зважування та номеру зважування, режиму роботи, балансу ваг та напрямку руху, встановлення нуля, процесу зважування, аварії або похибки. Блок перетворювача має у вільному доступі контрольні точки для перевірки основних параметрів блоку, грубе та точне встановлення значення нуля. Якщо відкрити передню панель можна дістати окремих плат блоку та додаткових регулювань як масштаб, підсилення та інші. Функціонально блок перетворювача можна розділити на блок живлення, блок керування, блок арифметичного пристрою, блок аналогово-цифрового перетворювача, блок виводу інформації. На задній частині корпусу блока є роз'єми для з'єднанні між собою блоків, підключення тензометричного датчику, датчиків напрямку руху. Блок також має вихід для передачі інформації на комп'ютер та принтер. Для зручності зважування у вагара є пульт, який дублює кнопки «Зважування» та «Встановлення нуля».

Процес зважування має певну послідовність дій. Перед кожним зважуванням нової партії вагонів вагар робить «Встановлення нуля», після цього подається команда упоряднику вагонів, яка дозволяє рух потяга по вагам. Коли перший візок вагону знаходиться на робочій платформі (не допускається знаходження на платформі колес візка потягу чи іншого вагону), вагар нажимає на додатковому пульті кнопку «зважування». На цифровому табло пульта з'являється значення ваги першого візка. Коли другий візок вагону знаходиться на робочій платформі вагар знову нажимає кнопку «зважування», прилад сумує значення ваги першого та другого візка, на табло висвічується повна вага вагону. Дані повної ваги вагону передаються у комп'ютер. При зважуванні наступного



вагону послідовність дій повторюється, на табло висвічується повна маса другого вагону, номер зважування міняється з «001» на «002».

Програма зважування, яка встановлена на робочому комп'ютері вагара працює в системі DOS, рисунок – А.1. У ній у стовпчик відображаються вага усіх зважених вагонів після процесу зважування. Дані зважування можна зберегти, відредагувати або роздрукувати на принтері. Номери вагонів та їх вагу вагар заносить у спеціальний журнал. Для передачі інформації про процес зважування використовується другий комп'ютер, який підключений до корпоративної мережі комбінату та має відповідне програмне забезпечення. Вагар вручну заносить дані ваги та номеру вагону, цех відправника та одержувача, рід вантажу та час зважування.

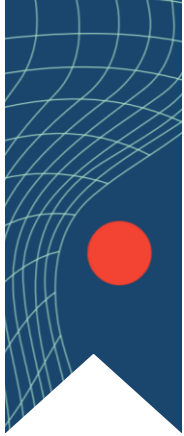
F1 Новая перевеска	F2 Сохранить	F3 Печать документа	F4 Установка Дата\Время
25.12.2024/06:23:33			
1 – 89,78			
2 – 90,02			
3 – 88,56			
4 – 87,97			
5 – 90,23			
6 – 90,31			
7 – 88,58			
8 – 20,04			
9 – 20,46			
10 – 21,03			
11 – 19,88			
12 – 20,55			

Рисунок А.1 – Вікно програми

Залізничні ваги є об'єктом підвищеної небезпеки. Усі роботи з обслуговування та ремонту проводяться тільки після узгодження з диспетчером станції з записом у журналі. На під'їзних коліях встановлюються попереджаючі знаки. При ремонтних роботах у котловані, бригада повинна бути не менша трьох осіб. Працювати треба у спеціальних жилетках з світло відбиваючими смужками. Закінчення роботи також відмічається у журналі на станції.

А.4 Розгляд інших систем зважування на комбінаті.

Для більшого розуміння напрямків та шляхів модернізації залізничних ваг №13 була зроблена робота з розгляду та вивчення інших систем зважування.



Перша розглянута система - це найсучасніша на комбінаті система зважування у вигляді електровагон – ваг ЕВВ30. Вона побудована на основі обладнання фірми Siemens, процесор 1200 серії, ваговий та комутаційний модуль Siwagex, модуль зчитування RFID міток з антенами, панель оператора. Тензометричні датчики фірми Hbm. Зовнішній вигляд вагон – ваг на рисунку – А.2.

Друга система зважування – залізничні ваги коксохімічного цеху. Ця система зважування цікава додатковими датчиками для поліпшення роботи ваг у процесі зважування вагонів у русі.

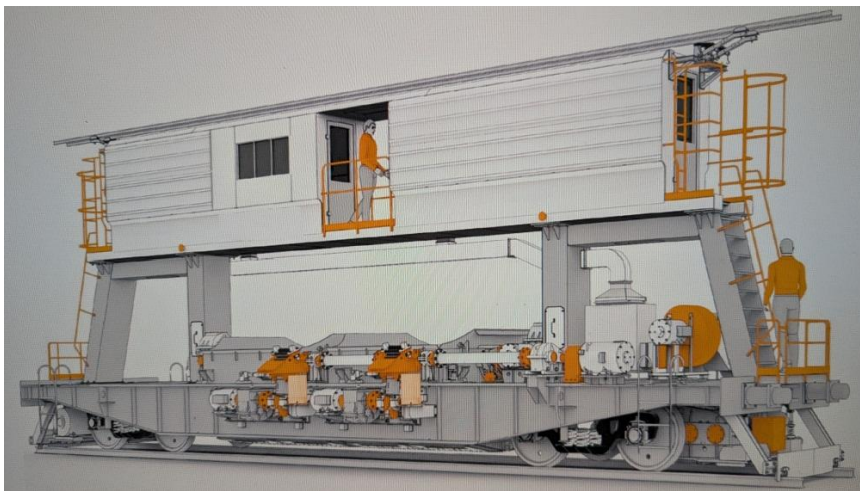


Рисунок А.2 – Вагон - ваги

Під час проходження практики, яка пройшла в цеху метрології та ваговимірювання на дільниці вагового устаткування основних цехів, було проведено ретельний аналіз складових частин системи зважування, алгоритмів роботи обладнання, процесу обслуговування, проблемних моментів та недоліків залізничних ваг № 13.

Після розгляду усіх аспектів роботи об'єкта дослідження можна зробити висновок, що наявну систему зважування треба кардинально модернізувати. При цьому враховуючи довід аналізу поточної системи, більш сучасні системи, які працюють на комбінаті та сучасні тенденції у світі систем зважування.

Після проходження практики сформувалась модель модернізації системи зважування залізничних ваг. Данні отримані під час її проходження будуть корисні при виконанні кваліфікаційної роботи.