

Вінницький національний технічний університет  
Факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії  
Кафедра обчислювальної техніки

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
на тему:  
**МІКРОПРОЦЕСОРНА СИСТЕМА ЗВАЖУВАННЯ РУХОМИХ**  
**ВАНТАЖІВ**

Виконав студент 2 курсу, групи  
2КІ-22м  
спеціальності 123 — Комп'ютерна  
інженерія

Васильковський М.В. 

Керівник к.т.н., доц. каф. ОТ


 Богомолів С.В.

"08" 12 2023р.

Опонент д.ф. (PhD), доц. каф. МБІС

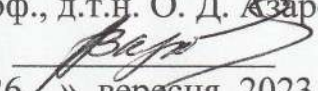
 Салієва О.В.

"11" 12 2023р.

Допущено до захисту  
Завідувач кафедри ОТ  
д.т.н., проф. Азаров О.Д. 

"14" 12 2023 р.

Вінницький національний технічний університет  
Факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії  
Кафедра обчислювальної техніки  
Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр  
Спеціальність 123 Комп'ютерна інженерія

Затверджую  
Завідувач кафедри  
обчислювальної техніки  
проф., д.т.н. О. Д. Азаров  
  
«\_26\_» вересня 2023 р.

**З А В Д А Н Н Я**  
**НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**  
**Васильковському Михайлу Васильовичу**

1 Тема роботи «Мікропроцесорна система зважування рухомих вантажів», керівник роботи Богомолів Сергій Віталійович, к.т.н., доцент, затверджені наказом вищого навчального закладу від 18.09.223 року № 247.

2 Строк подання студентом роботи 9.12.2023 р.

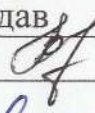

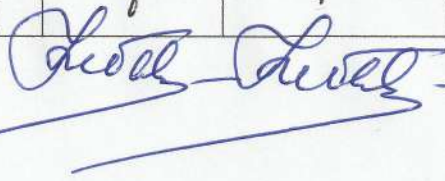

3 Вихідні дані до роботи: мікроконтролер ATmega8535, інтегроване середовище розробки програмного забезпечення для AVR мікроконтролерів Code Vision AVR, програмний продукт Visual Micro Lab,

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): вступ, огляд методів та засобів зважування рухомих вантажів, вибір мікропроцесорної платформи, проектування апаратного та програмного забезпечення системи, експериментальні дослідження, висновки.

5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): схема функціональна, програма прошивки для мікроконтролера CodeVisioAVR, лістинг аналізу у програмі VMLAB.

6 Консультантів розділів роботи представлено в табл. 1.











Таблиця 1 — Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1,2, 3,4	Богомолів С.В., к.т.н., доц. каф. ОТ		
5	Небава М.І., к.е.н., проф. каф. ЕП ВМ		

7 Дата видачі завдання 19.09.2023 р.

8 Календарний план наведено в табл. 2.

Таблиця 2 — Календарний план

з/п	Назва етапів виконання магістерської роботи	Строк виконання етапів роботи	
	Постановка мети та задач роботи	10.10.23	
	Огляд та аналіз методів та засобів зважування рухомих вантажів	17.10-25.10.23	
	Вибір моделі мікроконтролера	26.10-04.11.23	
	Проектування апаратного забезпечення системи	05.11-12.11.23	
	Вибір периферійних пристроїв	13.11-.22.1123	
	Розробка електричної принципової схеми	23.11-26.11.23	
	Проектування програмного забезпечення системи	27.11-31.11.23	
	Експериментальні дослідження	01.12-04.12.23	
	Розрахунок економічної частини роботи	01.12-04.12.23	
	Оформлення МКР	05.12.23	
	Аналіз виконання роботи, висновки, додатки		
	Перевірка якості виконання МКР		

Студент



Васильковський М.В.

Керівник роботи



Богомолів С.В.

## АНОТАЦІЯ

УДК 004.9

Васильковський М.В. Мікропроцесорна система зважування рухомих вантажів. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 123 — комп'ютерна інженерія, освітня програма — комп'ютерна інженерія. Вінниця: ВНТУ, 2023, 113 с.

На укр.мові. Бібліогр.: 25 назв, рис 55, табл.19.

Дана магістерська кваліфікаційна робота присвячена розробці мікропроцесорної системи зважування рухомих вантажів.

Робота зосереджена на розробці мікропроцесорної системи для вазування залізничного транспорту в русі. Зважування використовується практично на всіх підприємствах, що відвантажують свою або отримують продукцію від постачальників, що потрібна для виробничого циклу. Здійснення зважування вагонів у русі — завдання вагонних ваг, яке по-різному вирішується фірмами-виробниками. Йтиметься про електронні або електронно-механічні ваги, які мають у своєму складі, крім зважувальних пристроїв, наявність або інтелектуального вагового контролера або вагового процесора на базі персонального комп'ютера, на якому працює програмне забезпечення, що виконує остаточну обробку сигналів, що надходять від датчиків ваг для обчислення маси вагонів.

Ключові слова: мікропроцесорна система, зважування, контролер, програмне забезпечення, транспорт.

## ANNOTATION

Vasylykovsky M.V. Microprocessor system for weighing moving loads. Master's qualification route in the specialty 123 — computer engineering, educational program computer engineering. Vinnitsa, VTNU, 2023, 113 p.

In the Ukr. leng. Libr. name 25, figure 55, table 19

This master's thesis is devoted to the development of a microprocessor system for weighing moving loads.

The work is focused on the development of a microprocessor system for weighing railway transport in motion. Weighing is used in almost all enterprises that ship their own or receive products from suppliers that are required for the production cycle. Weighing wagons in motion is a task of wagon scales that is solved in different ways by manufacturing companies. It will be about electronic or electronic-mechanical scales, which, in addition to weighing devices, include either an intelligent weight controller or a weight processor based on a personal computer, which runs software that performs the final processing of signals coming from sensors scales for calculating the mass of wagons.

Key words: microprocessor system, weighing, controller, software, transport.

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	8
<b>1 ОГЛЯД МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ ЗВАЖУВАННЯ РУХОМИХ</b>	
<b>ВАНТАЖІВ</b> .....	11
1.2 Поняття та класифікація засобів вимірювання.....	11
1.3 Класифікація автоматизованих систем зважування.....	15
1.3 Формування вимог до системи.....	17
1.4 Основні функції системи.....	18
1.5 Основні модулі.....	19
<b>2 ВИБІР МІКРОПРОЦЕСОРНОЇ ПЛАТФОРМИ</b> .....	21
2.1 Вибір моделі мікроконтролера.....	21
2.2 Опис структури мікроконтролера .....	24
2.3 Опис виводів мікроконтролера.....	28
2.4 Схема живлення мікроконтролера.....	29
<b>3 ПРОЕКТУВАННЯ АПАРАТНОГО ТА ПРОГРАМНОГО</b>	
<b>ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ</b> .....	35
3.1 Структурна схема.....	37
3.2 Периферійні пристрої.....	37
3.2.1 Первинний перетворювач.....	37
3.2.2 Датчики швидкості.....	39
3.2.3 Нормуючий перетворювач.....	41
3.2.4 Підсилювач.....	42
3.2.5 Додаткові АЦП.....	43
3.2.6 Вибір додаткових перетворювачів напруги.....	46
3.2.7 Семісегментний індикатор.....	47
3.3 Розробка функціональної та електричної принципової схем.....	51
3.4 Інтегруючі середовища розробки прикладних програм.....	54

					<i>08-54.МКР.025.00.000 ПЗ</i>				
<i>Змн.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>					
<i>Розробив</i>		<i>Васильковський М.В.</i>			Мікропроцесорна система зважування рухомих вантажів <i>Пояснювальна записка</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>	
<i>Керівник</i>		<i>Богомолів С.В.</i>				6	111		
<i>Опонент</i>		<i>Салієва О.В.</i>							
<i>Н. Контроль</i>		<i>Швець С. І.</i>				<i>ВНТУ, гр. 2КІ-22м</i>			
<i>Затверджую</i>		<i>Азаров О. Д.</i>							

3.5 Лістинг програми мікроконтролера.....	57
<b>4 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ.....</b>	<b>60</b>
4.1 Симуляція роботи мікроконтролера.....	60
4.2 Опис установки та методики експериментального дослідження.....	61
4.3 Проведення експерименту .....	64
4.4 Аналіз результатів цифрової фільтрації.....	69
<b>5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....</b>	<b>81</b>
5.1 Комерційний та технологічний аудит науково-технічної розробки.....	81
5.2 Прогнозування витрат на виконання науково-дослідної роботи.....	85
5.3 Розрахунок економічної ефективності.....	90
<b>ВИСНОВКИ.....</b>	<b>97</b>
<b>ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....</b>	<b>98</b>
<b>ДОДАТОК А Технічне завдання.....</b>	<b>101</b>
<b>ДОДАТОК Б Схема функціональна.....</b>	<b>105</b>
<b>ДОДАТОК В Програма прошивки для мікроконтролера CodeVisioAVR.....</b>	<b>106</b>
<b>ДОДАТОК Г Лістинг аналізу у програмі VMLAB.....</b>	<b>112</b>
<b>ДОДАТОК Е Протокол перевірки кваліфікаційної роботи на наявність текстових запозичень.....</b>	<b>113</b>

					08-54.МКР.025.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

## ВСТУП

В умовах зберігання та переробки мільярдів тонн вантажів першорядне значення має автоматизація зважування вантажів, тобто процесів обліку та контролю за вантажообігом.

Зважування залізничного транспорту в русі використовується практично на всіх підприємствах, що відвантажують свою або отримують продукцію, що потрібна для виробничого циклу. Здійснення зважування вагонів у русі — завдання вагонних ваг, яка по-різному вирішується фірмами-виробниками. Йтиметься про електронні або електронно-механічні ваги, які мають у своєму складі, крім зважувальних пристроїв, наявність або інтелектуального вагового контролера або вагового процесора на базі персонального комп'ютера, на якому працює програмне забезпечення, що виконує остаточну обробку сигналів, що надходять від датчиків ваг, та обчислення маси вагонів.

Основна відмінність динамічного способу зважування від статичного полягає в тому, що при динамічному зважуванні вагон здійснює рух по терезах під час зважування, а при статичному зважуванні вагон знаходиться ваги нерухомо. Однак є ще одна відмінність зважування в русі від зважування в статиці, яке, як правило, залишається в тіні при проектуванні ваг. Йдеться про ідентифікацію рухомого складу, тобто про визначення числа та положення осей вагона та виявлення локомотива у складі. Без ідентифікації рухомого складу неможливо отримати повністю автоматичний цикл динамічного зважування, який передбачає «прив'язку» зважених осей до певного вагону для правильного розрахунку маси вагона, визначення напрямку руху, швидкості та прискорення вагона чи локомотива для перевірки дотримання швидкісного режиму зважування, відстеження виникнення тривалих зупинок на терезах, виявлення зміни напрямку руху.

Зазвичай процедура динамічного зважування на електронних та електронно-механічних терезах побудована таким чином, що перед початком зважування задіюється спеціальний програмний діалог для вибору напрямку



руху вагонів, положення та типу локомотива, числа осей вагонів тощо. Всі зазначені параметри повинен задати оператор ваг, тому ймовірні помилки, що призводять не тільки до явних збоїв при зважуванні, але і до дефектів розрахунку маси вагонів, що не діагностуються в ході зважування. Коли, незважаючи на відсутність повідомлень від помилок зважування, маси вагонів є не правильними внаслідок наприклад, неправильної прив'язки осей до вагонів, неправильного виявлення та обчислення локомотивів.

Якщо ж програма вагонних ваг має (нехай і після завдання початкових умов) здатність ідентифікації рухомого складу, алгоритми ідентифікації, що використовують тимчасові характеристики руху вагона, які, як відомо, залежать від швидкості та прискорення його руху, а отже, є не надійними і можуть вимагати завдання оператором передбачуваного швидкісного діапазону руху вагонів адаптації початкових параметрів алгоритму.

**Актуальність** обраної теми зумовлена тим, що на даний момент активно розробляються і застосовуються різні методи зважування рухомих вантажів, але вони не завжди є достовірними. А тому виникає потреба в покращенні таких систем.

**Метою** є вдосконалення системи зважування рухомих вантажів та розширення її функціональних можливостей для розрахунку маси вагона, визначення напрямку руху, швидкості та прискорення вагона чи локомотива для перевірки дотримання швидкісного режиму зважування, відстеження виникнення тривалих зупинок на терезах, виявлення зміни напрямку руху.

Для досягнення мети пропонується вирішити такі завдання:

- здійснити огляд методів та засобів зважування рухомих вантажів;
- здійснити вибір мікропроцесора;
- здійснити вибір периферійних пристроїв;
- розробити структурну, функціональну та електричну принципову схеми;
- розробити програмне забезпечення;
- виконати відлагодження та моделювання системи.

**Об'єктом** дослідження є процеси, що протікають у системах зважування рухомих вантажів.

**Предметом** дослідження є методи та засоби зважування рухомих вантажів.

**Практична цінність** полягає у можливості зменшення похибок вимірювання при динамічному зважуванні та можливості фільтрації динамічних завад.

**Наукова новизна** полягає у вдосконаленні системи зважування рухомих вантажів, що дозволяє забезпечити точне вимірювання при різнотипних динамічних завадах.

**Апробацію** результатів наукової роботи було проведено на науковій конференції «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН–2024)», доповідь на тему «Мікропроцесорна система зважування рухомих вантажів».

# 1 ОГЛЯД МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ ЗВАЖУВАННЯ РУХОМИХ ВАНТАЖІВ

## 1.1 Поняття та класифікація засобів вимірювання

Вимірювання виконуються за допомогою технічних засобів, які називаються засобами вимірювання. У метрології засоби вимірювання розглядаються з погляду їх єдиної класифікації та виявлення параметрів, які забезпечують отримання результату вимірів із заданою точністю. Тут же розглядаються методи та засоби передачі розмірів одиниць від еталонів до робочих засобів вимірів.

Засоби вимірювання — це технічні засоби, які застосовуються для проведення експериментальної частини вимірів і мають нормовані метрологічні властивості [1-4].

До засобів вимірювань відносяться міри, вимірювальні прилади, вимірювальні перетворювачі, а також вимірювальні установки, що складаються з них, і вимірювальні системи. Засоби вимірювань є носіями одиниць, у яких хочуть відобразити величини, що вимірюються.

У зв'язку з великою кількістю видів вимірюваних величин принципи дії засобів вимірів дуже різноманітні. Існують засоби вимірювань, в основі дії яких лежать механічні, електричні, електронні, магнітні, оптичні, термічні, хімічні та інші явища та їх поєднання.

Багато видів засобів вимірів поділяються на класи точності. Для прискорення проведення вимірювань та вивільнення людської праці все ширше застосовуються напівавтоматичні та автоматичні засоби вимірювань. Крім суто вимірювальних цілей, засоби вимірювань широко використовуються також у пристроях контролю, сигналізації, регулювання, управління виробничими процесами, а також для збирання різноманітних інформації, що підлягає подальшому обробці за допомогою обчислювальних машин.

Засіб вимірювань — технічний засіб, призначений для вимірювань, що має нормовані метрологічні характеристики, що відтворює або зберігає

одиницю фізичної величини, розмір якої приймають незмінною протягом певного періоду часу [1].

Наведене визначення виражає суть засобу вимірів, яке, по-перше, зберігає чи відтворює одиницю, по-друге, ця одиниця незмінна. Ці найважливіші чинники зумовлюють можливість проведення вимірювань, тобто роблять технічний засіб саме засобом вимірів. Цим засоби вимірювання відрізняються від інших технічних пристроїв.

Міра фізичної величини — засіб вимірювань, призначений для відтворення та (або) зберігання фізичної величини одного або кількох заданих розмірів, значення яких виражені у встановлених одиницях та відомі з необхідною точністю. Приклади заходів: гирі, вимірювальні резистори, кінцеві заходи довжини, радіонуклідні джерела та ін.

Заходи, що відтворюють фізичні величини лише одного розміру, називаються однозначними (гиря), кількох розмірів — багатозначні (міліметрова лінійка — дозволяє виражати довжину як мм, так і см). Крім того, існують набори та магазини заходів, наприклад магазин ємностей або індуктивностей.

При вимірюваннях з використанням заходів порівнюють вимірювані величини з відомими величинами, що відтворюються. Порівняння здійснюється різними шляхами, найпоширенішим засобом порівняння є компаратор, призначений для звіряння однорідних мір величин. Прикладом компаратора є ваги важеля.

До заходів відносяться стандартні зразки та зразкова речовина, які являють собою спеціально оформлені тіла або проби речовини певного та строго регламентованого змісту, однією з властивостей яких є величина з відомим значенням. Наприклад, зразки твердості, шорсткості.

Вимірювальний перетворювач (ВП) — технічний засіб з нормативними метрологічними характеристиками, що служить для перетворення вимірюваної величини на іншу величину або вимірювальний сигнал, зручний для обробки, зберігання, індикації або передачі. Вимірювальна інформація на виході ВП

зазвичай недоступна для безпосереднього сприйняття спостерігачем. Хоча ВП є конструктивно відокремленими елементами, вони найчастіше входять як складові в складніші вимірювальні прилади або установки і самостійного значення при проведенні вимірювань не мають [1].

Перетворювана величина, що надходить вимірювальний перетворювач, називається вхідною, а результат перетворення – вихідною величиною. Співвідношення між ними визначається функцією перетворення, яка є його основною метрологічною характеристикою.

Для безпосереднього відтворення вимірюваної величини служать первинні перетворювачі, на які безпосередньо впливає величина, що вимірюється і в яких відбувається трансформація вимірюваної величини для її подальшого перетворення або індикації. Прикладом первинного перетворювача є термопара в ланцюгу термоелектричного термометра. Одним із видів первинного перетворювача є датчик — конструктивно відокремлений первинний перетворювач, від якого надходять вимірювальні сигнали (він «дає» інформацію). Датчик може бути винесений на значну відстань від засобу вимірювання, що приймає його сигнали. Наприклад, датчик метеорологічного зонда. В області вимірювань іонізуючих випромінювань датчик часто називають детектор.

За характером перетворення ВП можуть бути аналоговими, аналого-цифровими (АЦП), цифро-аналоговими (ЦАП), тобто, що перетворюють цифровий сигнал на аналоговий або навпаки. При аналоговій формі подання сигнал може приймати безперервну множину значень, тобто він є безперервною функцією вимірюваної величини. У цифровій (дискретній) формі він представляється у вигляді цифрових груп чи чисел. Прикладами ВП є вимірювальний трансформатор струму..

Вимірювальний прилад — засіб вимірювання, призначений для отримання значень вимірюваної фізичної величини у встановленому діапазоні. Вимірювальний прилад представляє вимірювальну інформацію у формі, доступній для безпосереднього сприйняття спостерігачем [1].

За способом індикації розрізняють реєструючі — реєстрація може здійснюватися у вигляді безперервного запису вимірюваної величини або шляхом друкування показань приладу у цифровій формі. Прилади прямої дії — відображають вимірювану величину, її показують пристрої, що мають градування в одиницях цієї величини. Наприклад, амперметри, термометри.

Прилади порівняння призначені для порівняння вимірюваних величин із величинами, значення яких відомі. Такі прилади використовуються для вимірювання з більшою точністю.

По дії вимірювальні прилади поділяють на інтегруючі та підсумовуючі, аналогові та цифрові, самописні та друкуючі.

Вимірювальна установка та система — сукупність функціонально об'єднаних заходів, вимірювальних приладів та інших пристроїв, призначених для вимірювань однієї або кількох величин, вона розташована в одному місці (установка) або в різних місцях об'єкта вимірювання (система). Вимірювальні системи, як правило, є автоматизованими і по суті вони забезпечують автоматизацію процесів вимірювання, обробки та подання результатів вимірювань. Прикладом вимірювальних систем є автоматизовані системи радіаційного контролю (АСРК) на різних ядерно-фізичних установках, таких, як ядерні реактори або прискорювачі заряджених частинок [5].

За метрологічним призначенням засоби вимірів діляться на робочі та зразки.

Робочий засіб вимірювання — засіб вимірів, призначений для вимірів і пов'язані з передачею розміру одиниці іншим засобам вимірів. Робочий засіб вимірювання може використовуватися і як індикатор. Індикатор — технічний засіб чи речовина, призначений для встановлення наявності будь-якої фізичної величини чи перевищення рівня її порогового значення. Індикатор немає нормованих метрологічних характеристик. Прикладами індикаторів є осцилограф, лакмусовий папір тощо.

Еталон — засіб вимірів, призначений для відтворення та (або) зберігання

одиниці та передачі її розміру іншим засобам вимірів. У тому числі можна назвати робочі зразки різних розрядів, які раніше називалися зразковими засобами вимірів.

Класифікація засобів вимірювань проводиться і за іншими різними ознаками. Наприклад, за видами вимірюваних величин, видом шкали (з рівномірною або нерівномірною шкалою), у зв'язку з об'єктом вимірювання (контактні або безконтактні).

## 1.2 Класифікація автоматизованих систем зважування

На сьогоднішній день практично у всіх сферах, де потрібний ваговимір, йде або вже відбувся повний перехід на автоматизовані системи. Але все одно, наприклад, на прилавках магазинів навіть сьогодні досить часто можна зустріти «старі» ваги важеля з гирками для визначення маси продукту. Хоча на сьогоднішній день розроблено достатню кількість ваг сучасного покоління, які не тільки зважують значно точніше, але й за інформацією, введеною користувачем, розпізнають, який продукт був зважений і видають інформацію про вартість покупки з урахуванням інформації про ціну кілограма цього продукту з бази даних магазину.

Терези використовуються далеко не тільки в гастрономічній сфері. Особливий інтерес становлять промислові ваги.

У легкій та інших галузях промисловості для вимірювання маси застосовують ваги наступних типів [4]:

- загальнопромислові;
- технологічні;
- лабораторні;
- спеціальні.

Серед загальнопромислових ваг, що використовуються обліку продукції і на сировини, поширені товарні, автомобільні, вагонні та інші. Технологічні ваги служать для зважування продукції під час виробництва за технологічно безперервних і періодичних процесах. Лабораторні ваги застосовують

визначення вологості матеріалів і напівфабрикатів, проведення фізико-хімічного аналізу сировини й інших цілей. Розрізняють технічні, зразкові, аналітичні та макроаналітичні ваги. Спеціальні ваги використовують для непрямих вимірювань у ході фізико-механічних вимірювань при визначенні цілісної ваги сипких матеріалів, кількості золота в золотовмісній золі, відсоткового вмісту каоліну в піску, тощо.

Всі засоби вимірювання маси, незалежно від типу, повинні мати основні метрологічні властивості — сталість показань, чутливість і точність.

Далі йтиметься про загальнопромислові ваги. Основна кількість розробок програмного забезпечення у цій сфері спрямована на автоматизацію наступних видів ваг [5]:

— мобільний ваговий пост застосовується на м'ясопереробних підприємствах та комбінатах у процесі відвантаження готової продукції зі складу, призначений для оперативного зважування обраного найменування товару відповідно до замовлення;

— монорейкові ваги рекомендуються для статичного зважування напівтуш, що транспортуються монорейкою;

— кранові ваги призначені для зважування вантажів у статистиці на гаку підйомних пристроїв усередині виробничих приміщень та на вулиці;

— конвеєрні ваги служать для безперервного зважування потоку мінералів, піску та інших сипких матеріалів, що переміщуються стрічковим конвеєром, а також для визначення миттєвої та середньої продуктивності конвеєра та інших параметрів;

— бункерні ваги використовуються для перевішування та дозування сипучих продуктів;

— дозатори дискретної дії (бункерного типу) і безперервної дії (конвеєрного типу) призначені для автоматичного дозування сипучих, дрібнодисперсних, шматкових і пилючих матеріалів, та їх сумарного обліку;

— група платформних ваг для статичного зважування є



найпредставнішою, т.я. практично скрізь при облікових, технологічних та торгових операціях використовуються ваговимірвальні прилади для статичного зважування;

— великовантажні платформні ваги з нестандартними розмірами платформи розроблені для зважування різних типів металопрокату, зокрема: труб, арматури, дроту та заготовок;

— автомобільні ваги використовуються для зважування автомобілів;

— автомобільні великовантажні ваги розраховані на зважування автомобілів великої маси та іншого транспорту з подібними габаритами;

— вагонні (залізничні) ваги розраховані на зважування залізничних вагонів, цистерн, думпкарів, вагонеток та інших видів залізничних транспортних засобів;

— спеціалізовані ваги створені з урахуванням специфічних важких умов металургійної галузі та поєднують у собі переваги платформних, автомобільних та вагонних ваг.

На підставі вище наданої інформації робимо висновок, що найбільш перспективною галуззю для розробки автоматизованої системи зважування вантажів у русі є зважування промислових вагонів та локомотивів, тому розроблятимемо саме таку систему зважування.

### 1.3 Формування вимог до системи

Призначення системи:

— зважувати в динаміці порожні та вантажені вагони, визначати в автоматичному режимі місцезнаходження локомотива та віднімати його масу з результату виконаного зважування;

— автоматично ідентифікувати будь-який рухомий склад у русі, напрямок його руху, прискорення та швидкість;

— виконувати статичне та динамічне зважування вагонів.

Мета створення системи:

- необхідність високої точності вимірювання маси (комерційне зважування);

- зменшення втрати даних;
- швидка ідентифікація сигналів на виході.

Вхідними даними нашої системи є:

- фактичний стан вагона (рухається чи перебуває у статиці);
- фактична вага вагона;
- фактична швидкість вагона.

Вихідними даними є:

- сигнал індикації ваги;
- сигнал індикації швидкості;
- сигнал індикації стану вагона.

Вимоги щодо електроживлення:

- живлення від мережі 220 В;
- невелике споживання енергії;
- робота елементів системи у «сплячому» режимі;
- захист елементів системи від агресивного кліматичного впливу середовища.

Технічні вимоги:

- централізований принцип керування;
- зручність та простота використання;
- використання сучасної елементної бази.

#### 1.4 Основні функції системи

Після увімкнення системи здійснюється вибір режиму роботи вагонних ваг. Після цього маса та швидкість вагона зчитуються, виводиться на індикатор та аналізується. Якщо необхідно, проводиться коригування (прописуються додаткові характеристики, необхідні для зважування вагона, наприклад, кількість осей, об'єм).

Для кожного режиму характерні свої параметри, наведені в таблиці 1.1 [4-6].

Таблиця 1.1 — Параметри режимів вимірювання

Режим	Кількість вагонів (шт)	Оцінка маси (т)	Швидкість вагонів (м/с)	Напрямок руху	Кількість звітів
Міст-V-ВД	5	19.83	3	праворуч	60-80
Міст-V-ВС	5	19.00	0	Відсутнє	30-60
Міст-ВК	5	19.00–19.83	0-3	праворуч	60-120

Для того, щоб розробити структурну схему системи автоматизованого зважування вантажу в русі наведемо короткий опис функцій, які необхідно виконувати системі, що розробляється:

- початковий запуск системи;
- вибір потрібного режиму роботи;
- прийом даних із датчиків та їх обробка за алгоритмом;
- виведення поточних параметрів ваги, швидкості та стану вагона.

### 1.5 Основні модулі

Відповідно до вимог технічного завдання та функцій, які необхідно виконувати системі, що розробляється, слід виділити основні складові модулі обчислювальної системи.

Датчики — це невід'ємна частина системи, і використовується з метою, щоб система реальному часі реагувала на зовнішні зміни відповідно до заздалегідь розробленого алгоритму. На даний момент на ринку представлено безліч різноманітних типів датчиків, деякі з яких — вузькоспеціалізовані.

У разі необхідно 4 точки, так як, можливо, що навантаження на різні точки буде нерівномірним, причому може дуже відрізнятись. Ваги двох платформні — тому, загальна кількість точок контролю (датчиків) вдвічі більше — 8 штук.

Але в ході вибору пристрою управління необхідно враховувати варіант підключення додаткових датчиків для уточнення даних та збільшення

функціональних можливостей.

Пристрій управління — це головна частина системи, необхідна, щоб збирати та обробляти інформацію, яка надходить з датчиків, виробляти керуючі сигнали для виконавчих пристроїв та виводити інформацію на пристрій індикації.

Пульт керування та пристрій індикації даних призначені для режиму зважування, візуального виведення поточної маси вагона та виведення графіків зміни ваги.

Відповідно до визначених вище функцій визначимо загальну структуру роботи системи. Пристрій управління отримує від датчика ваги та швидкості дані та перетворює їх за алгоритмом роботи та видає їх на індикатори з метою відображення необхідних параметрів ваги та швидкості.

При роботі автоматизованої системи зважування вантажів у русі група первинних перетворювачів здійснює перетворення ваги у відповідні рівні напруги. Далі нормуючі перетворювачі формують рівні напруги  $U_{norm}$  для кожного каналу в заданому діапазоні для того, щоб напруга була «зручною» для подальших з ним дій. Цей процес відбувається безперервно і незалежно від решти. У той же час відбувається цифро-аналогове перетворення обраного каналу, при чому використовуються 2 зовнішні АЦП. Після перетворення аналогового сигналу в цифровий АЦП, відбувається його передача по каналу USART. Після відбувається запис отриманого коду, що характеризує часткову вагу, відбувається підсумовування часткової ваги. Ця сума характеризує повну вагу вагона.

## 2 ПРОЕКТУВАННЯ БЛОКУ УПРАВЛІННЯ

### 2.1 Вибір моделі мікроконтролера

Не дивлячись на величезне різноманіття різних технічних рішень, вирішено взяти мікроконтролер із сімейства AVR фірми Microchip (раніше Atmel), оскільки воно має високу швидкодію, хороший показник функціональність/ціна та велика кількість моделей різної функціональності. Дані мікроконтролери також мають широке поширення, зручні середовища розробки та безліч документації різними мовами [7].

Корпорація Microchip добре відома і на світовому, і українському ринку електронних компонентів. Фірма входить у визнані світові лідери у галузі розробки та виробництва складних виробів мікроелектроніки [8]. До них відносяться пристрої енергонезалежної пам'яті високої швидкодії та мінімального питомого енергоспоживання, мікроконтролери загального призначення та мікросхеми програмованої логіки.

Одним з напрямків, що з найбільш активно розвиваються у корпорації — це лінія восьмирозрядних високопродуктивних RISC (Reduced Instruction Set Computers) мікроконтролерів загального призначення, об'єднані загальною маркою AVR [8].

Вони є потужним інструментом у створенні сучасних високопродуктивних та економічних багатоцільових контролерів, включаючи і контролери, що вбудовуються. В даний час співвідношення «ціна — продуктивність — енергоспоживання» для AVR є одним із найкращих на світовому ринку восьмирозрядних мікроконтролерів.

Зараз у виробництві компанія має три сімейства AVR — «tiny», «classic», «mega».

Області застосування AVR різноманітні. Для «tiny» AVR — це інфрачервоні пульти дистанційного керування, побутова техніка, детектори диму та вогню, зарядні пристрої, контролери захисту доступу в мобільних телефонах, материнські плати ПК, ігрові приставки, іграшки, інтелектуальні

автомобільні датчики. Для «classic» AVR — це різні модеми, материнські плати ПК, мобільні телефони нового покоління, зарядні пристрої, супутникові системи навігації, пристрої класу Smart Cards та пристрої читання для них, складна побутова техніка, мережні карти, пульти дистанційного керування та різні промислові системи управління та контролю. Для «mega» AVR — це аналогові (NMT, ETACS, AMPS) та цифрові (GSM, CDMA) мобільні телефони, контролери апаратів факсимільного зв'язку та ксероксів, принтери та ключові контролери для них, контролери сучасних дискових накопичувачів та CD – ROM і так далі [8].

Фахівці нашої країни вже встигли гідно оцінити високу швидкість роботи та потужну систему команд AVR, наявність 2 видів: енергонезалежної пам'яті на одному кристалі і периферію, що активно розвивається. Велику роль грає Atmel Corporation у розвитку та розповсюдженні доступних засобів підтримки розробок. Це дає можливість виробникам та розробникам електронної техніки зберігати повноцінну підтримку для перспективного сімейства мікроконтролерів, закладаючи AVR у нові вироби.

Мікроконтролер сімейства AVR фірми Microchip — це однокристална мікро-ЕОМ із спрощеною (скороченою) системою команд RISC.

Більшість команд, що входять до системи команд, за один такт вибираються з пам'яті і за один такт роботи мікроконтролера виконуються. Під час виконання послідовності даних команд вибірка з пам'яті чергової команди у часі поєднується з виконанням обраної команди (двоступеневий конвеєр). Число команд, які виконуються за одну секунду, збігаються з тактовою частотою роботи мікроконтролера.

Мікроконтролери виготовляють за високоякісною CMOS технологією, вони містять енергонезалежні запам'ятовуючі пристрої зберігання даних та програми, які виконуються за EEPROM та Flash технологіями, і характеризуються низьким енергоспоживанням при високій тактовій частоті. Запис вихідних даних та програми на згадку можна виконувати після встановлення мікроконтролера в апаратурі, де він буде працювати (ISP, In-

System Programmable).

У сімейство AVR входять мікроконтролери 3 серій — AT90 (classic), ATtiny (tiny), ATmega (mega). Кожну серію входять кілька типів мікроконтролерів. Мікроконтролери AT90 за своїми структурними характеристиками (периферійні пристрої, обсяг пам'яті) близькі до мікроконтролерів сімейств MCS-51 фірми Intel та AT89 фірми Atmel. За своїми обчислювальними можливостями вони займають проміжне положення між мікроконтролерами ATtiny та ATmega. Мікроконтролери серії ATtiny мають найменші обчислювальні можливості у сімействі AVR, а мікроконтролери серії ATmega — найбільші.

Мікроконтролери одного типу випускають у кількох варіантах, які різняться по діапазону допустимих значень напруги живлення, максимальному допустимому значенню тактової частоти, типу корпусу та діапазону допустимих значень навколишньої температури.

Microchip випускає апаратні та програмні засоби підтримки розробок на базі мікроконтролерів сімейства AVR. В даний час мікроконтролери серії «classic» сімейства AVR знімаються з виробництва, оскільки в наявності є мікроконтролери серії «tiny», які можна порівняти за обчислювальною потужністю і мають меншу вартість. У зв'язку з цим вибір мікроконтролера виробляється із серій «mega» та «tiny» сімейства AVR.

Порівняльна характеристика мікроконтролерів відображено у таблиці 2.1 [8]. У таблиці 2.1 представлені найбільш характерні та відповідні до виконуваної задачі представники серій «mega» і «tiny». Видно, що серія «tiny» не здатна впоратися з поставленими завданнями, оскільки кількість виводів у цих мікроконтролерів невелика (максимальна кількість виводів у ATtiny2313 — 20), а для виконання роботи потрібна набагато більша кількість.

Потрібно близько 30 виводів, тому очевидно, що вибір мікроконтролера повинен бути здійснений з серії «mega». Виходячи з таблиці 2.1, оптимальним є мікроконтролер ATmega8535, оскільки він має достатній обсяг пам'яті, необхідну кількість виводів, високу швидкодію та гарний набір периферії

(таймери, АЦП, внутрішній R-генератор TWI-інтерфейс) [8].

Таблиця 2.1 — Порівняльна характеристика мікроконтролерів

Найменування	I/O	Пам'ять даних [Байт]	N-канальний АЦП 10-bit	Vcc (В)	Тактова частота, МГц
ATtiny13	6	64	4	1,8 – 5,5; 2,7 – 5,5	0 - 10
ATtiny26	16	128	11	2,7 – 5,5; 4,5 – 5,5	0 - 8
ATtiny28	20	128	-	1,8 – 5,5; 2,7 – 5,5	0 - 1
ATtiny2313	18	128	-	1,8 – 5,5; 2,7 – 5,5	0 - 8
ATtiny85	6	512	4	1,8 – 5,5; 2,7 – 5,5	0 - 8
ATmega8	23	1024	6/8	2,7 – 5,5; 4,0 – 5,5	0 - 8
ATmega88	23	1024	8	1,8 – 5,5	0 - 10
ATmega8515	35	512	-	2,7 – 5,5; 4,5-5,5	0 - 8
ATmega8535	35	512	8	2,7 – 5,5; 4,5 – 5,5	0 - 8

## 2.2 Опис структури мікроконтролера

У цьому мікроконтролері АЛП підключається до 32 робочих регістрів, які об'єднані в регістровий файл. За допомогою цього АЛП протягом одного машинного циклу виконує одну з операцій (читання даних у регістрах,



виконання операції та запис результату назад у регістровий файл).

У мікроконтролерах AVR реалізується Гарвардська архітектура, для якої характерна роздільна пам'ять даних та програм, кожна з яких має свої шини доступу. Подібна організація дає можливість працювати одночасно з пам'яттю програм, і з пам'яттю даних. На відміну від RISC-мікроконтролерів інших фірм, в мікроконтролерах AVR використовується дворівневий конвеєр, і тривалість машинного циклу становить лише один період генератора кварцового.

Схема структури мікроконтролера представлена на рисунку 2.1.

Розмір лічильника команд — 12 розрядів. Безпосередньо (тобто як регістр) із програми лічильник команд недоступний.

При правильному виконанні програми вміст лічильника команд протягом кожного машинного циклу збільшується автоматично на 1 або 2 (залежить від команди, що виконується). Цей порядок може порушуватися, якщо виконуються команди переходу, виклику, повернення з підпрограм та виникають переривання.

При включенні живлення та скиданні мікроконтролера в лічильник програм автоматично завантажується значення \$000. За цією адресою зазвичай розташована команда переходу (RJMP) до ініціалізації програми.

Якщо виникає переривання, в лічильник команд завантажується адреса вектора переривання (\$001 - \$014). Якщо переривання використовується у програмі, за цією адресою має бути розміщена команда відносного переходу до підпрограм обробки переривання. Інакше головна програма може починатися з адреси \$001.

Усі 32 регістра загального призначення безпосередньо доступні АЛУ, що відрізняє їхню відмінність від мікроконтролерів інших фірм. Кожен регістр загального призначення можна використовувати у всіх командах як операнд-джерела, так і як операнд-приймача. Виняток становлять лише п'ять логічних та арифметичних команд, які виконують дії між константою та регістром (SBCI, SUBI, CPI, ANDI, ORI), та команда завантаження константи у регістр

(LDI). Дані команди звертаються лише до другої половини регістрів (R16-R31).

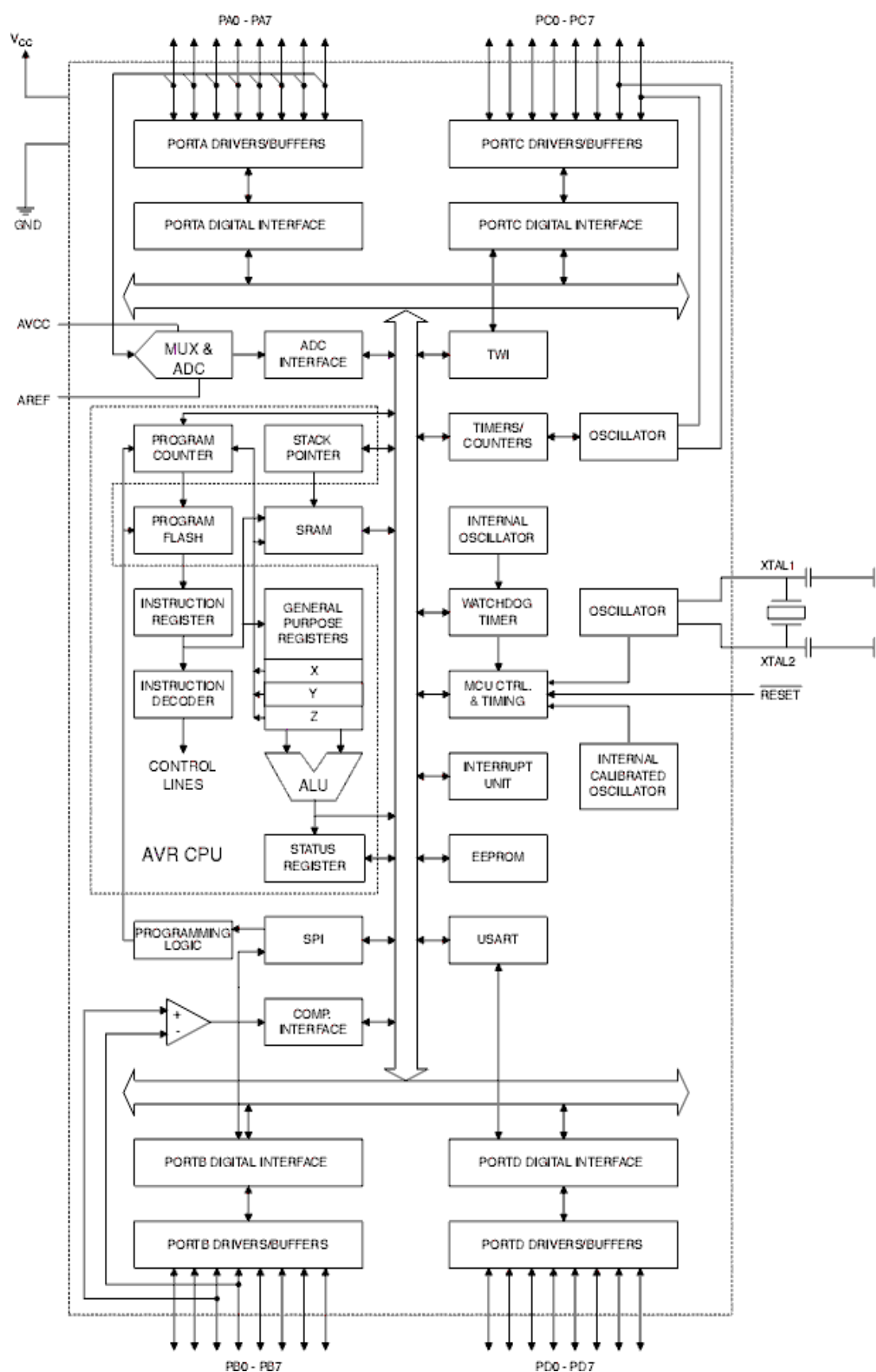


Рисунок 2.1 — Структура АТмега8535

Старші регістри формують 16-розрядний індексний регістр Z, що використовується як покажчик при непрямій адресації пам'яті даних та програм. Оскільки обсяг пам'яті, що адресується, становить лише 32 байт, застосовується молодший байт (R30). Вміст старшого байта індексного регістра (R31) при непрямій адресації пам'яті даних очищується процесором автоматично.

Регістри вводу/виводу мікроконтролера розташовуються у так званому просторі вводу/виводу, розмір якого 64 байт. Виділяють 2 групи регістрів введення/виводу:

- службові регістри мікроконтролера;
- регістри, що належать до периферійних пристроїв (включаючи порти вводу/виводу).

Обсяг всіх регістрів становить 8 біт.

Сторожовий таймер застосовується з метою захисту від апаратних збоїв, наприклад, під час переходу програми у нескінченний цикл.

Регістр команд включає команду, що вибирається з FLASH-пам'яті програм для виконання.

Якщо необхідно, генератор мікроконтролера може бути підключений зовнішній тактовий генератор на основі кварцу. Якщо ця потреба відсутня, використовується вбудований генератор.

Початкова синхронізація здійснюється після приходу сигналу RESET на вхід синхронізатора.

Друкований вузол системи призначений для обробки цифрових сигналів, відповідно всі застосовувані мікросхеми у схемі теж цифрові. Стан цифрових мікросхем описуються двома цифрами: «0» і «1». Як логічні стани цифрових мікросхем друкованого вузла домовилися сприймати напругу з їхньої вході і виході. У цьому висока напруга вважається одиницею, а низька напруга банкрутом [8].

## 2.3 Опис виводів мікроконтролера

Виводи мікроконтролера наведено на рисунку 2.2.

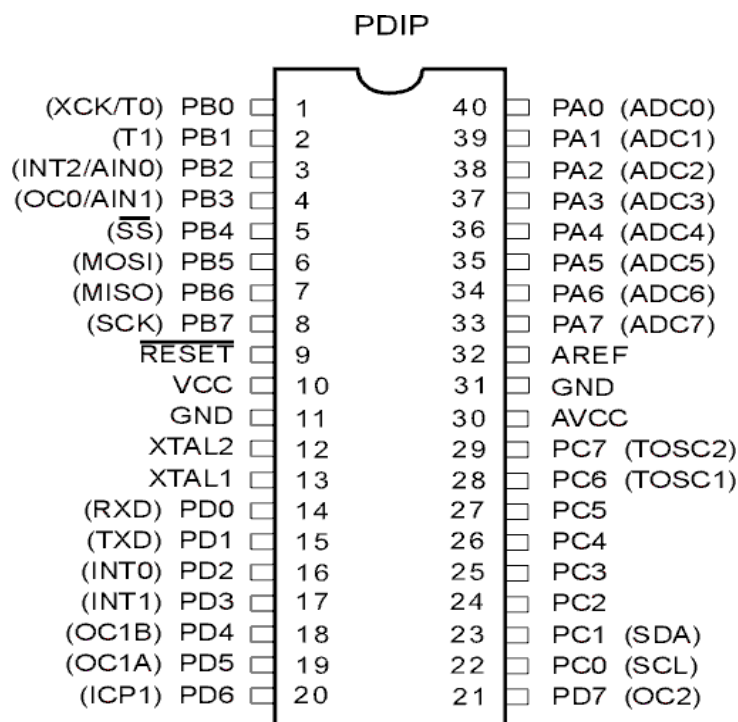


Рисунок 2.2 — Виводи мікроконтролера ATmega 8535

Опис виводів мікроконтролера ATmega 8535 відображено у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 — Призначення висновків мікроконтролера ATmega8535

Позначення	Номер виводу	Тип виводу	Опис
XTAL1	13	I	Вхід тактового генератора
XTAL2	12	O	Вихід тактового генератора
RESET	9	I	Вхід скидання
PA0 (ADC0)	40	I/O	0-й розряд порту A, аналоговий вхід
PA 1 (ADS 1)	39	I/O	1-й розряд порту A, аналоговий вхід
PA 2 (ADS 2)	38	I/O	2-й розряд порту A, аналоговий вхід
PA 3 (ADC 3)	37	I/O	3-й розряд порту A, аналоговий вхід
PA 4 (ADS 4)	36	I/O	4-й розряд порту A, аналоговий вхід
PA 5 (ADS 5)	35	I/O	5-й розряд порту A, аналоговий вхід
PA 6 (ADS 6)	34	I/O	6-й розряд порту A, аналоговий вхід
PA 7 (ADS 7)	33	I/O	7-й розряд порту A, аналоговий вхід
PB0(XCK/T0)	1	I/O	0-й розряд порту B (вхід зовнішнього опорного сигналу для USART/вхід зовнішнього тактового сигналу таймера/лічильника 0)

## Продовження таблиці 2.2

PB 1 (T1)	2	I/O	1-й розряд порту В (вхід зовнішнього тактового сигналу таймера/лічильника 1)
PB2 (INT2/AIN0)	3	I/O	2-й розряд порту В (вхід зовнішнього переривання 2/позитивний вхід компаратора)
PB3 (OC0/AIN1)	4	I/O	3-й розряд порту В (вихід порівняння таймера/лічильника0/ негативний вхід компаратора)
PB 4 (SS)	5	I/O	4-й розряд порту В (Вхід вибору керованого SPI)
PB 5 (MOSI)	6	I/O	5-й розряд порту В (вихід ведучого/вхід веденого SPI)
PB 6 (MISO)	7	I/O	6-й розряд порту В (вхід ведучого/вихід веденого SPI)
PB 7 (SCK)	8	I/O	7-й розряд порту В (опорна частота SPI)
PC0 (SCL)	22	I/O	0-й розряд порту С (лінія опорної частоти для Two-wire Serial Bus)
PC 1 (SDA)	23	I/O	1-й розряд порту С (лінія входу/виходу для Two-wire Serial Bus)
PC 2	24	I/O	2-й розряд порту С

Порт А (PA7..PA0) служить аналоговим входом для аналого-цифрового перетворювача, а також служить 8-бітовим двонаправленим портом введення/виведення, якщо АЦП не використовується.

Порт В (PB7..PB0), порт С (PC7..PC0) і порт D (PD7..PD0) являють собою 8-бітові двонаправлені порти введення-виводу з внутрішніми підтягуючими резисторами (вибраними для кожного біта).

Порт AREF є аналоговим опорним виводом для аналого-цифрового перетворювача.

#### 2.4 Схема живлення мікроконтролера

Для живлення мікропроцесора від мережі 220 В потрібна схема узгодження, оскільки процесор живиться від постійної напруги 5 В. Використовуємо понижувальний трансформатор Б3822 [9]. Він підходить за всіма параметрами, головним з яких є максимальний струм та потужність навантаження.

Розрахуємо потужність мікроконтролера, необхідну для подальшого

вибору елементів за формулою (2.1):

$$P = I \cdot U, \quad (2.1)$$

де  $I$  — струм, споживаний мікроконтролером;  $U$  – необхідна напруга мікроконтролера.

При підстановці необхідні значення результату знаходимо за формулою (2.2):

$$P = 0.0035 \cdot 5 = 0,018 \text{ (Вт)}. \quad (2.2)$$

Параметри трансформатора представлені у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 — Параметри трансформатора Б3822

Тип	ОСМ Т 220/12, тороїдальний
Напруга первинної обмотки:	220 В
Напруга вторинної обмотки:	12 В
Потужність	0,1 кВА
Максимальний струм навантаження	1 А
Ступінь захисту:	IP 20
Маса	0,4 кг

Як діодний мост використовуємо схему DB157S [9]. Це пристрій, який служить для випрямлення змінного струму. Схема підходить за всіма параметрами, головними з яких є максимальний допустимий струм та робоча температура експлуатації. Параметри діодного моста представлені таблиці 2.4, а зовнішній вигляд — на рисунку 2.3.

Таблиця 2.4 — Параметри діодного мосту DB157S

Виробник	JANGJIE
Максимальна постійна зворотна напруга	1000 В
Середньоквадратична зворотна напруга	700 В
Максимальний прямий випрямлений струм	1,5 А
Максимальний допустимий прямий імпульсний струм	50 А
Максимальний зворотний струм	50 мкА
Максимальна пряма напруга	1,1 В
Робоча температура	від -55 °С до +150 °С
Корпус	DB-1
Кількість фаз	1

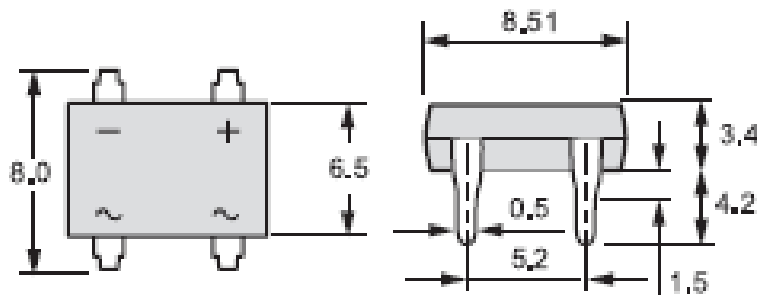


Рисунок 2.3 — Діодний міст DB157S

Стабілізатор є важливою ланкою у будь-якому джерелі живлення [9]. Для вибору стабілізатора розрахуємо потрібну потужність.

Використовуємо формулу (2.3):

$$P_{ст} = P_{сп} \frac{220}{U_{min}} \quad (2.3)$$

де  $P_{сп}$  — максимальна потужність споживачів;  $U_{min}$  — мінімальна мережна напруга.

При підстановці необхідних значень результат обчислень знаходимо за

формулою (2.4):

$$P_{ст} = 0,018 \cdot 220/175 = 0,03 \text{ (Вт)}. \quad (2.4)$$

Виходячи з даних, можна зробити висновок, що необхідно вибрати стабілізатор напруги потужністю не менше 0,03 Вт.

Ми використовуємо стабілізатор напруги LM340AT-5.0 (рисунок 6).

Вибір також здійснили за такими параметрами, як максимальна вхідна напруга і по вихідному струму.

Параметри відображені у таблиці 2.5, схема підключення приведена на рисунку 2.4.

Таблиця 2.4 — Параметри стабілізатора напруги LM340AT-5.0

Максимальна вхідна напруга	35 В
Тип виходу	фіксований
Допуск вихідної напруги	$\pm 5 \%$
Споживаний струм	8 мА макс.
Мінімальний вихідний струм	5 мА
Максимальний вихідний струм	1 А
Потужність	0,5 Вт
Температура експлуатації	від 0 °С до 70 °С
Тепловий опір	4 °С/Вт (перехід-корпус)

Розрахуємо значення конденсаторів, що забезпечують низький коефіцієнт пульсацій:

Використовуємо формулу (5):

$$C = \frac{3200 \cdot I}{U_{вх}}, \quad (2.5)$$

де  $I$  — необхідний вихідний струм на блоці живлення;  $U_{вх}$  — вхідна напруга на блоці живлення.



При підстановці необхідних значень результат обчислень знаходимо:

$$C = (3200 \cdot 0,0036) / 220 = 0,056 \text{ (мкФ)}.$$

Виберемо конденсатори невеликої ємності 0,056 мкф.

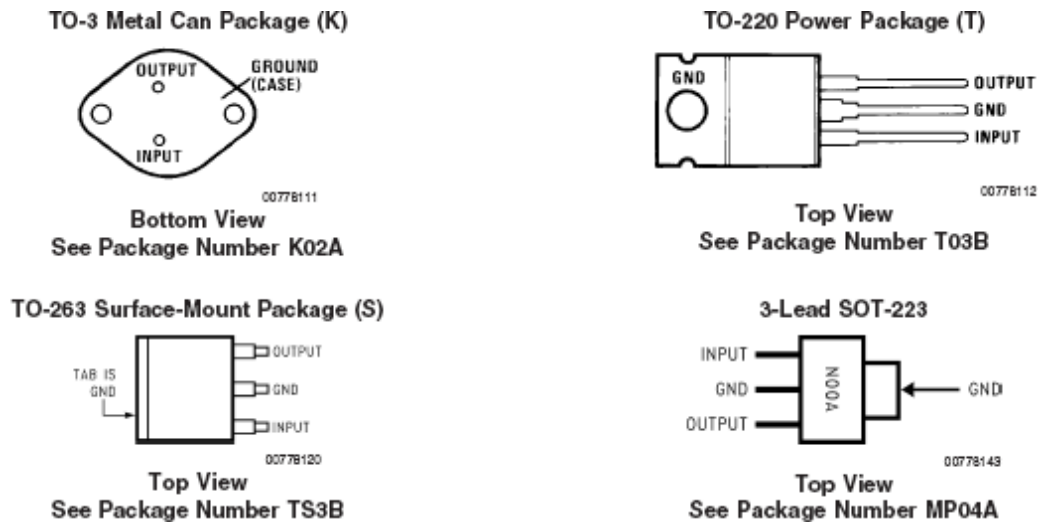


Рисунок 2.4 — Стабілізатор напруги LM340AT–5.0

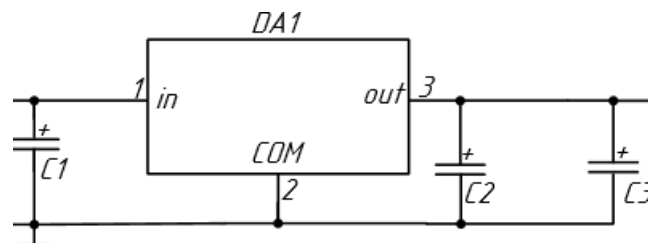


Рисунок 2.5 – Підключення стабілізатора LM340AT–5.0

Розрахуємо значення конденсаторів, що забезпечують низький коефіцієнт пульсацій:

Використовуємо формулу (5):

$$C = \frac{3200 \cdot I}{U_{\text{вх}}}, \quad (2.5)$$

де *I* — необхідний вихідний струм на блоці живлення; *U<sub>вх</sub>* — вхідна напруга на блоці живлення.

При підстановці необхідних значень результат обчислень знаходимо:

$$C = (3200 \cdot 0,0036) / 220 = 0,056 \text{ (мкФ)}.$$

Виберемо конденсатори невеликої ємності 0,056 мкф.

### 3 ПРОЕКТУВАННЯ АПАРАТНОГО ТА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ

#### 3.1 Структурна схема

Відповідно до вимог технічного завдання та функцій, які повинна виконувати розроблювана система, необхідно визначити основні компоненти модулів обчислювальної системи. Для цього побудовано структурну схему, яку показано на рисунку 3.1.

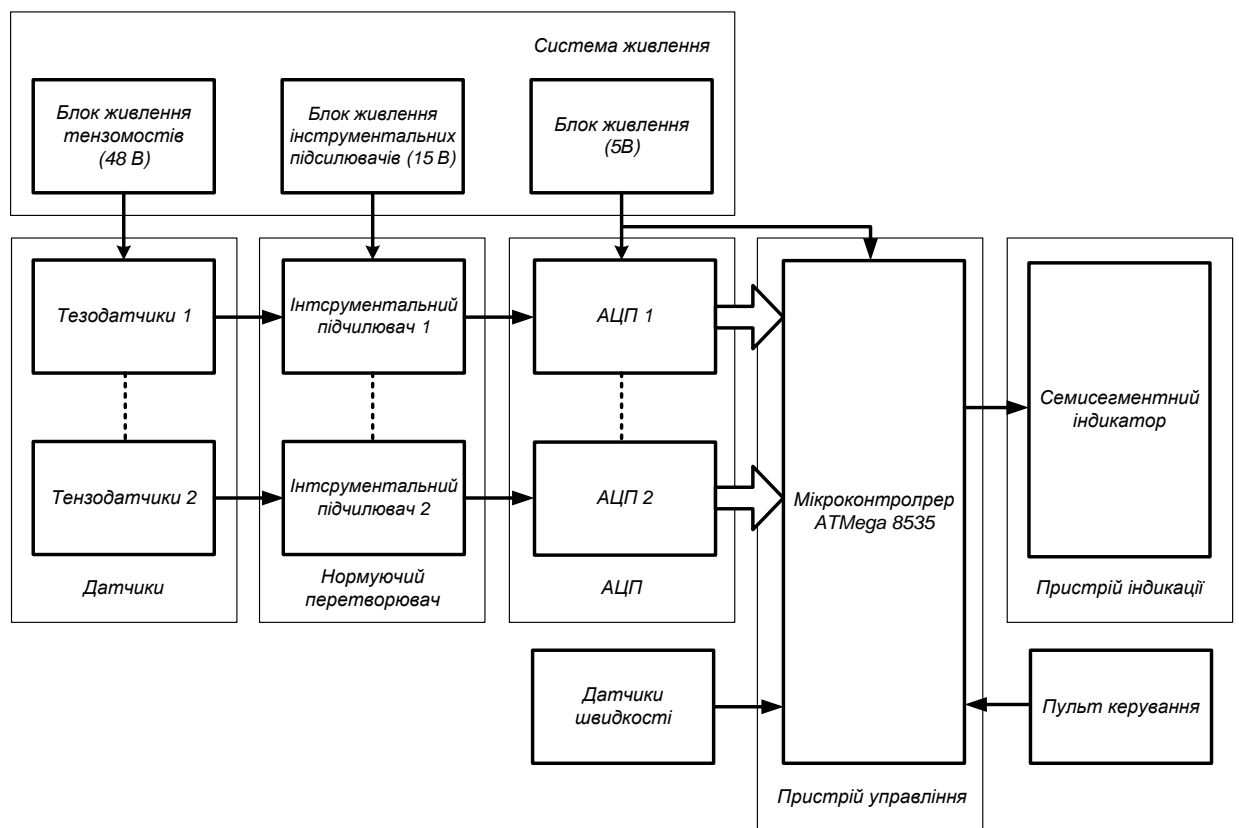


Рисунок 3.1 — Структурна схема системи

Датчики є необхідною складовою частиною системи, використовуються для того, щоб система в реальному часі реагувала на зовнішні зміни відповідно до заздалегідь розробленого алгоритму. На сучасному ринку існує багато різновидів датчиків, деякі з них є вузькоспеціалізованими.

Оскільки навантаження на різні точки може бути нерівномірним, і ваги двох платформ відрізняються, кількість точок контролю (датчиків) має бути

подвоєною і становити 8 одиниць.

При виборі пристрою управління слід враховувати можливість підключення додаткових датчиків для уточнення даних та розширення функціональних можливостей.

Пристрій управління є ключовою частиною системи, яка збирає та обробляє інформацію від датчиків, генерує керуючі сигнали для виконавчих пристроїв і виводить інформацію на пристрій індикації.

Пульт керування та пристрій індикації призначені для режиму зважування, візуального виведення поточної маси вагона та графіків зміни ваги.

Згідно з визначеними функціями, загальна структура роботи системи визначається так: пристрій управління отримує дані від датчика ваги та швидкості, обробляє їх за встановленим алгоритмом і передає на індикатори для відображення параметрів ваги та швидкості.

Під час роботи автоматизованої системи зважування в русі, первинні перетворювачі здійснюють конвертацію ваги у відповідні рівні напруги. Після цього нормуючі перетворювачі формують напругу  $U_{norm}$  для кожного каналу в заданому діапазоні для зручності подальшої обробки. Цей процес відбувається незалежно від інших операцій. Тим часом, обране цифро-аналогове перетворення каналу включає в себе 2 зовнішні АЦП. Після перетворення аналогового сигналу в цифровий формат, дані передаються через канал USART. Після цього отриманий код, який визначає часткову вагу, записується, і проводиться підсумовування часткових ваг. Ця сума характеризує загальну вагу вагона.

## 3.2 Периферійні пристрої

### 3.2.1 Первинний перетворювач

У ролі первинного перетворювача виступає тензорезисторний міст. Виходячи з кількості тензодатчиків  $N_d = 8$  і максимальної маси вагона, що зважується  $M = 90$  т вибираємо тензодатчики типу CAS HC-20, розраховані

на 20 тон.

Система з такими тензодатчиками може зважувати вагони, масою до:

$$P_{max} = 8 \cdot 20 = 160 \text{ (т)}. \quad (3.1)$$

При цьому є запас на 70 тонн. Цей запас необхідний, так, як можливо, що вага не буде рівномірно розподілена між контрольними точками (датчиками). До того ж у зважувану вагу включатиметься і вага платформ.

Тут враховується також те, що при гальмуванні поїзда на платформу діє додаткове зусилля. Так, як дані тензодатчики здатні витримувати додаткове навантаження на 20% від номінального, то:

$$P_{крит} = 20 + 20 \cdot 0.5 = 30 \text{ (т)}, \quad (3.2)$$

що дозволяє витримувати загальне навантаження:

$$P_{крит} = 30 \cdot 8 = 240 \text{ (т)}, \quad (3.3)$$

тобто. більш ніж у 2,5 рази.

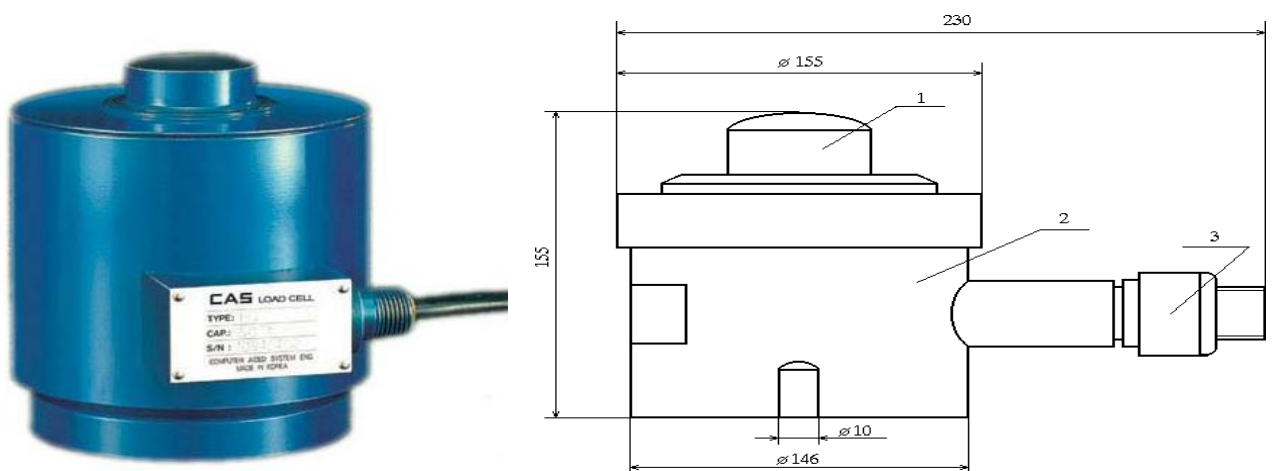


Рисунок 3.2 — Тензодатчик типу CAS HC-20

Таблиця 3.1 — Параметри тензодатчиків CAS HC-20

Параметр	Значення
Номінальне навантаження	20т
Нижня межа виміру	0,2 т
Значення робочого коефіцієнта передачі (РКП) за номінального навантаження	1 мВ/В
Значення початкового коефіцієнта передачі (ПКП) трохи більше	0,02
Категорія точності	D3
Вхідний опір	350 Ом
Вихідний опір	350 Ом
Найбільше допустиме значення напруги живлення постійного чи змінного струму із частотою до 1.5 кГц	48В
Допустиме значення перевантаження вище номінального навантаження: короткочасної тривалої	100% 20%
Граничний діапазон робочих температур	від -30 °С до +50 °С
Габарити (мм)	155 x 155 x 230

Тут 1 — це концентрична пружна поверхня, чия деформація перетворюється за допомогою тензорезисторів на електричний сигнал; 2 — корпус первинного перетворювача, що служить для захисту пристрою від попадання всередину твердих речовин та води; 3 — трубка, що захищає сполучні дроти. При надаванні тиску на концентричну поверхню (1), вона деформується. На цю поверхню з внутрішньої сторони нанесені тензорезистори. Причому тензорезистори включені за схемою моста (рисунок 3.3). До тензорезисторів підводиться напруга 48 В, при цьому, за умови максимального навантаження 20т на виході моста буде напруга,

пропорційна максимальному навантаженню 48 мВ.

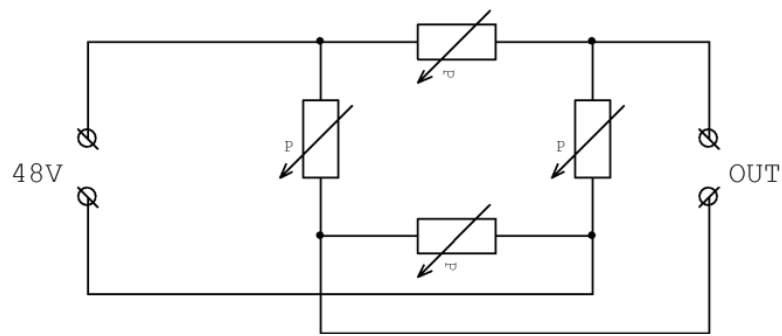


Рисунок 3.3 — Тензорезисторний міст

Вибираємо напругу живлення  $U_{ж} = 48 \text{ В}$ , при цьому, слідуючи формулі чутливості тензодатчика:

$$S = \frac{48 \text{ мВ}}{\text{В}}. \quad (3.4)$$

Це означає, що при номінальному навантаженні в 20 т на виході первинного перетворювача буде 48 мВ.

Щоб мінімальна помилка становила 0.1% для такої точності обчислимо мінімальний крок квантування:

$$U_{LBS} = \frac{48 \cdot 10^{-3}}{1000} = 48 \text{ мкВ}. \quad (3.5)$$

### 3.2.2 Датчики швидкості

З метою вимірювання швидкості вагона необхідно 4 датчики вимірювання швидкості. Для цього використовуємо датчики швидкості F9801 (рисунок 3.4), їх параметри представлені у таблиці 3.2. Статичний датчик крутного моменту з технологією та компактною структурою тензометра з датчиком із металу. Зроблений із алюмінієвого сплаву, 6 отворів на обох сторонах навантаження, це робить його легкими до встановлення, і вони будуть більш стабілізовані для того, щоб виміряти зусилля крутного моменту. В основному використовується для вимірювання статичного і безперервного обертового зусилля обертаючого моменту.

Схема і вигляд датчиків зображені на рисунку 3.5.

Таблиця 3.2 — Технічні параметри

Специфікації	Метод
Необхідна продуктивність	$2.0 \pm 10\% \text{mV/V}$
Баланс нуля	$\pm 2\% \text{FS}$
Нелінійність	$0,25\% \text{FS}$
Гістерезис	$0,25\% \text{FS}$
Повторність	$0,1\% \text{FS}$
Повзучість (30min)	$0,1\% \text{FS}$
Темп. вплив на виході	$0,05\% \text{FS}/10^\circ\text{C}$
Темп. вплив на нуля	$0,05\% \text{FS}/10^\circ\text{C}$
Вхідний комплексний опір	$410 \pm 10\Omega$
Імпеданс виходу	$350 \pm 5\Omega$
Ізоляція	$\geq 5000 \text{M}\Omega/100 \text{VDC}$
Рекомендоване живлення	10V
Максимальне живлення	15V
Робоча температура	- 20~80°C
Безпечне навантаження	120% FS
Типове навантаження	150% FS
Розмір кабелю	$\text{Ø}3 \times 1500 \text{mm}$



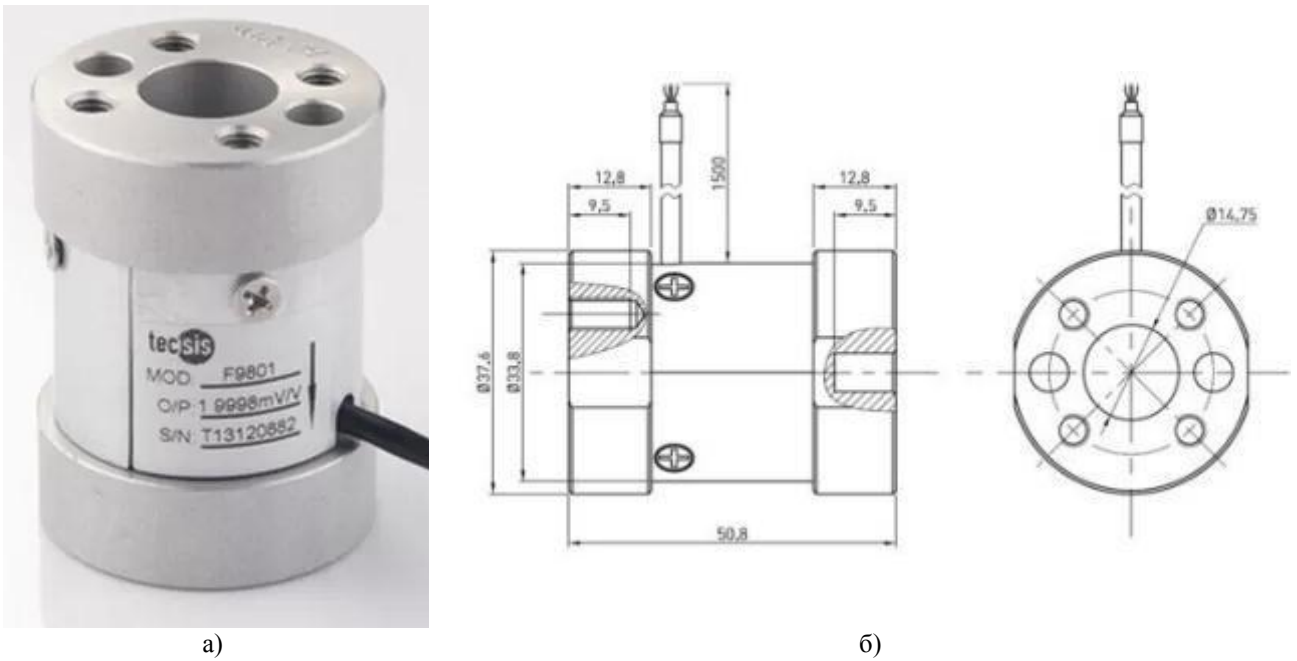


Рисунок 3.4 — Датчик швидкості F9801: а) зовнішній вигляд; б) розміри

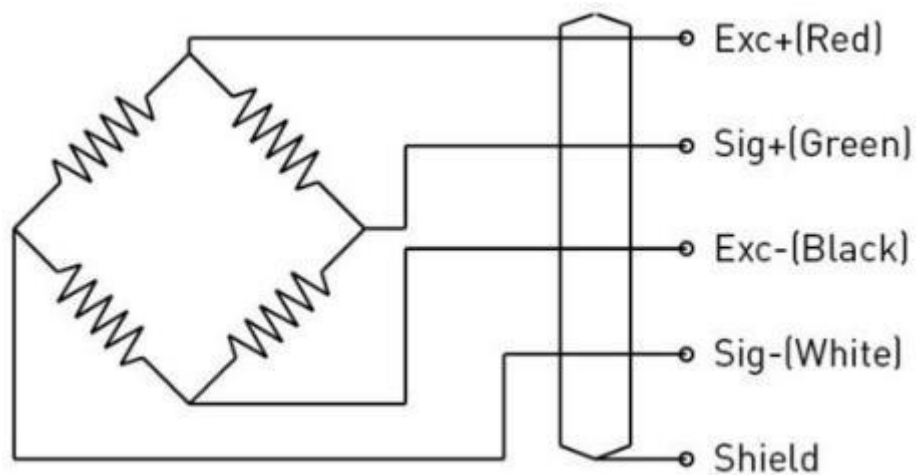


Рисунок 3.5 — Схема датчика швидкості F9801

### 3.2.3 Нормуючий перетворювач

Враховуючи вихідні параметри первинного перетворювача, вибираємо підсилювальний елемент. Так, як корисний сигнал надходитиме з великим синфазним сигналом, приблизно рівним напруги живлення тензорезисторного мосту  $U_{ж} = 48 \text{ В}$ , то необхідно, щоб підсилювач мав дуже високий рівень ослаблення синфазного сигналу.

$$K_{\text{ОСС}} \geq \frac{U_{ж}}{U_{\text{ЛБС}}} = \frac{48}{48 \cdot 10^{-6}} = 10^6 \quad (3.6)$$

Це відповідає:

$$K_{OCC\_DB} = 20 \lg K_{OCC} = 20 \lg 10^6 = 120 \text{ дБ} \quad (3.7)$$

Значить, необхідно вибрати такий підсилювальний елемент, який забезпечує ослаблення синфазного сигналу мінімум  $K_{OCC} = 120 \text{ (дБ)}$ .

Коефіцієнт посилення має бути таким, щоб максимальний рівень корисного сигналу посилювався до опорної напруги АЦП, що відповідало б максимальному коду. Опорну напругу вибираємо стандартну  $U_{REF} = 5 \text{ (В)}$ , тоді:

$$K_U = \frac{U_{REF}}{U_{\text{сигн.мак}}} = \frac{5}{48 \cdot 10^{-3}} = 104,2 \quad (3.8)$$

### 3.2.4 Підсилювач

Обрано інструментальний підсилювач INA 128 (рисунок 3.6). В інструментальних підсилювачах коефіцієнт підсилення визначається за допомогою підключення зовнішнього опору  $R_G$ , значення якого обчислюється для INA128 за такою формулою:

$$R_{K_U} = \frac{50 \text{ k}\Omega}{K_U - 1} \quad (3.9)$$

де  $K_U = 104,2$ .

Тоді:

$$R_{K_U} = \frac{50 \text{ k}\Omega}{104,2 - 1} = 485 \quad (3.10)$$

вибираємо стандартний опір:

$$R_{K_U} = 470 \Omega. \quad (3.11)$$

Отриманий коефіцієнт посилення дорівнюватиме :

$$K_U = 1 + \frac{50 \text{ k}\Omega}{R_{K_U}} = 107,4. \quad (3.12)$$

Таке значення допускається, так як первинний перетворювач вибирався із запасом, тобто рівень корисного сигналу на виході тензорезисторного мосту не досягатиме свого максимального значення:

$$U_{max} = \frac{U_{REF}}{K_U} = \frac{5}{107.4} = 46.6 \text{ мВ} \quad (3.13)$$

це відповідає навантаженню на всі 8 датчиків:

$$P_{max} = \frac{U_{max}}{U_{\text{вим. max}}} \cdot 20 \cdot 8 = 155.25 \text{ Т} \quad (3.14)$$

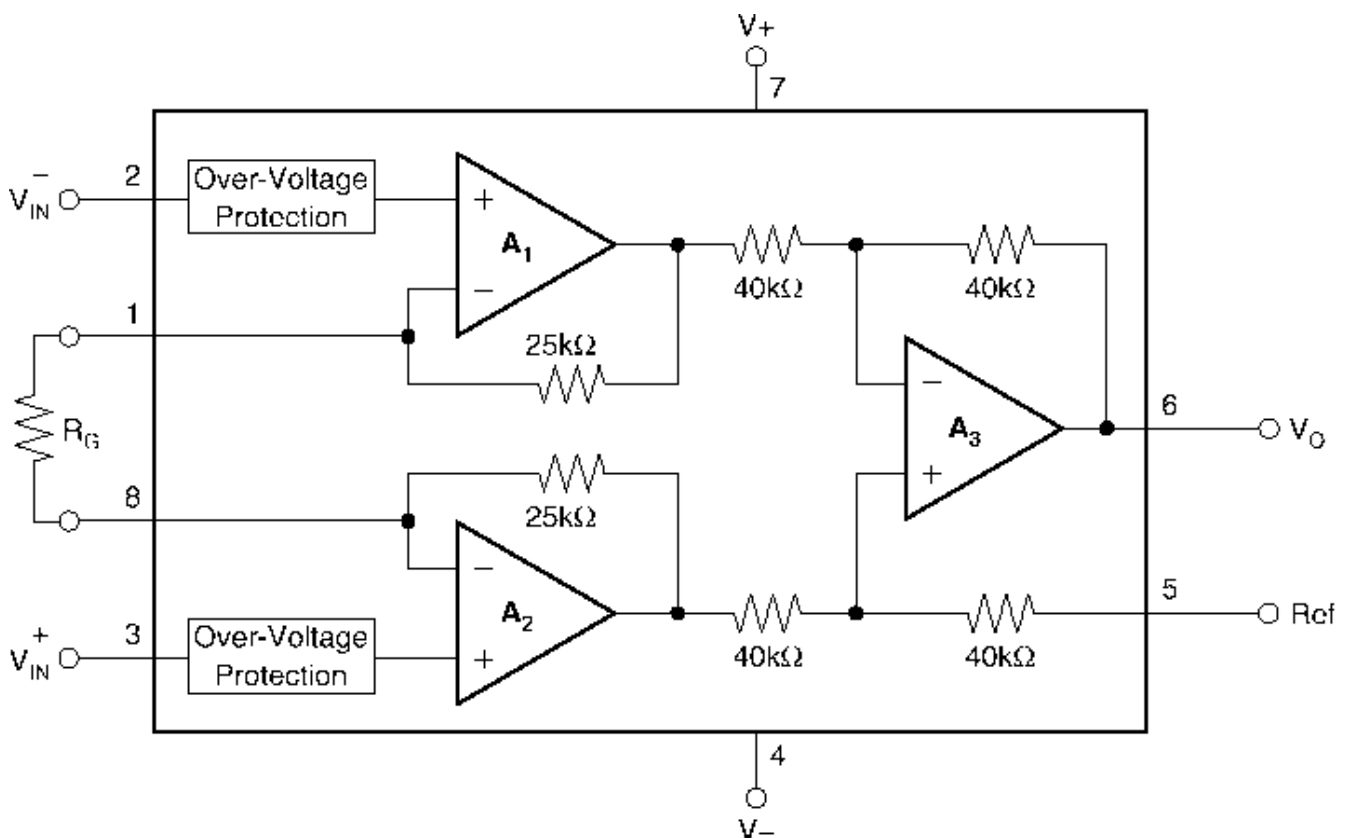


Рисунок 3.6 — Внутрішня структура інструментального підсилювача INA128

### 3.2.5 Додаткові АЦП

Додаткові аналого-цифрові перетворювачі (АЦП) вибираються виходячи

з технічного завдання.

Нам необхідно зважувати вагон із максимальною вагою  $M = 90$  т. При цьому необхідно проводити вимірювання з похибкою  $0.01\%$ , що відповідає формулі:

$$P_{DIF} = \frac{P_{max} \cdot 0.01}{100} = 9 \text{ кг.} \quad (3.15)$$

Тут  $P_{DIF} = 9$  кг — перерахункове значення молодшого розряду — крок квантування. Для того, щоб покрити весь діапазон з кроком, що дорівнює мінімальному кроці квантування необхідно зробити:

$$\frac{90 \text{ т}}{9 \text{ кг}} = 10000 \text{ кроків.} \quad (3.16)$$

Це відповідає:

$$C = \log_2 10000 \cong 14. \quad (3.17)$$

Отже, сигнал необхідно оцифрувати із розрядністю 14. Це мінімальне значення розрядності АЦП. У реальних умовах потрібно мати запас. Тому вибираємо розрядність АЦП — 16. Вибираємо АЦП фірми MAXIM MAX1162 (рисунок 3.7).

MAX1162 включає вхідну схему вибірки та зберігання (Т/Н) і послідовного наближення (SAR) для перетворення аналогового вхідного сигналу на цифровий 16-розрядний вихід. Послідовний інтерфейс потребує лише трьох цифрових виходів (SCLK, CS та DOUT) та забезпечує простий інтерфейс для мікропроцесорів ( $\mu P$ ). Аналоговий сигнал надходить на внутрішній конденсатор. У режимі утримання (Track-and-Hold) перемикається, і ємнісний ЦАП робить вибір аналогового входу. Драйвер CS поміщає MAX1162 у вимкнення, зменшуючи струм живлення до  $0,1$  мкА (типово), в той час, поки АЦП знаходиться в нормальному робочому режимі. При падінні напруги CS ініціює перетворення, що керуються SCLK. Результат

перетворення доступний на DOUT в уніполярному послідовному форматі. Потік послідовних даних складається з восьми нулів, за якими слідують біти даних (MSBfirst).

Передача інформації здійснюється по каналу DOUT мікроконтролер на порт В, оскільки він підключений до SPI і з його допомогою мікроконтролер аналізує прийняті дані.

Відмінні особливості:

- 16-ти розрядний, без втрат коду;
- однополярне живлення +5 В;
- регульований логічний рівень (від +2.7 до +5.25 В);
- діапазон вхідної напруги: від 0 до  $V_{REF}$ ;
- вбудована система вибірки/зберігання (ВВЗ);
- смуга вхідного сигналу 4 МГц;
- малогабаритний корпус 10-pin  $\mu$ MAX або 10-pin DFN.

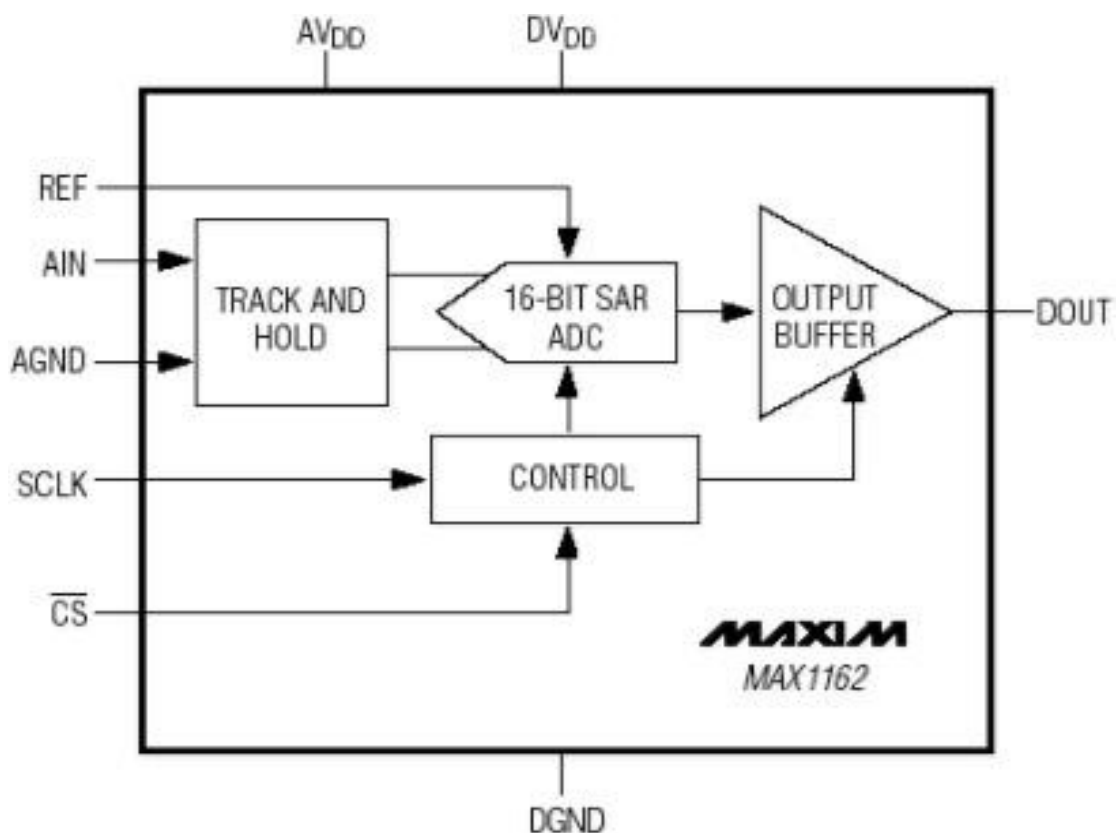


Рисунок 3.7 — Функціональна схема АЦП MAX1162

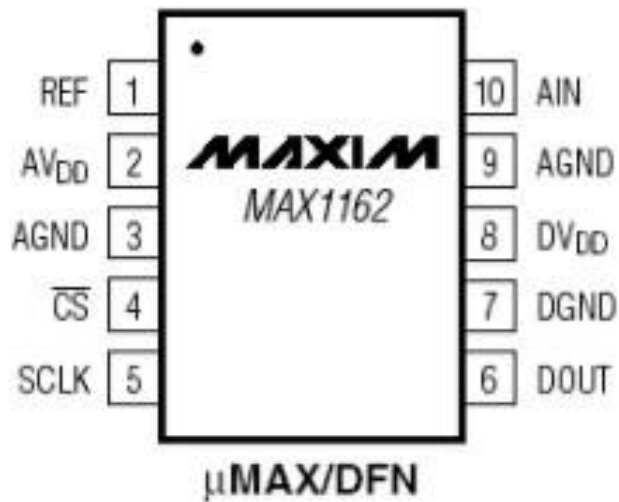


Рисунок 3.8 — Розміщення виводів АЦП MAX1162

### 3.2.6 Вибір додаткових перетворювачів живлення

Для живлення підсилювачів INA 128 необхідна напруга 15 В, для цього використовуємо джерело живлення на 15 В (рисунок 3.9).

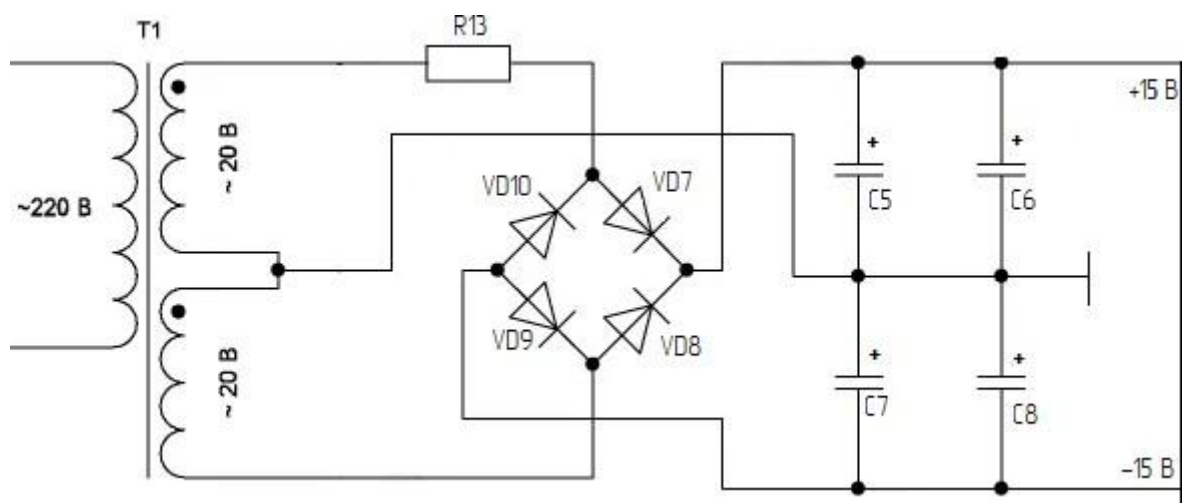


Рисунок 3.9 — Двополярний блок живлення на 15 В

Тут:  $R_{13} = 6.8 \text{ кОм}$ ,  $C5 = 0.68 \text{ мкф}$ ,  $C7 = 0.68 \text{ мкф}$ ,  $C6 = 10000 \text{ мкф}$ ,  $C8 = 10000 \text{ мкф}$ .

Для живлення тензорезисторних мостів потрібна напруга 48 В, для цього використовуємо джерело живлення на 48 В.

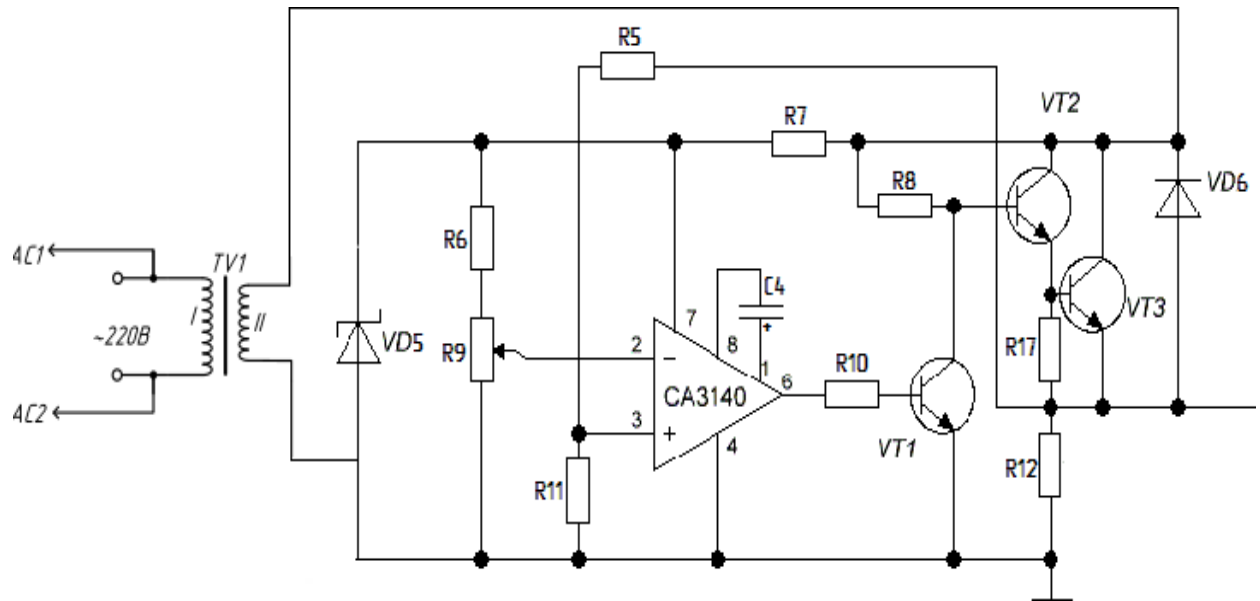


Рисунок 3.10 — Блок живлення напругою 48В із стабілізатором CA33140–50

Тут:  $R_1 = 2.2 \text{ кОм}$ ,  $R_2 = 2.7 \text{ кОм}$ ,  $R_3 = 100 \text{ кОм}$ ,  $R_4 = 100 \text{ кОм}$ ,  $R_5 = 10 \text{ кОм}$  — потенціометр,  $R_6 = 15 \text{ кОм}$ ,  $R_7 = 2.7 \text{ кОм}$ ,  $VD1 = 33 \text{ В}$  — стабілітрон.

### 3.2.7 Семісегментний індикатор

У системі нам потрібно візуально відобразити поточну вагу та швидкість руху вагона у вибраному режимі роботи. З цією метою використовуємо семисегментні індикатори. Так, як система повинна вимірювати вагу вагона в тоннах та з точністю до 9 кг необхідно взяти п'ятирозрядний семисегментний індикатор. З урахуванням того, що швидкість вагона не перевищує 10 км/год для відображення швидкості виберемо дворозрядний семисегментний індикатор.

Використовуємо індикатори CA56-11 SRWA фірми Visiontek [9] та LDD3054 фірми LIGI [9]. Технічні характеристики представлені у таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 — Технічні характеристики індикаторів

Колір	червоний
Максимальна пряма напруга (струм 20 мА)	2,5 В
Максимальний прямий струм	30 мА
Максимальна зворотна напруга	5 В
Зворотний струм (напруга 5В)	10 мкА
Потужність розсіювання	150 мВт
Максимальний імпульсний прямий струм	155 мА
Робоча температура	від -40 до 85 °С

Пристрої індикації та схеми їхнього включення наведені на рисунках 3.11, 3.12, 3.13.

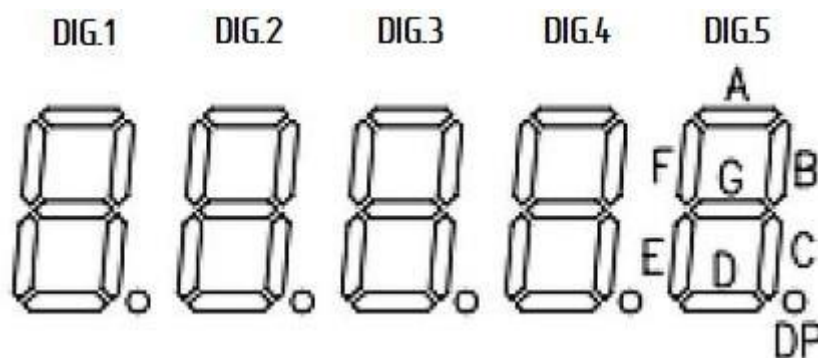


Рисунок 3.11 — П'ятирозрядний семисегментний індикатор

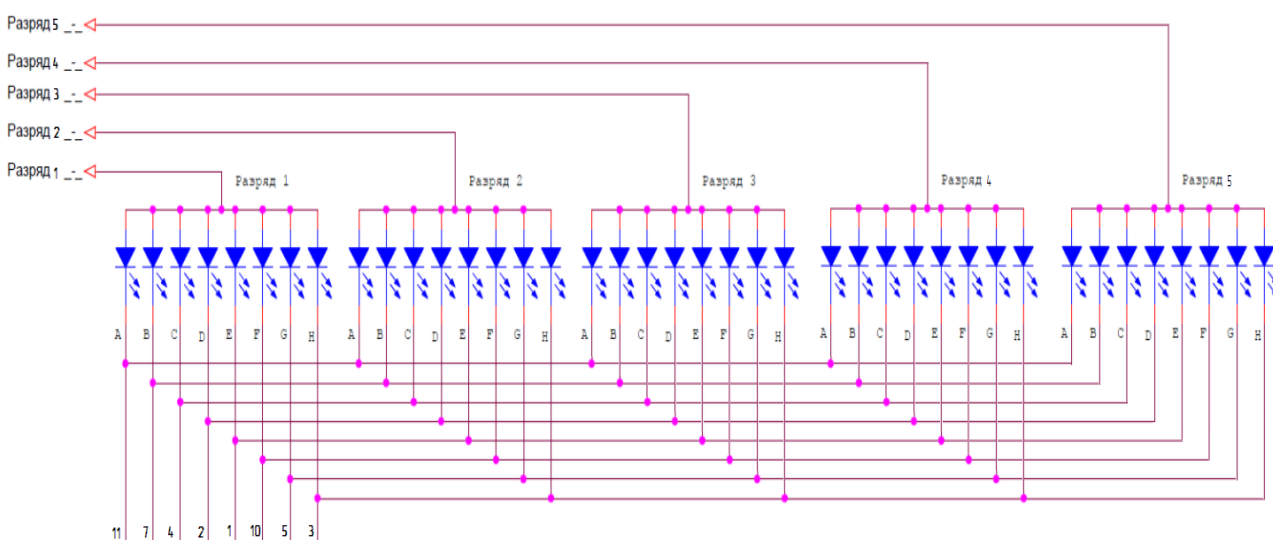


Рисунок 3.12 — Схема підключення індикатора



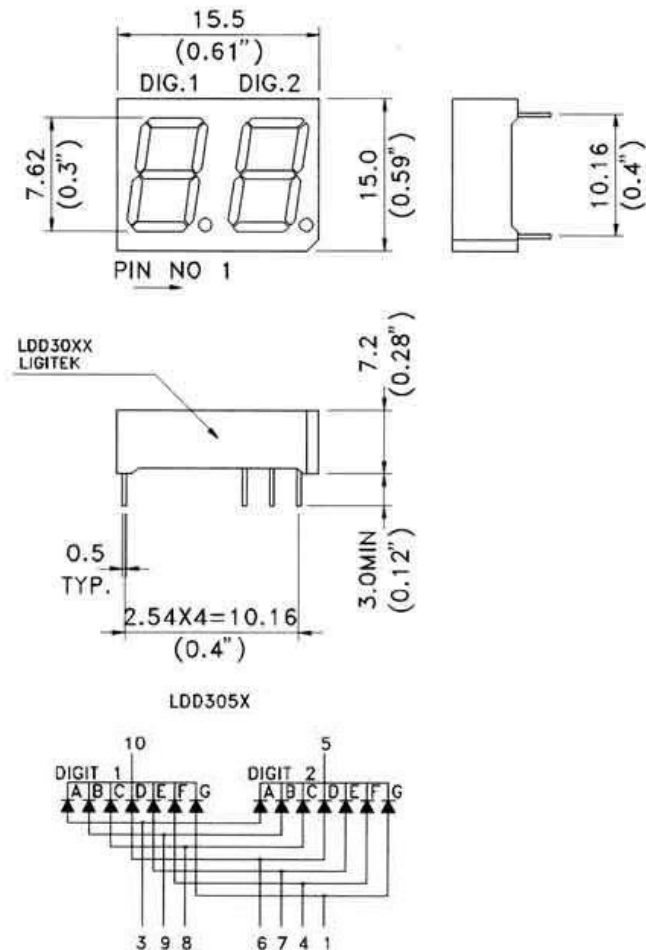


Рисунок 3.13 — Дворозрядний семисегментний індикатор та схема підключення

Для керування семисегментними індикаторами у схемі потрібно використовувати 7 транзисторів.

Схема роботи: при високому рівні на базі транзистора транзистор відкритий, і на виході ключа рівень буде низький. За наявності низького рівня напруги на базі транзистора транзистор закритий і на виході ключа рівень буде високий, визначаючись рівнем напруги, підключеного до колектора транзистора. Так, транзистор завжди або розімкнуто, або замкнено, його споживана потужність майже нульова, і нам підходить майже будь-який транзистор. Вибираємо транзистор КТ3102, оскільки він задовольняє необхідним параметрам, поширений та має невисоку вартість. Його показники представлені у таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 — Характеристики транзистора КТ3102

Робоча частота:	250 МГц
Коефіцієнт посилення струму:	від 100 до 250
Максимальний струм колектора:	0.1 А
Максимальна напруга колектор-емітер:	25В
Максимальний імпульсний струм колектора	0.2 А
Максимальна потужність колектора	0,25 Вт
Максимальна робоча частота	150 МГц
Коефіцієнт шуму транзистора	10 ДБ

З метою встановлення та вибору режиму потрібно п'ять кнопкових перемикачів. Для цього використовуємо перемикачі MPS-800 (рисунок 3.14), його параметри перемикача представлені у таблиці 3.5.

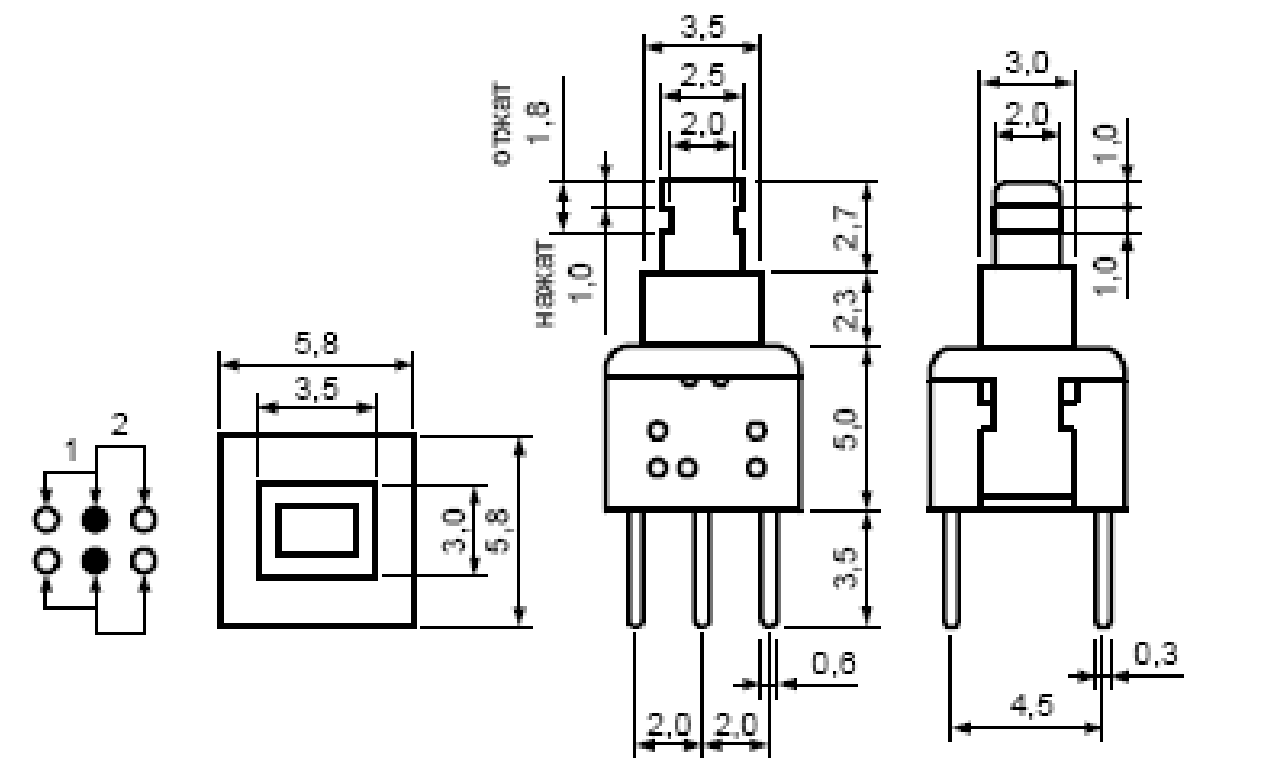


Рисунок 3.14 — Кнопковий перемикач MPS-800

Таблиця 3.5 — Параметри перемикача MPS-800

Серія	MPS
Параметри:	30 У пост. 0,1А
Максимальний опір контактів:	0,05 Ом
Мінімальний опір ізоляції:	100 МОм
Фіксація	+
Ресурс	10000 циклів
Опір ізоляції:	>100Мом пост. 125В
Механічний ресурс:	100000 циклів
Гранична напруга:	250 В

Перед кнопками необхідно поставити резистори, щоб гарантувати відсутність напруги при розімкненому ланцюзі.

Виберемо резистори номіналом 200 Ом.

Розрахуємо потужність резистора, що розсіюється, за формулою:

$$P = U \cdot I, \quad (3.18)$$

де  $I$  — струм;  $U$  — напруга.

При підстановці необхідних значень результат обчислень знаходимо за формулою:

$$P = 5 \cdot 0,05 = 0,25 \text{ (Вт)}. \quad \dots \quad (3.19)$$

### 3.3 Розробка функціональної та електричної принципової схем

Функціональна схема відображена у Додатку Б. Передача даних з датчика ваги та швидкості здійснюється шляхом підключення до мікроконтролера послідовного порту, який має достатню швидкість передачі даних та підтримується мікроконтролером, тобто додаткові засоби узгодження

та управління не потрібні [10]. Обмін інформацією підтримується програмно. Датчик ваги має аналоговий вихід, у зв'язку з цим необхідно використовувати зовнішній АЦП, датчики швидкості підключаються також через АЦП безпосередньо до мікроконтролера ATmega8535. Передача програмного забезпечення підтримується. Кнопки керування підключаються до порту C, а порт D використовують для семисегментної індикації.

Живлення системи здійснюється від стандартної мережі 220В, 50 Гц. Для живлення мікропроцесора контролера ATmega8535, АЦП MAX1162, кнопок режимів, датчиків швидкості семисегментних індикаторів постійна напруга 5 В. Для датчиків ваги потрібна постійна напруга 48 В. Для підсилювачів INA 128 потрібна двополярна постійна напруга 15 В.

Використовуємо схему: трансформатор знижує змінну напругу до 12 В. Діодний міст VD1...4 випрямляє напругу. Інтегральний діодний міст DB157S комутує струми до 1 А. Як стабілізатор напруги включена мікросхема інтегрального стабілізатора

Дані з тензореисторних мостів надходять в інструментальні підсилювачі INA 128, де відбувається придушення синфазного сигналу і збільшення сигналу до опорної напруги АЦП MAX1162, що відповідає максимальному коду, відбувається оцифрування та передача всіх оброблених сигналів мікроконтролеру. Мікроконтролер здійснює підсумовування сигналів, що надійшли за допомогою внутрішнього АЛП (підсумовування задається програмою) і виведення оцифрованої інформації на семисегментні індикатори, які показують чисельні значення, що дорівнюють вазі вагона.

Дані з датчиків швидкості надходять безпосередньо в мікроконтролер ATmega8535 і за допомогою внутрішнього мультиплексора та АЦП відбувається перетворення та підсумовування сигналів (також програмно).

З метою виведення візуальної інформації про встановлену вагу та швидкість вагона будемо використовувати п'ятирозрядний та дворозрядний семисегментні світлодіодні індикатори.

Принцип індикації ось у чому: кожні 16 мілісекунд спалахує цифра

індикатора. З метою визначення цифри у програмі мікроконтролера існує лічильник (показчик індикатора), що вважає від 0 до 2.

Восьмирозрядний лічильник запрограмований таким чином, що кожні 16 мілісекунд відбувається переривання. Тобто, кожні 16 мілісекунд горить одна цифра. У наступну мілісекунду ця цифра гасне, і спалахує наступна. Людське око сприймає це таким чином, наче горять усі цифри одночасно.

У ході включення живлення мікроконтролер приймає сигнал RESET, що визначає початкову синхронізацію вбудованого генератора, що калібрується. Вузол програмування отримує від синхронізатора сигнали синхронізації та керує роботою лічильника команд та FLASH-пам'яттю програм.

Регістр команд містить команду, що вибирається з FLASH-пам'яті програм. Дешифратор команд за кодом операції визначає команду, яка має бути виконана. Потім проводиться послідовна вибірка та виконання команд відповідно до алгоритму роботи.

У момент натискання на кнопки управління виникає переривання, і управління передається обробнику переривання, у якому відповідно до алгоритму здійснюється встановлення необхідного режиму.

Підключення пристроїв до портів мікроконтролера ATmega 8535 наведено в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 — Підключення пристроїв до портів мікроконтролера

№ виводу	Порт: розряд	Підключений пристрій
	Порт А	
1	0	Сигнал із датчика швидкості
11	1	Сигнал із датчика швидкості
16	2	Сигнал із датчика швидкості
9	3	Сигнал із датчика швидкості

## Продовження таблиці 3.6

	Порт В	
38	0	Пін управління зовнішнім АЦП
39	1	Пін управління зовнішнім АЦП
23	2	Кнопка режиму ВД
24	3	Кнопка режиму «ВС»
25	4	Кнопка режиму «ВК»
35	6	Пін управління зовнішнім АЦП
34	7	Пін управління зовнішнім АЦП
	Порт С	
	1	Транзисторний ключ управління п'ятирозрядним індикатором (молодша цифра)
	2	Транзисторний ключ керування п'ятирозрядним індикатором (четверта цифра)
	3	Транзисторний ключ керування п'ятирозрядним індикатором (третья цифра)
	4	Транзисторний ключ керування п'ятирозрядним індикатором (друга цифра)
	5	Транзисторний ключ керування п'ятирозрядним індикатором (молодша цифра)
	6	Транзисторний ключ керування дворозрядним індикатором (старша цифра)
	7	Транзисторний ключ керування дворозрядним індикатором (молодша цифра)

	Порт D	
18	1	Сегмент індикатора (вихід)
19	2	Сегмент індикатора (вихід)
20	3	Сегмент індикатора (вихід)
21	4	Сегмент індикатора (вихід)
12	5	Сегмент індикатора (вихід)
13	6	Сегмент індикатора (вихід)
14	7	Сегмент індикатора (вихід)

## 3.4 Інтегроване середовище розробки прикладних програм

CodeVisionAVR — інтегроване середовище розробки програмного забезпечення для AVR мікроконтролерів (рис. 3.15).

Перевагами даного середовища є те, що воно підтримує багато сімейства мікроконтролерів AVR, має досить зручний інтерфейс, формує продуктивний

та ємний програмний код.

CodeVisionAVR записує створену програму безпосередньо в пам'ять мікроконтролера. Модуль прошивки здатний взаємодіяти безпосередньо з програматорами (AVR, PIC, STM8, HC68, STK200/300 та інші).

Середовище також дозволяє працювати з кількома проектами одночасно, регулювати час автозбереження результатів, можна розміщувати закладки.

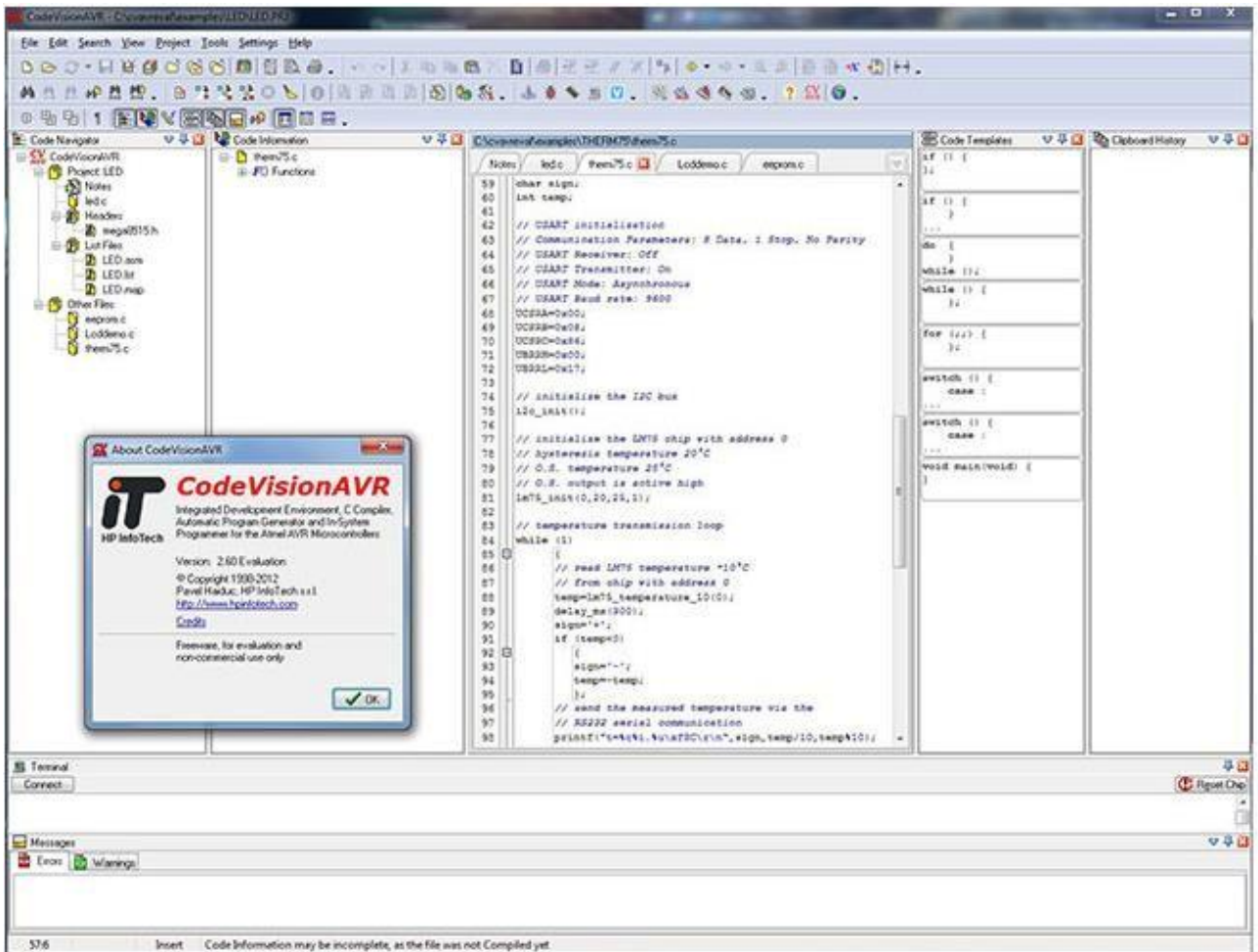


Рисунок 3.15 — Робоче вікно CodeVisionAVR

Основні модулі CodeVisionAVR:

- транслятори програм, які використовують мову Cі або асемблер, та перетворюють на машинний код (формати hex та ін.) для CodeVisionAVR;
- елементи для ініціалізації периферійних пристроїв;
- модуль для роботи з платою налагодження STK-500;
- компоненти взаємодії із зовнішніми програматорами;

- редактор початкового коду;

- термінальний модуль.

Результат роботи в CodeVisionAVR представляється у вигляді HEX, ROM або BIN-файлу для прямого прошивки мікроконтролера. Також програма може бути передана у форматі COFF (файл налагоджувача) або OBJ. Число вбудованих бібліотек CodeVisionAVR збільшується з кожною новою версією і включає підтримку продукції від таких відомих виробників як National Semiconductor, Philips і багатьох інших.

CodeVisionAVR відрізняється від AVR — GCC синтаксисом, кількістю підтримуваних мікроконтролерів та швидкодією кінцевого коду.

Іншим програмним пакетом, що використовується в цій роботі є Visual Micro Lab.

Visual Micro Lab (VMLAB) — це програмний пакет, розрахований для налагодження програмного забезпечення, а також моделювання роботи радіоелектронних пристроїв, наприклад, мікроконтролери AVR. VMLAB називають віртуальною лабораторією або емулятором. Visual Micro Lab досить легко зв'язується з асемблерними та СІ компіляторами, від яких вигідно відрізняється наявністю:

- потужного багатовіконного текстового редактора;

- зручного відладчика;

- змішаного режиму аналогово-цифрового моделювання;

- добротний контроль коду.

Програмний пакет дозволяє створювати розробки проектів на мікроконтролерах, в яких апаратні засоби та програмне забезпечення вашого проекту моделюються разом, що дозволяє без жодної пайки перевірити працездатність пристрою, що розробляється. Visual Micro Lab також вирішує проблеми пошуку помилок у програмному кодї. Вихідним файлом для VMLAB є безпосередньо hex файл прошивки (можливе підключення асемблера \*.asm). Емулятор дозволяє використовувати для перевірки осцилограф, працювати зі світлодіодами, змінювати програмно температуру в



системі, частоту кристала, а також паралельно спостерігати вплив всього цього на інші параметри (наприклад, струм споживання), спостерігати що відбувається в пам'яті EEPROM, стежити за значенням регістрів периферійних пристроїв мікроконтролера.

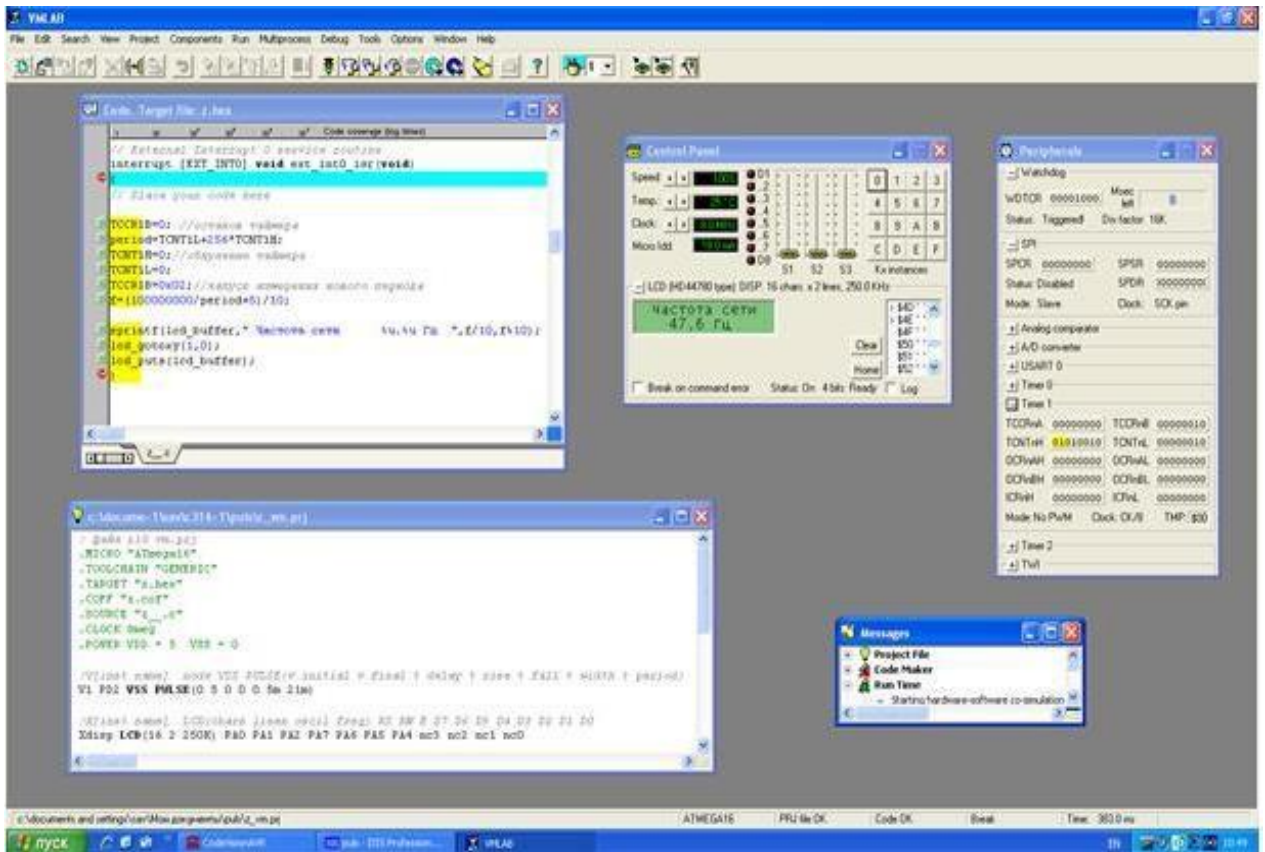


Рисунок 3.16 — Робоче вікно VMLAB

### 3.5 Лістинг програми для мікроконтролера

Програму для мікроконтролера пишемо мовою Assembler, оскільки ця програма є більш простою в написанні, наочною і не вимагає спеціальних знань особливостей даного мікроконтролера. Програмуватимемо в CodeVision AVR. Дана спеціально створена для роботи з мікроконтролерами AVR, існують бібліотеки для всіх мікроконтролерів (включно з Atmega8535) та інструмент початкового створення коду. Використовуючи цей інструмент, можна налаштувати порти вводу/виводу, роботу по послідовному порту, таймер та АЦП перетворювач.

Лістинг програми для мікроконтролера представлений у додатку В. Програма для мікроконтролера складається з трьох основних блоків:

— попереднє встановлення запускається по RESET або при увімкненні живлення мікроконтролера;

— вимірювання ваги, запускається по сигналу INT0, що відповідає сигналу готовності даних на виході мікросхеми аналого-цифрового перетворювача;

— виведення інформації на комп'ютер, запускається за викликом з підпрограм виміру ваги або обробки послідовного порту (з отримання керуючого сигналу з комп'ютера);

— калібрування — зчитування кодів із АЦП, причому отриманий код вважається таким, що відповідає нульовій вазі, дані значення будуть відніматися згодом із коду, отриманого при вимірі ваги вагона, запускається сигналом INT1, відповідному сигналу готовності даних на виході мікросхеми аналого-цифрового перетворювача.

Слід зазначити, що підпрограма калібрування запускається лише з керуючого сигналу від комп'ютера. Справа в тому, що якщо організувати запуск по включенню, може виявитися, що на терезах вже стоїть вагон. При цьому на виході пристрою видаватиметься код, що відповідає нульовій вазі. Так, як, ми маємо справу з важкими вагонами, може бути накладним відкочувати вагон тільки для калібрування.

При передачі на мікроконтролер керуючого слова, наступним тактом відбувається обробка переривання, що з послідовним портом (у послідовного порту — найвищий пріоритет). Далі відбувається розпізнавання керуючого слова та дія згідно з ним.

Таблиця 3.7 — Таблиця управляючих слів і дій

Керуюче слово	Дії, що виробляються пристроєм по керуючому сигналу
00111100	Обнулення пам'яті, що містять зміщення і результати перетворення.
11110000	Перетворення та передавання коду, відповідної ваги.
00001111	Передача коду, що відповідає вазі вагона, що вимірюється.
11111111	Калібрування пристрою

## 4 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

### 4.1 Симуляція роботи мікроконтролера

Для підтвердження правильності роботи нашої схеми та отримання тимчасових діаграм роботи системи потрібне проведення симуляції роботи мікроконтролера. Використовуємо програму VMLAB, що призначена для симуляції роботи мікропроцесорів AVR. Можна використовувати програмне забезпечення, написане раніше на CodeVisionAVR, (Додаток Г), що описує електричну схему системи для симуляції. Отримуємо часові діаграми реакції системи в динамічному та статичному режимах (рисунок 4.1, 4.2).

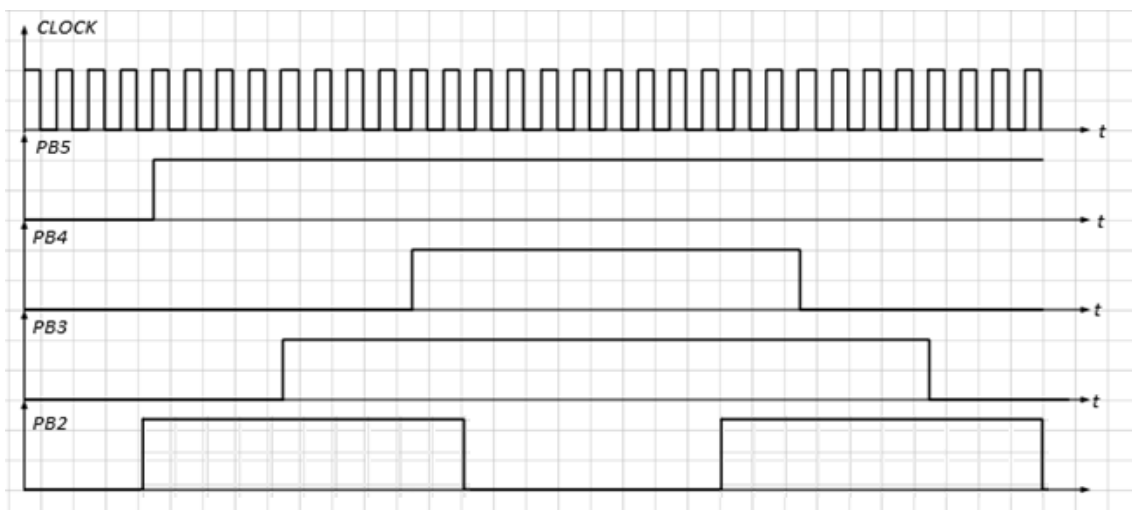


Рисунок 4.1 — Реакція системи у динамічному режимі

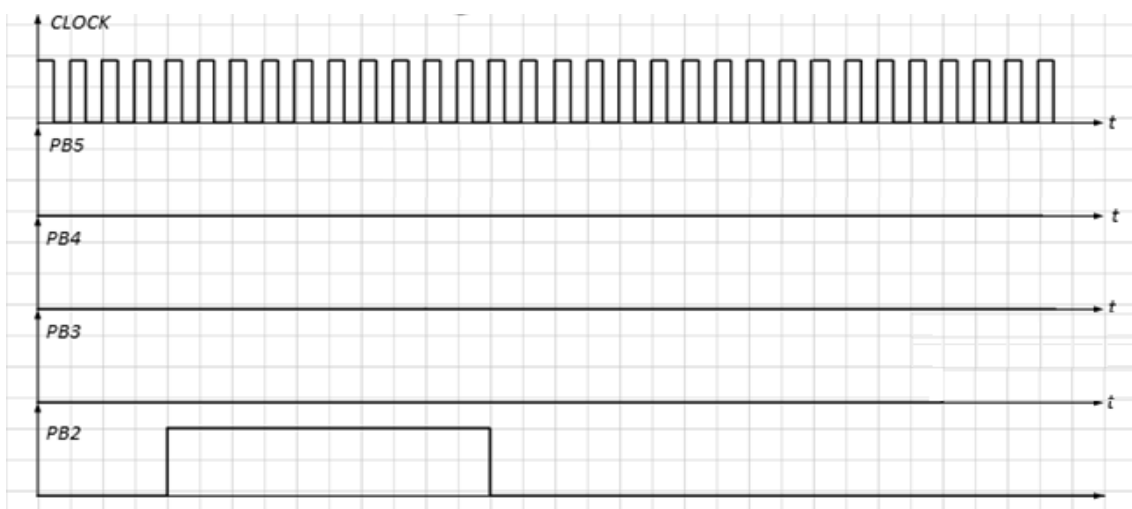


Рисунок 4.2 — Реакція системи в статичному режимі

#### 4.2 Опис установки та методики експериментального дослідження

Для перевірки реакції тензодатчиків на дестабілізуючі чинники запропоновано побудувати стенд, який викликатиме дестабілізуючі ефекти у вимірювальній системі (рис. 4.3). Він складається з тензодатчика (3), який жорстко закріплений з одного боку на нерухомій платформі (4). А з іншого боку, вільно звисаючи, в кутку розміщена металева напрямна (2), разом з якою металеві кульки (1) імітують проходження каретки по ваговому майданчику.

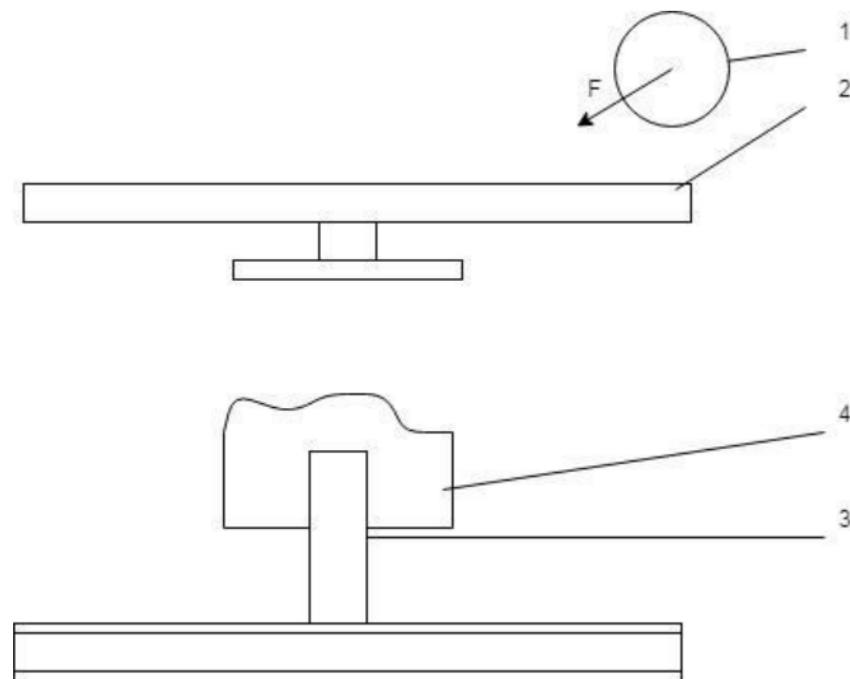
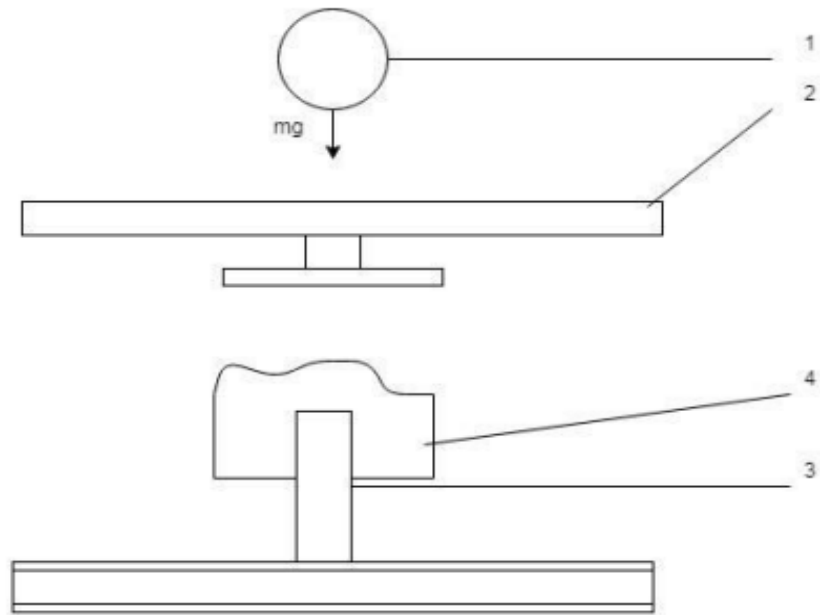


Рисунок 4.3 — Експериментальна установка (перший етап): 1— металева куля; 2— направляюча; 3 — тензOMETричний датчик; 4 — нерухома платформа

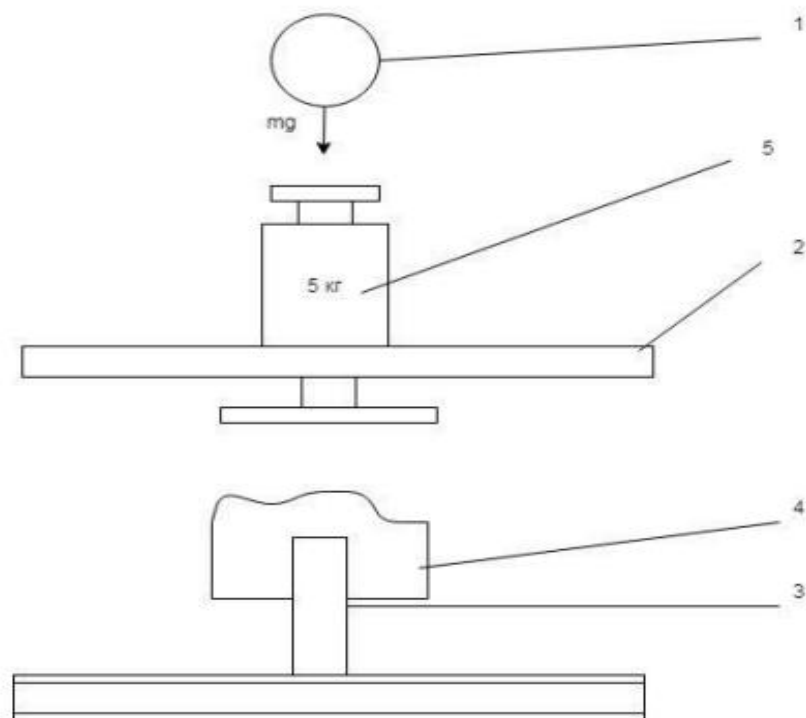
На першому етапі запропоновано кидати кулю з одного боку напрямної, що обертається, на інший бік. Киньте п'ять разів у напрямку схилу і п'ять разів у бік схилу (рис. 4.3)

На другому етапі досліджень (рис. 4.4) запропоновано проводити експеримент по знаходженню власних частот коливань шляхом безпосереднього підкидання металевої кульки (1) до датчика тензOMETра. Необхідно зробити п'ять кидків кулі безпосередньо на датчик (рис. 4.4, а) і п'ять разів з додатковою вагою,

розміщеною зверху (5) в 5 кг (рис. 4.4, б).



а) кинути кулю безпосередньо на датчик



б) кидання кулі на вантаж масою 5 кг

Рисунок 4.4 — Принцип проведення досліду на другому етапі: 1 — металева куля; 2 — направляюча; 3 — тензOMETричний датчик; 4 — нерухома платформа; 5 — вага

На третьому етапі (рис. 4.5) можна змодельовати фактори низькочастотної нестабільності за допомогою маятника (1), який розміщувався у вимірювальному полі тензодатчика (3). Можна провести дослідження з вагою 3,5 кг, 20 кг та 9,5 кг.

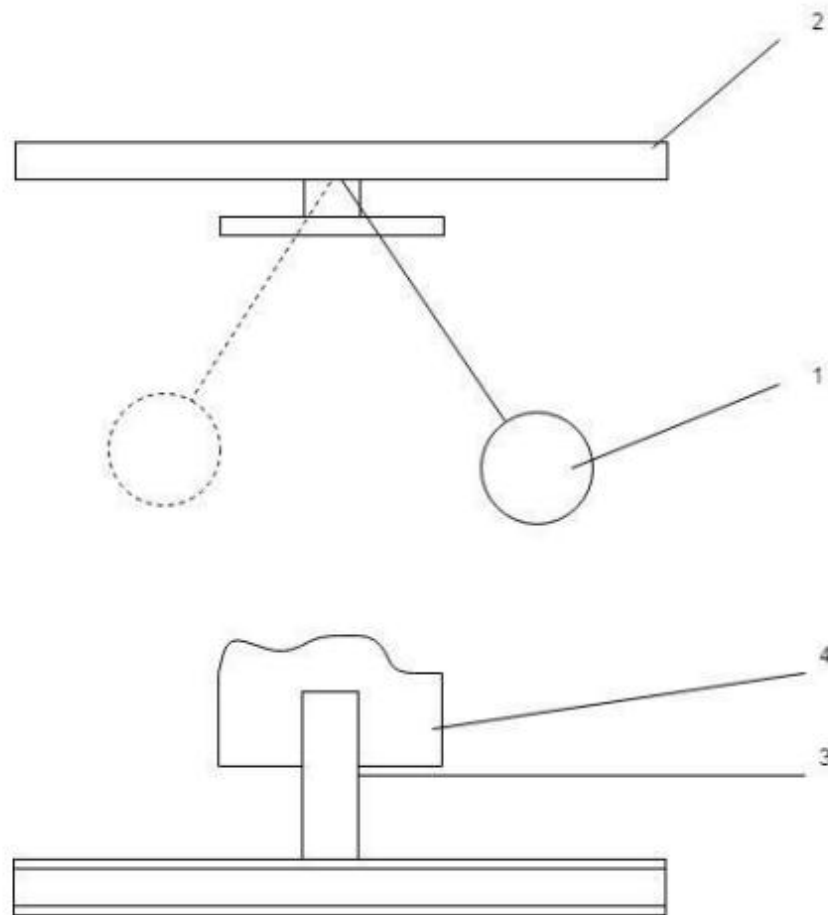


Рисунок 4.5 — Принцип проведення дослідів на третьому етапі

На четвертому етапі (рис.4.6) можемо зімітувати прохід вагона шляхом кочення металеві кульки (1) і напрямних (2), та шляхом розміщення маятника (5) вагою 9,5 кг, що створить, по-суті, ефект низькочастотної нестабільності в русі.

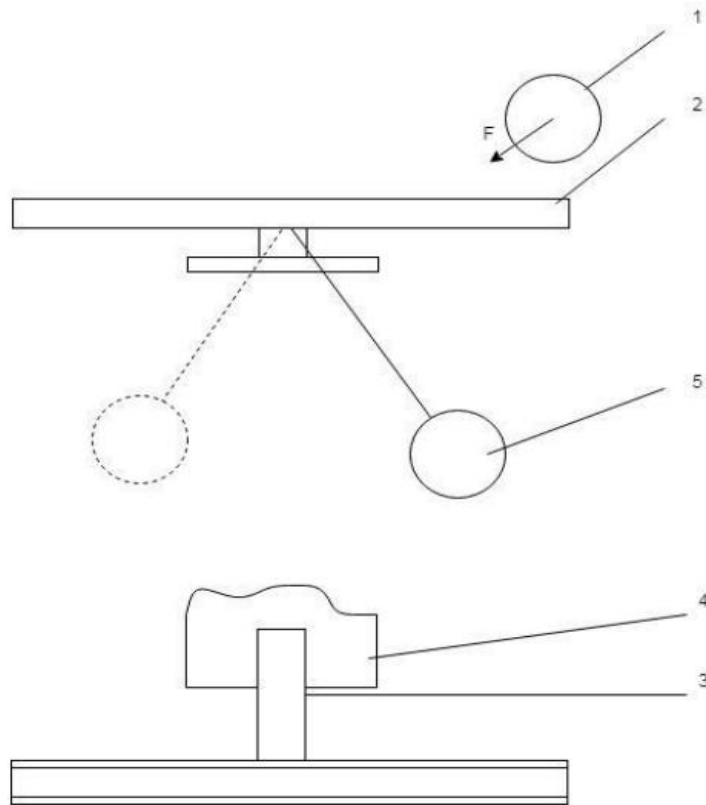


Рисунок 4.6 — Принцип проведення дослідів на четвертому етапі: 1— металева кулька; 2 — направляюча; 3 — тензодатчик; 4 — нерухома платформа; 5 — маятник

#### 4.3 Проведення експерименту

Відповідно до запропонованої методики можна отримати ряд дестабілізуючих впливів на тензодатчики в системі зважування в русі. Результатом є набір сигналів різної форми.

Експериментальні дослідження можна представити так:

фаза 1:

- куля з початковим імпульсом покотилася вниз по похилому (1 дослід);
- кочення кулі вгору з початковим імпульсом (1 дослід);

фаза 2:

- кидання кулі на датчик (1 дослідів);
- кидання кулі на датчик та вагою 5 кг (1 дослідів);

фаза 3:



— створення дестабілізуючих факторів шляхом прикріплення маятника вагою 3,5 кг (1 дослід);

— створення нестабільних факторів шляхом посилення маятника вагою 20кг (1 експеримент);

— створення нестабільних факторів шляхом посилення маятника вагою 9,5 кг (1 дослід);

фаза 4:

— створення дестабілізуючих факторів шляхом переміщення маятника маса 9,5 кг при коченні металевої кульки (1 дослід, 4 кульки).

Для проведення експерименту застосовується тензOMETричний датчик A1 [11], який підключений до МК через модуль HX711 (A2) [12].

Вигляд експериментальної установки на базі тензOMETричного датчика Wavgat і модуля HX711 представлені на рисунках 4.7 відповідно. Головне завдання — показати доцільність саме такої методики дослідження з відповідними етапами. Графіки вимірів показників, які будуть застосовані для подальшого моделювання у VMLAB показано на рисунках нижче [13-25].

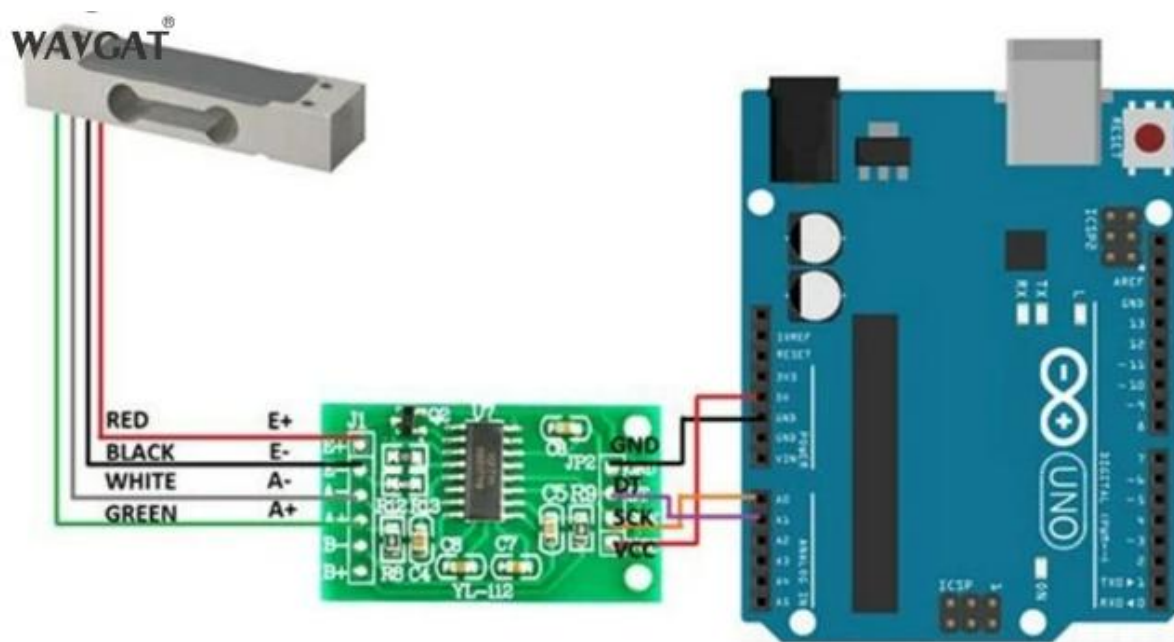


Рисунок 4.7 — Зовнішній вигляд експериментальної установки

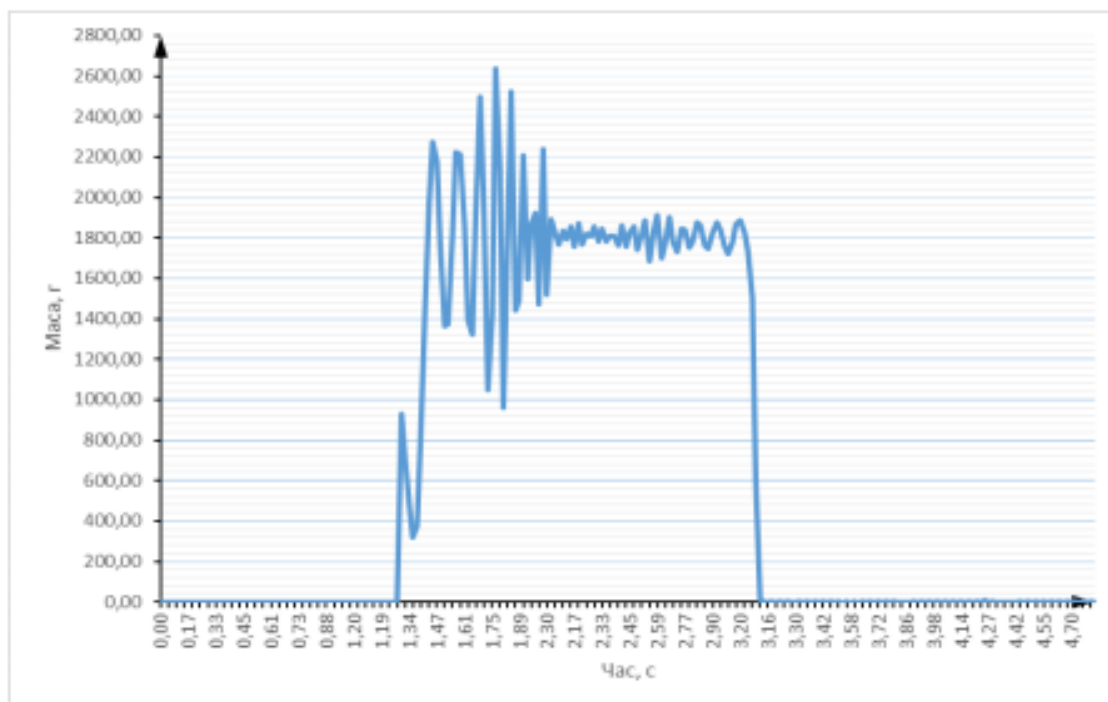


Рисунок 4.8 — Фаза 1, вимір 1

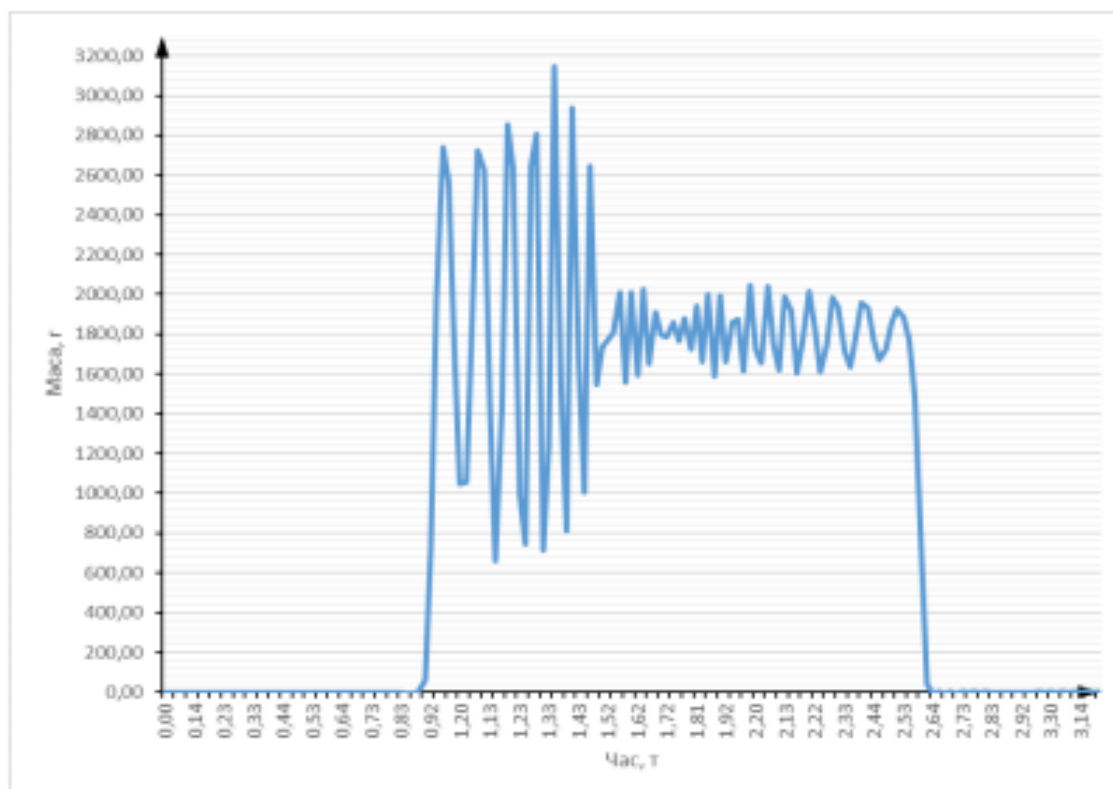


Рисунок 4.9 — Фаза 1, вимір 2

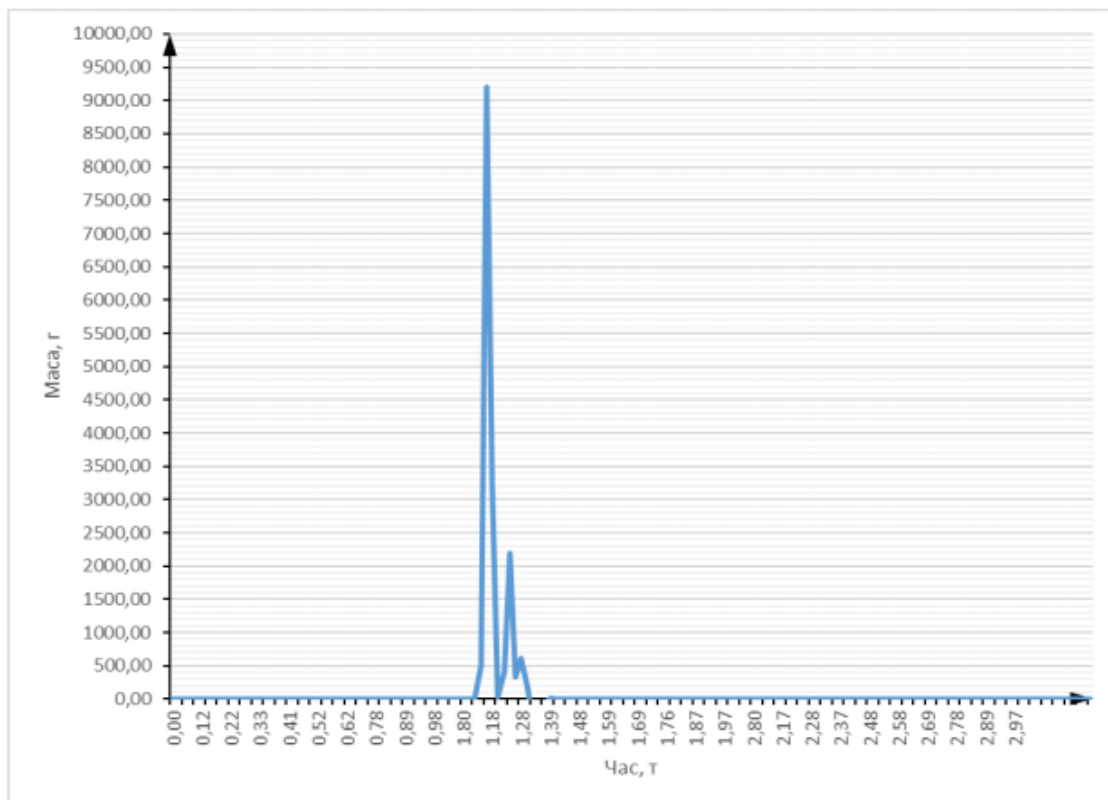


Рисунок 4.10 — Фаза 2, вимір 1

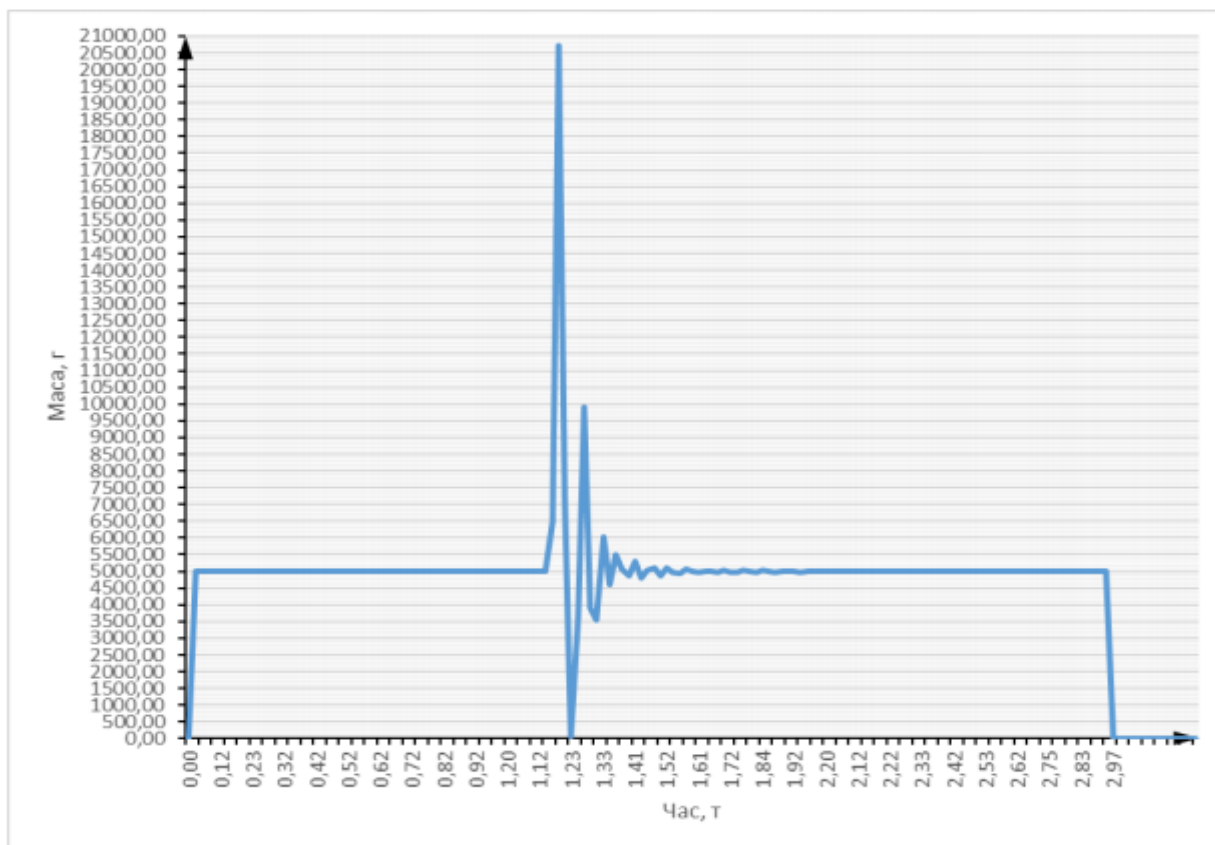


Рисунок 4.11 — Фаза 2, вимір 2

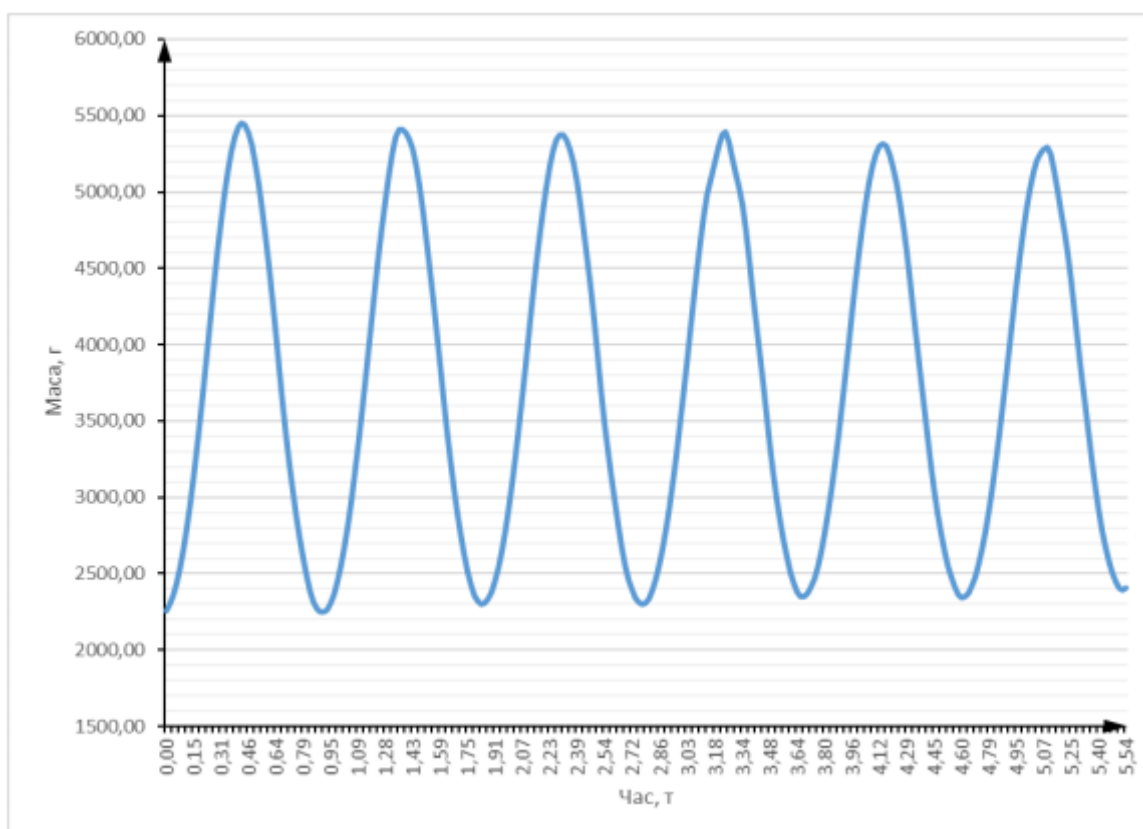


Рисунок 4.12 — Фаза 3, вимір 1

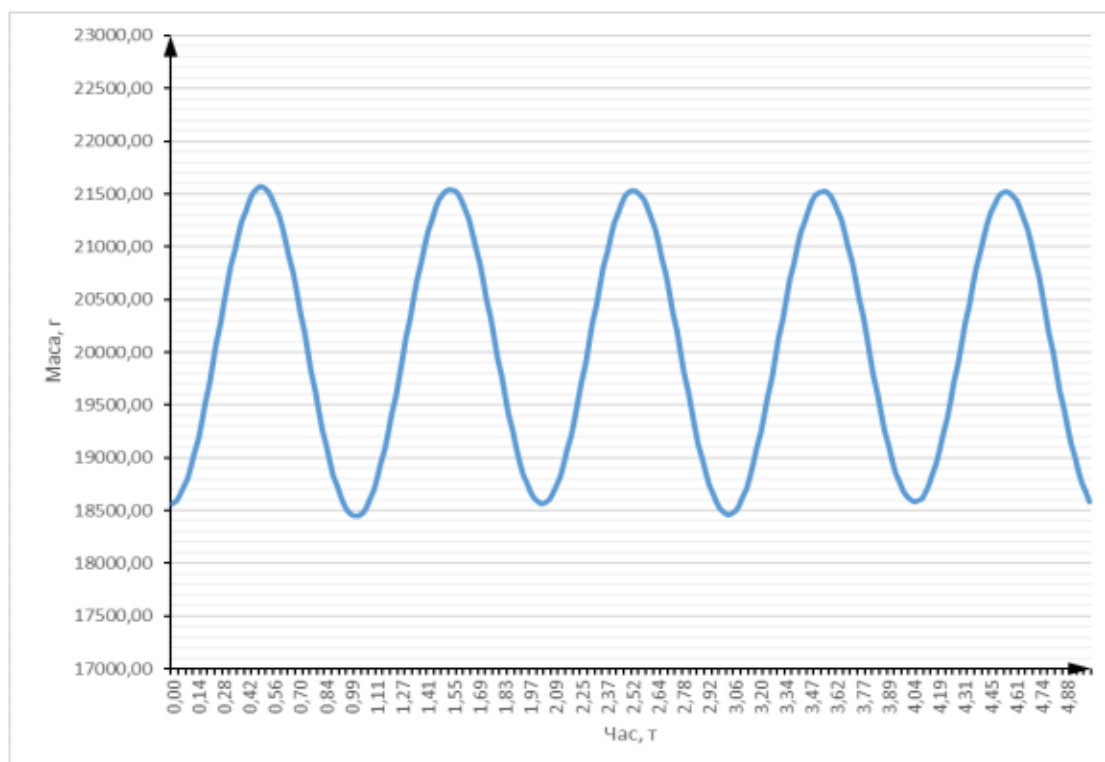


Рисунок 4.13 — Фаза 3, вимір 2

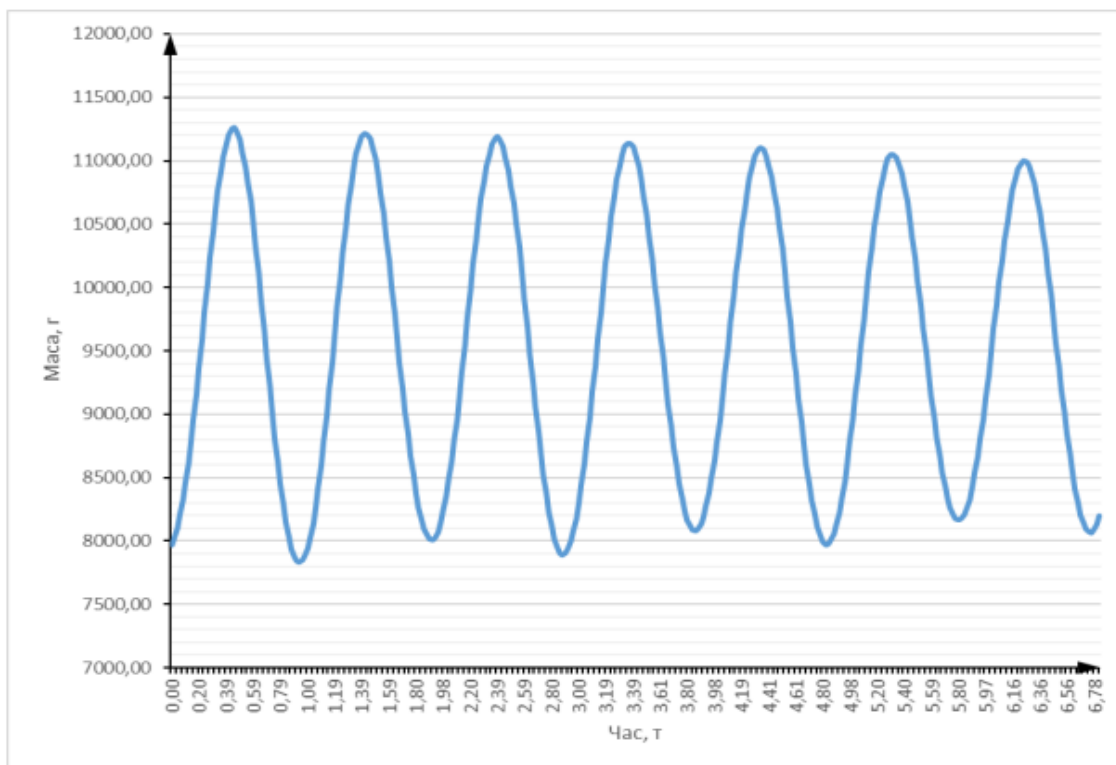


Рисунок 4.14 — Фаза 3, вимір 3

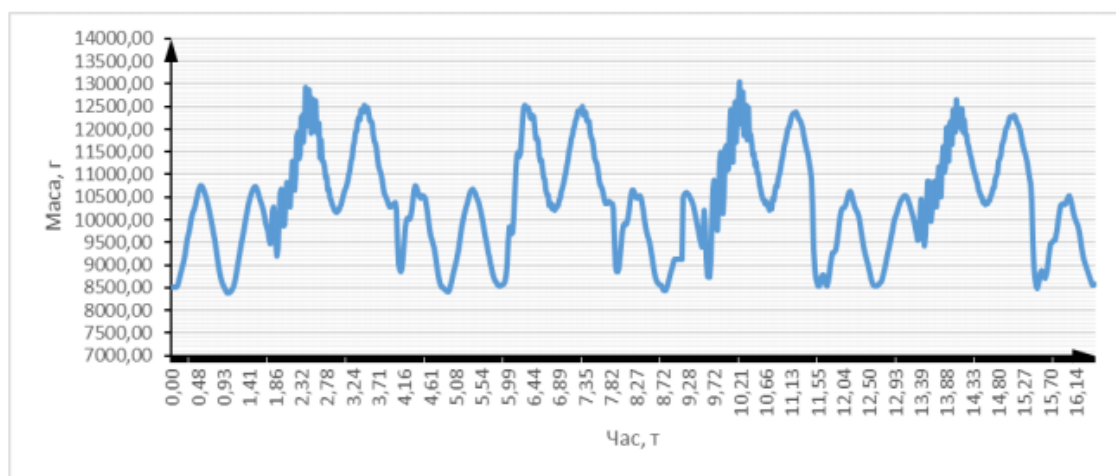


Рисунок 4.15 — Фаза 4, вимір 1

#### 4.4 Аналіз результатів цифрової фільтрації

Для дослідження динамічних збурень було проведено низку експериментів, що моделюють різноманітні дестабілізуючі фактори, а також процеси взаємодії з ваговою системою, що дозволяє визначити власну частоту вібрації тензора лічильника. Наступним кроком є аналіз та вибір методів

фільтрації для їх усунення та визначення власних частот коливань.

Для фільтрації використовувалися фільтри низьких частот (ФНЧ), оскільки фактори нестабільності мають більшу частоту, ніж частота основного сигналу.

Тип фільтрів вибирається з нескінченною імпульсною характеристикою. Для аналізу методів фільтрації були обрані наступні фільтри низьких частот:

- ФНЧ Чебишева 1-го порядку;
- ФНЧ Чебишева 2-го порядку;
- ФНЧ Баттерворта;
- еліптичний ФНЧ.

Фаза 1 — результати експериментів 1,2 були використані для аналізу методів фільтрації високочастотного сигналу. В експериментах 1,2 вони являють собою керовані коливання, викликані ударом по ньому металевої кульки, що імітує обертання вагона на платформі для ваг.

Визначені параметри фільтрів наведені в таблиці. 4.1. Амплітудно-частотні характеристики фільтрів наведені на рис. 4.16-4.19.

Таблиця 4.1 — Параметри ФНЧ для дослідження фаза 1

Тип ФНЧ	Порядок фільтру	Частота пропускання, Гц	Частота подавлення, Гц	Величина пропускання, dB	Величина подавлення, dB
Чебишева I	3	0,5	0,6	1	4
Чебишева II	3	0,5	0,6	1	4
Баттерворта	5	0,5	0,6	1	4
Еліптичний	3	0,5	0,6	1	30

Результати відфільтрованих сигналів за допомогою заданого переліку фільтрів показані на рис. 4.20-4.23. На рисунках зображені 4 графіки. Графік на якому зображенні вхідні данні з фільтру, його спектр та відфільтрований сигнал за допомогою одного з вказаних фільтрів та його спектр.

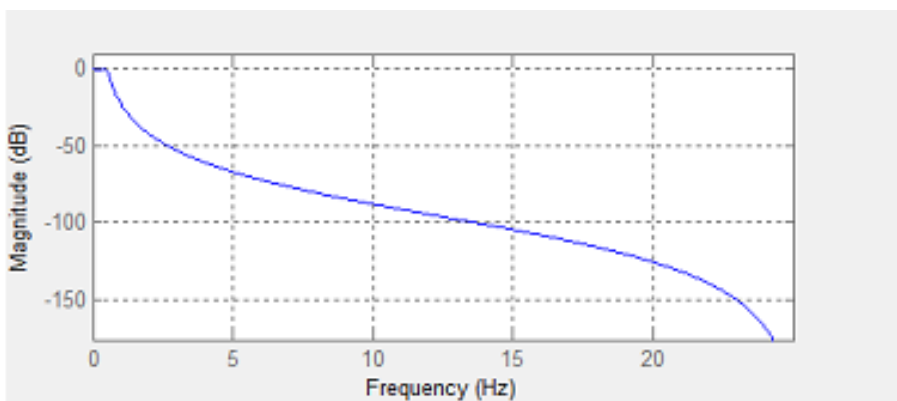


Рисунок 4.16 — АЧХ ФНЧ Чебишева 1-го порядка

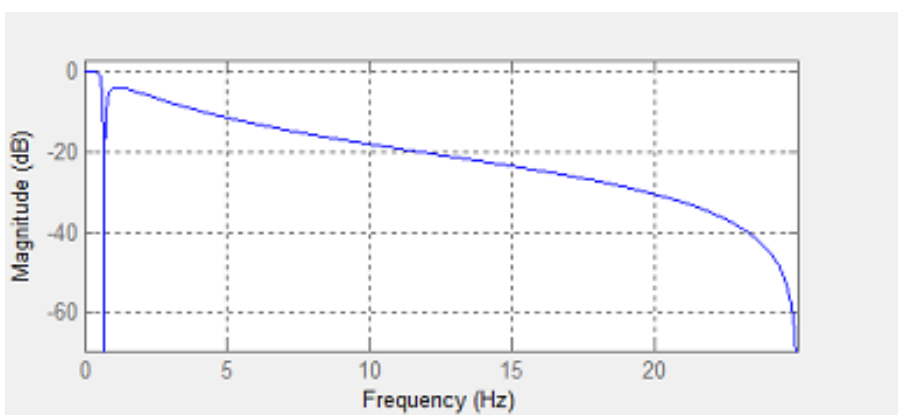


Рисунок 4.17 — АЧХ ФНЧ Чебишева 2-го порядка

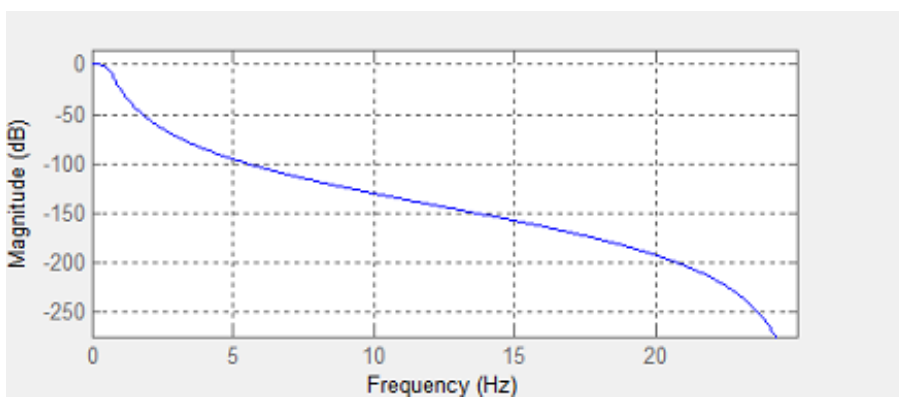


Рисунок 4.18 — АЧХ ФНЧ Баттлерворта

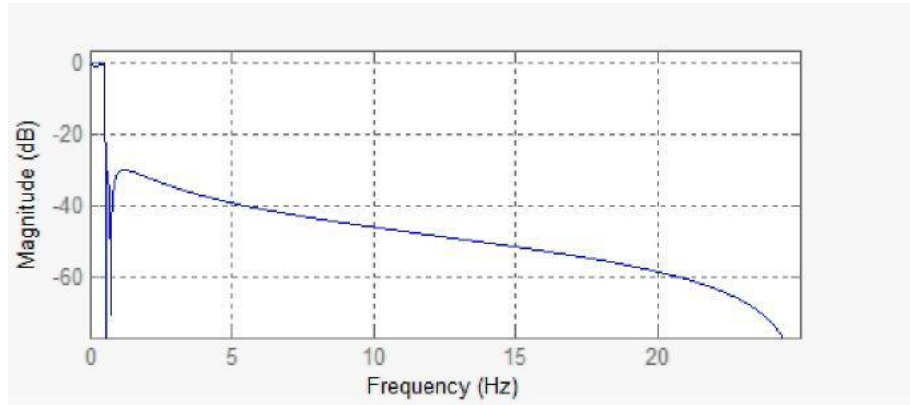


Рисунок 4.19 — АЧХ еліптичного ФНЧ

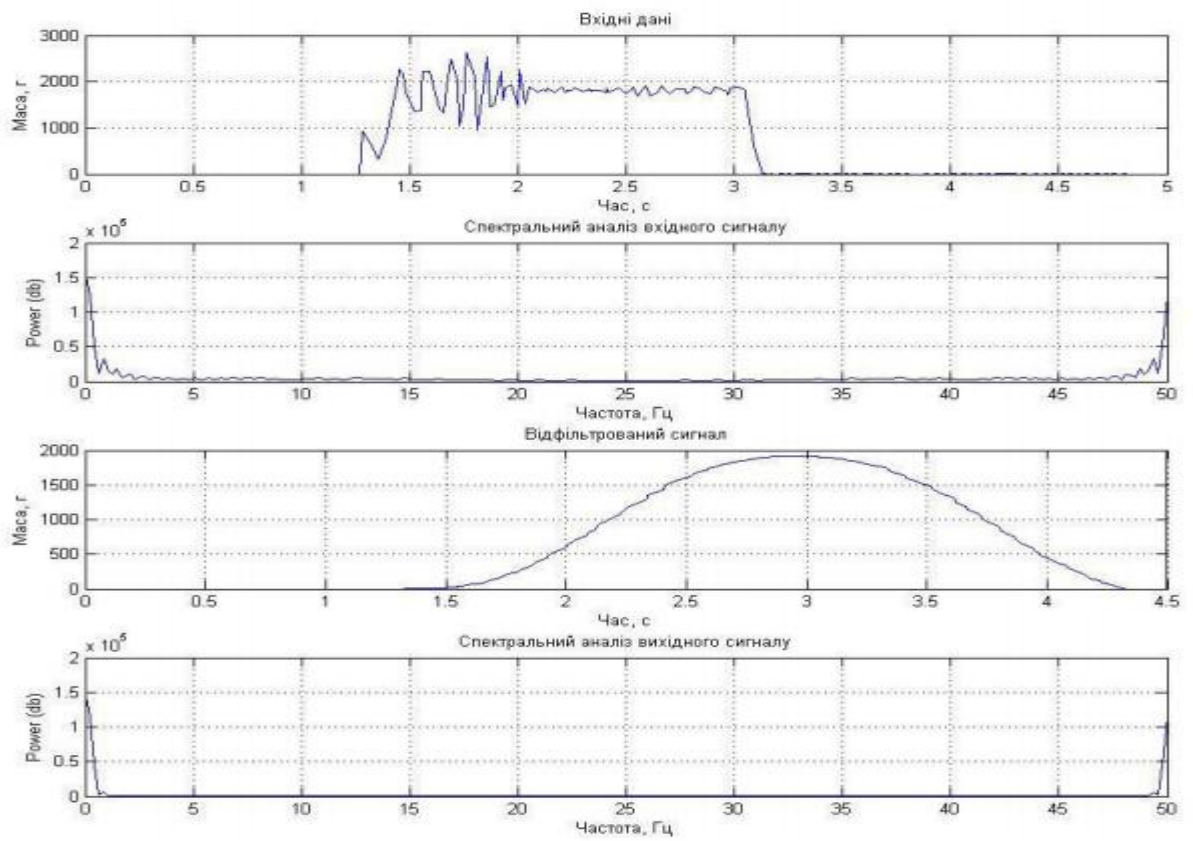


Рисунок 4.20 — Результат фільтрації ФНЧ Чебишева 1-го порядку



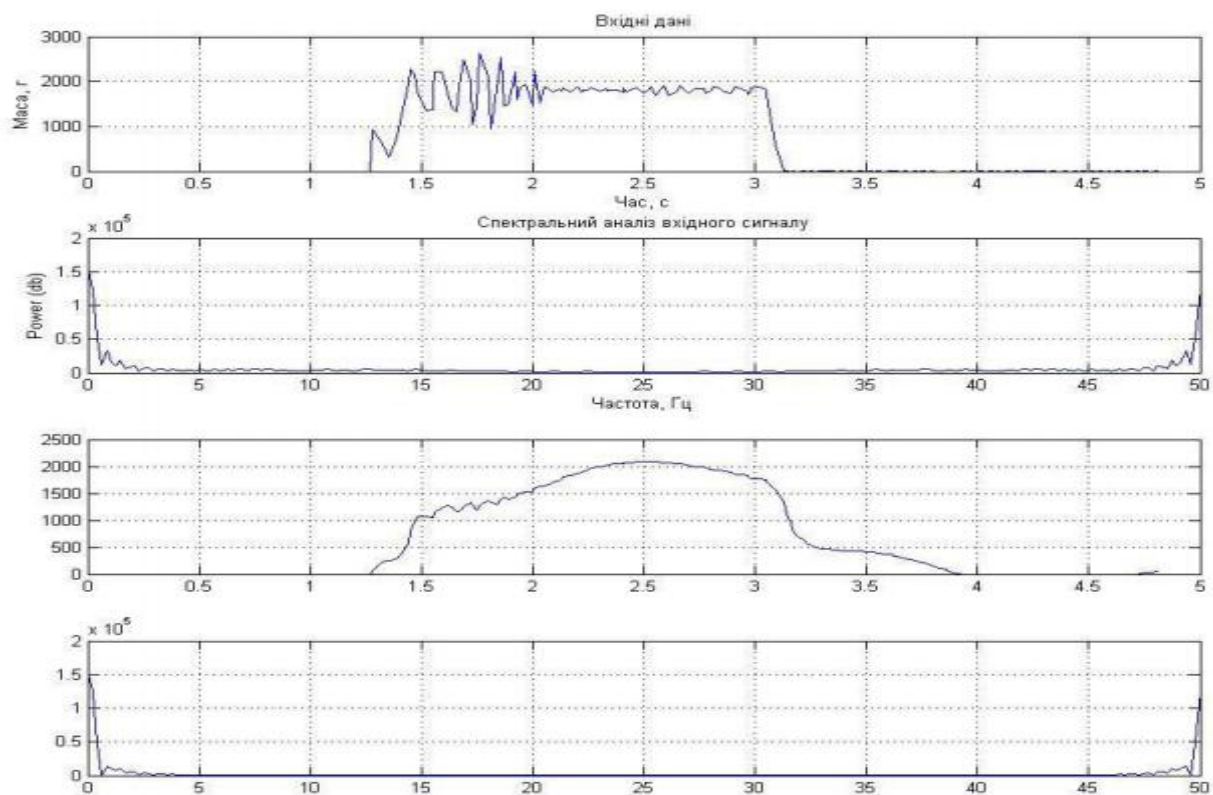


Рисунок 4.21 — Результат фільтрації ФНЧ Чебишева 2-го порядку

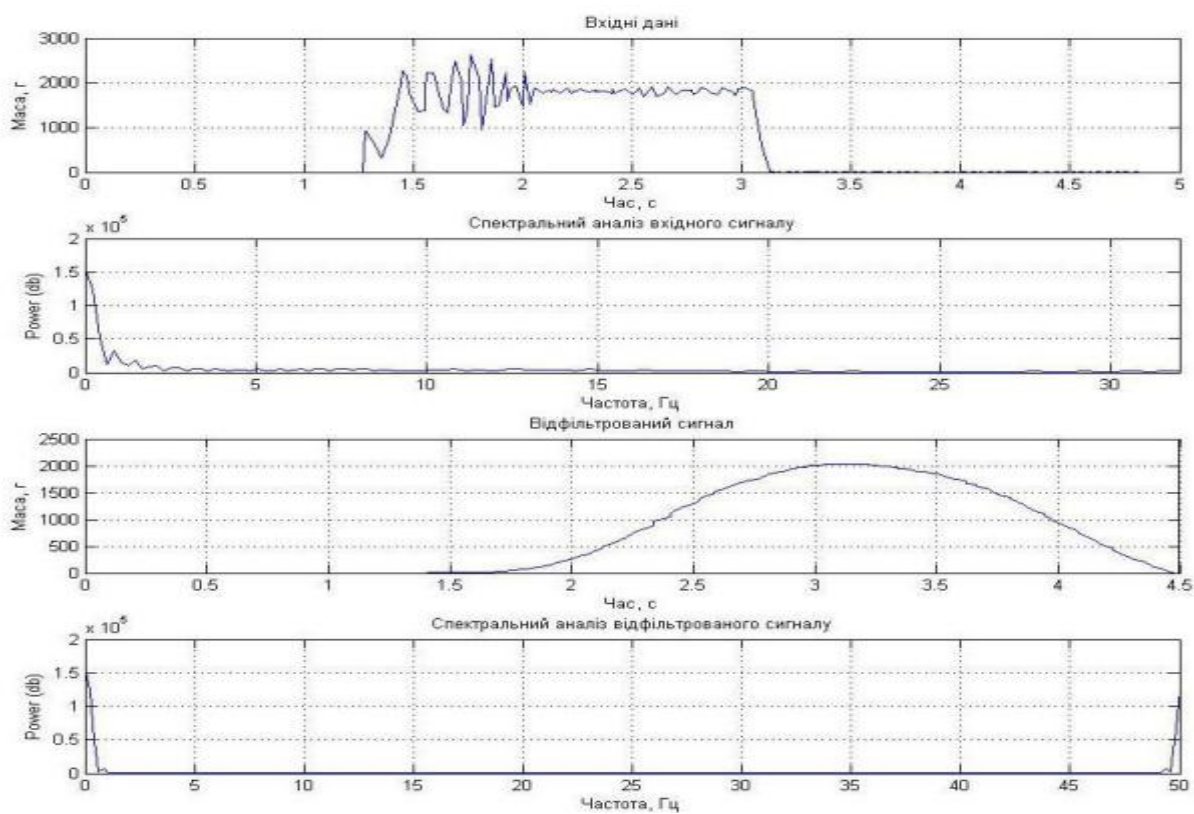


Рисунок 4.22 — Результат фільтрації ФНЧ Баттервота

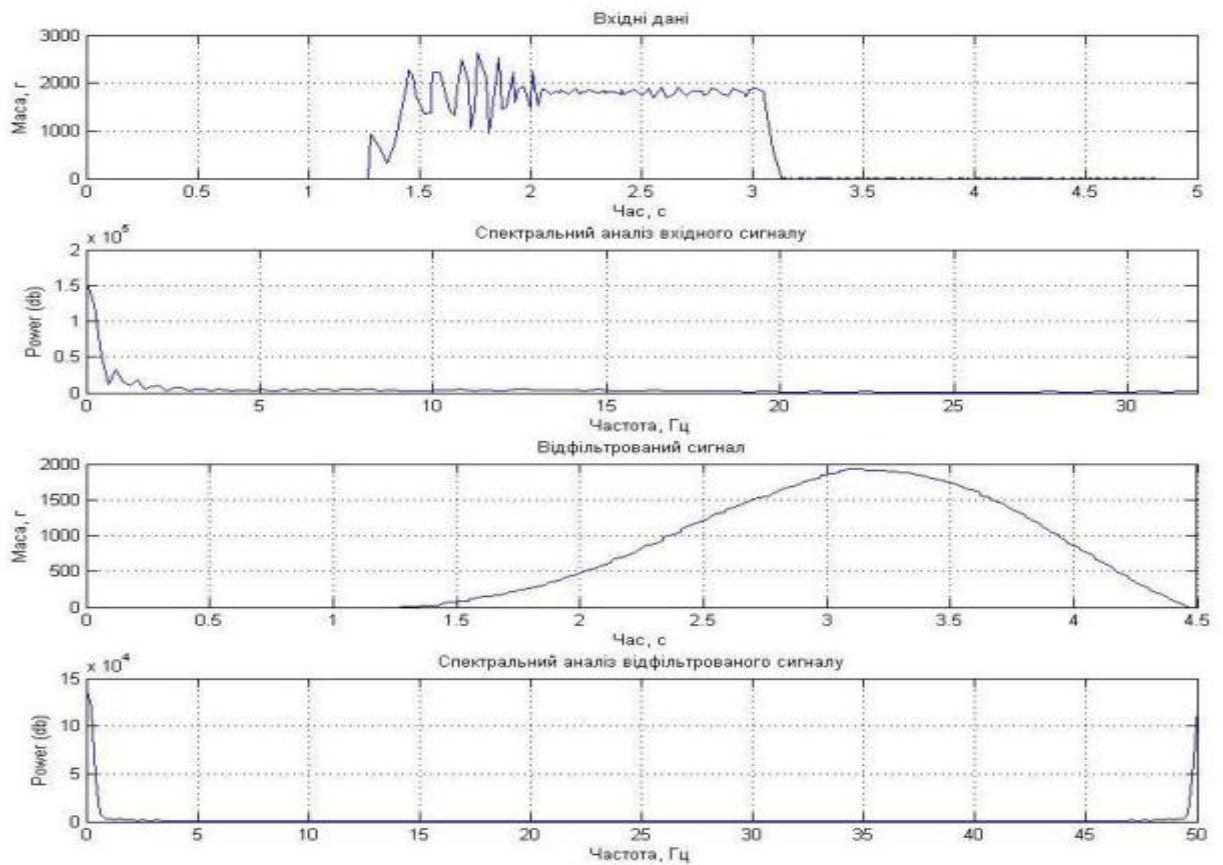


Рисунок 4.23 — Результат фільтрації еліптичним ФНЧ

Фаза 2 — Результати експериментів 3,4 було використано для оцінки частоти власних коливань системи за допомогою спектрального аналізу. Результат показано на рисунках 4.24, 4.25.

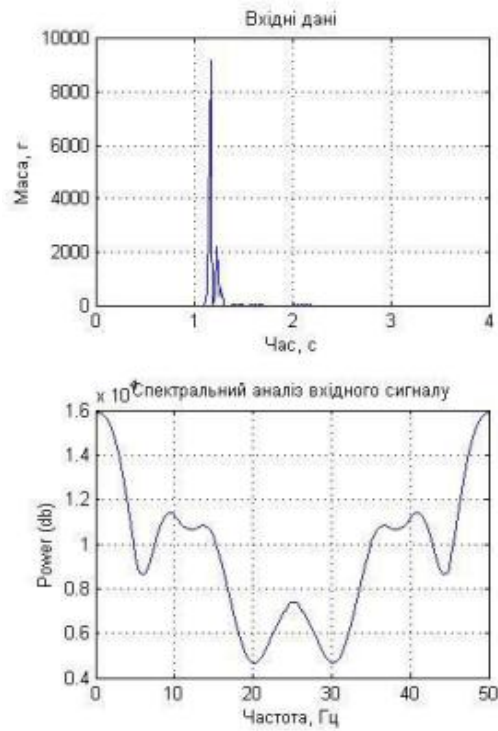


Рисунок 4.24 — Спектральний аналіз фаза 2, вимір 1

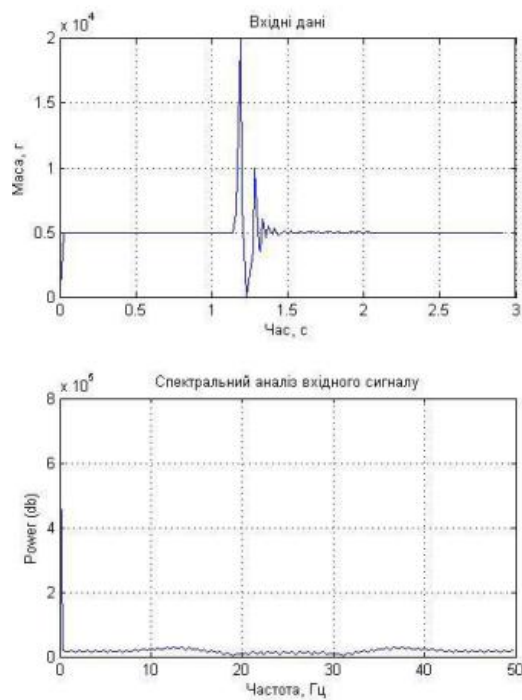


Рисунок 4.25 — Спектральний аналіз фаза 2, вимір 2

Фаза 3 — результати експериментів 5, 6, 7 аналогічно як і експерименти 1, 2 фази 1, проте змінено порядок фільтра. Експеримент 5 являє собою коливання

маятника вагою 20 кг, прикріпленого до чутливої частини датчика. Результати експерименту 6 були використані для аналізу методів фільтрації низькочастотних перешкод. Результати експерименту 7 були використані для аналізу методів фільтрації низькочастотних перешкод. У досліді 7 вони являють собою коливання маятника вагою 9,5 кг, який прикріплений до чутливої частини датчика.

Визначені параметри фільтрів наведені в таблиці. 4.2. Амплітудно-частотні характеристики фільтрів наведені на рис. 4.26-4.29.

Таблиця 4.1 — Параметри ФНЧ для дослідження фаза 1

Тип ФНЧ	Порядок фільтру	Частота пропускання, Гц	Частота подавлення, Гц	Величина пропускання, dB	Величина подавлення, dB
Чебишева I	6	0,22	0,6	1	4
Чебишева II	30	0,22	0,6	1	30
Баттерворта	7	0,22	0,6	1	150
Еліптичний	5	0,22	0,6	1	150

Результати відфільтрованих сигналів за допомогою заданого переліку фільтрів показані на рис. 4.30-4.33. На рисунках зображені 4 графіки. Графік на якому зображенні вхідні дані з фільтру, його спектр та відфільтрований сигнал за допомогою одного з вказаних фільтрів та його спектр.

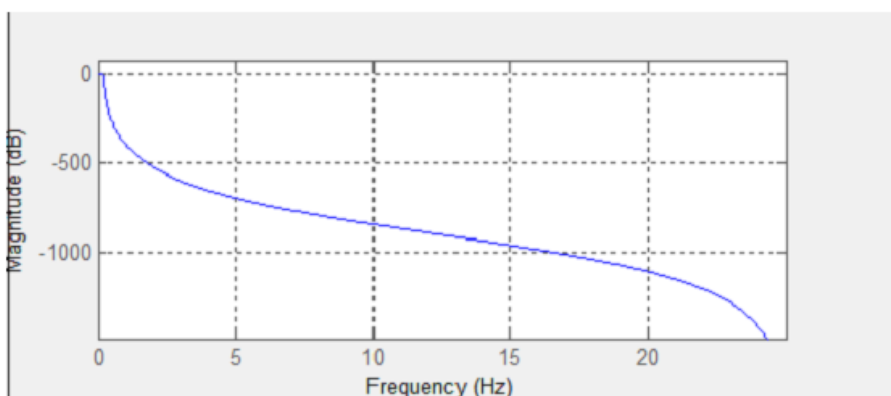


Рисунок 4.26 — АЧХ ФНЧ Чебишева 1-го порядку

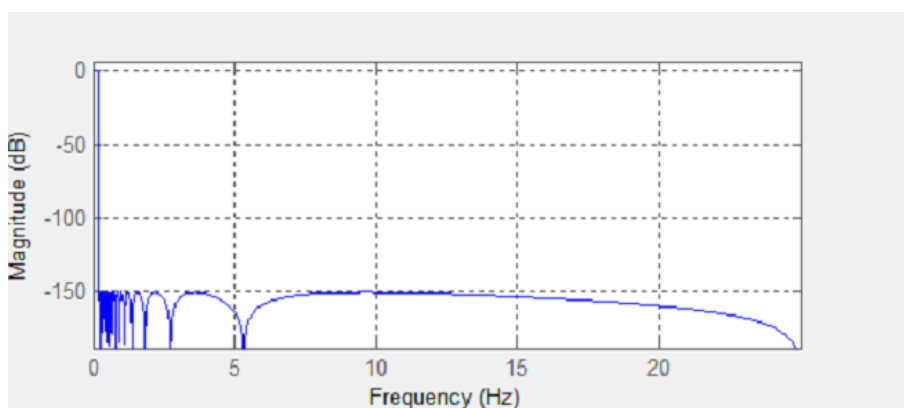


Рисунок 4.27 — АЧХ ФНЧ Чебишева 2-го порядку

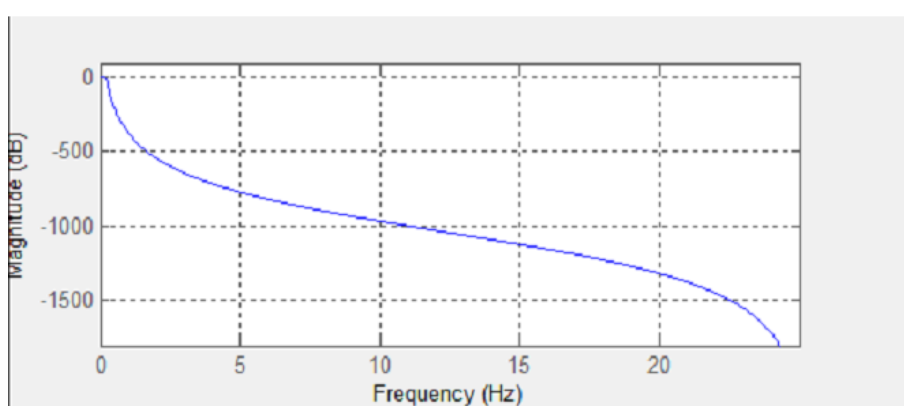


Рисунок 4.28 — АЧХ ФНЧ Баттлворта

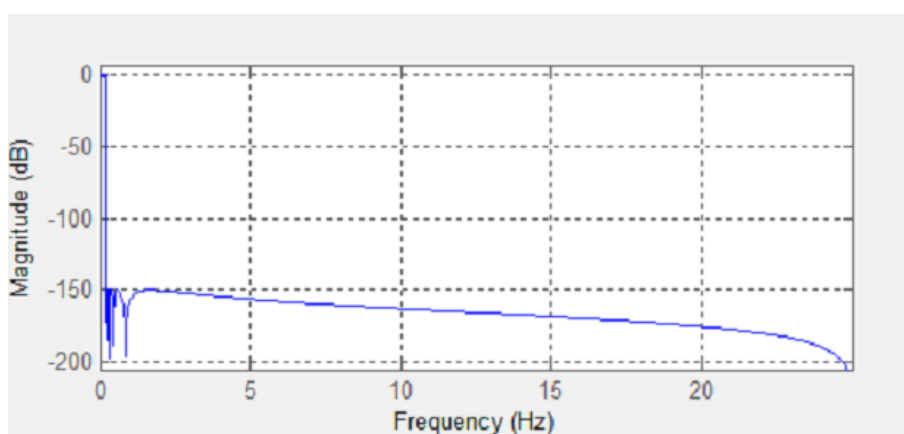


Рисунок 4.29 — АЧХ еліптичного ФНЧ

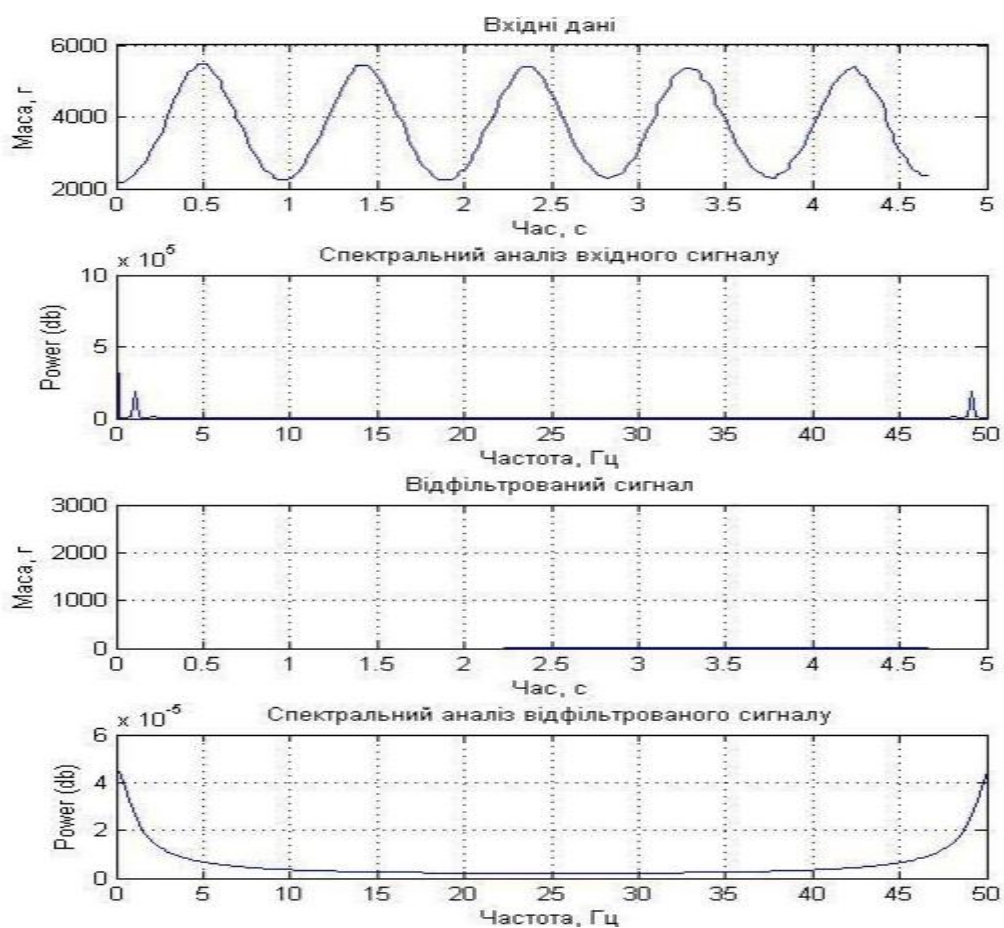


Рисунок 4.30 — Результат фільтрації ФНЧ Чебишева 1-го порядку

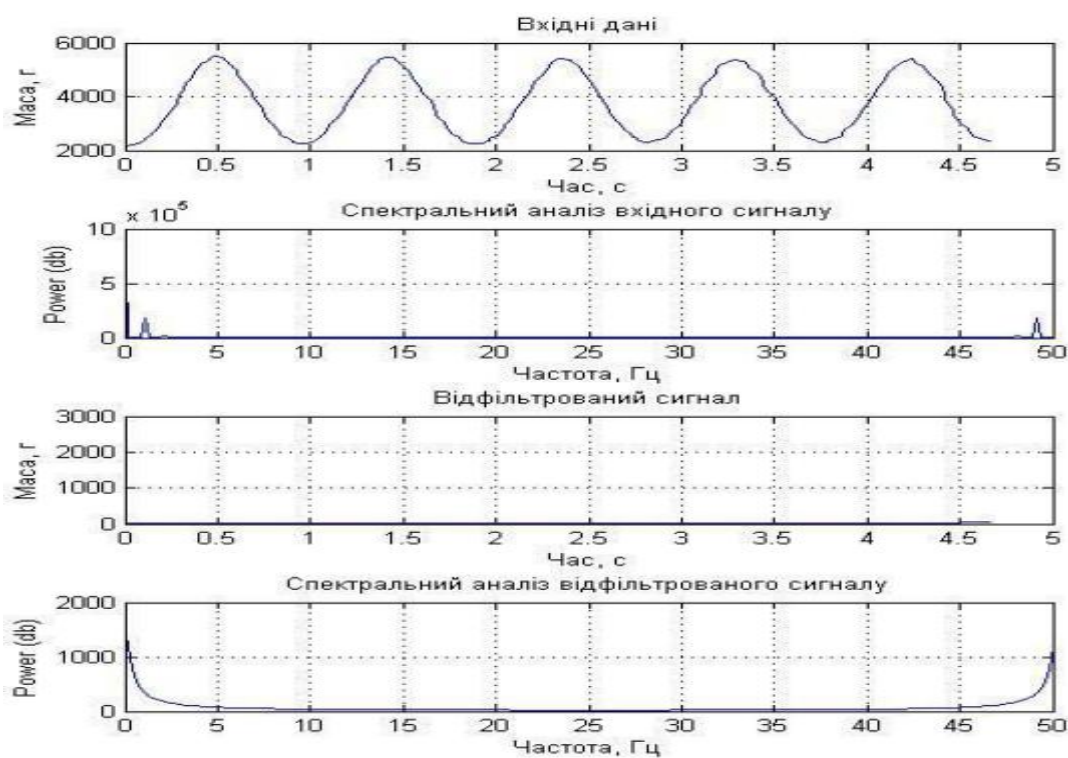


Рисунок 4.31 — Результат фільтрації ФНЧ Чебишева 2-го порядку

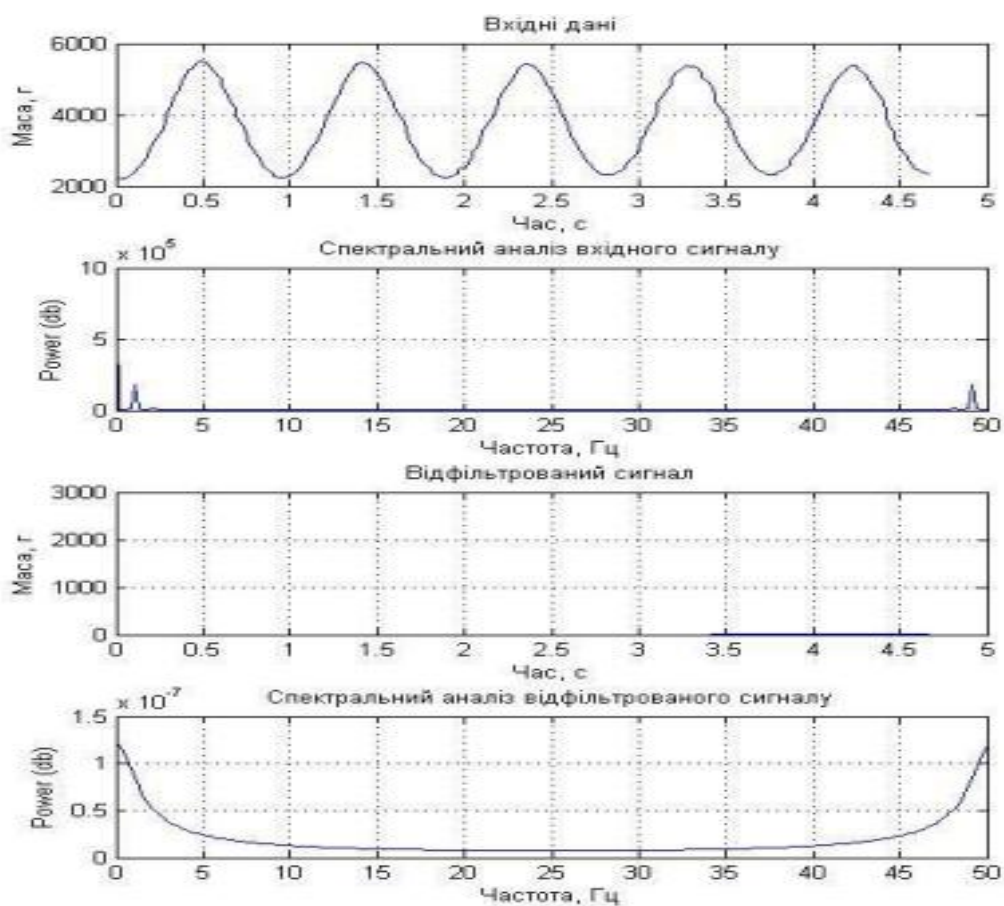


Рисунок 4.22 — Результат фільтрації ФНЧ Баттервота

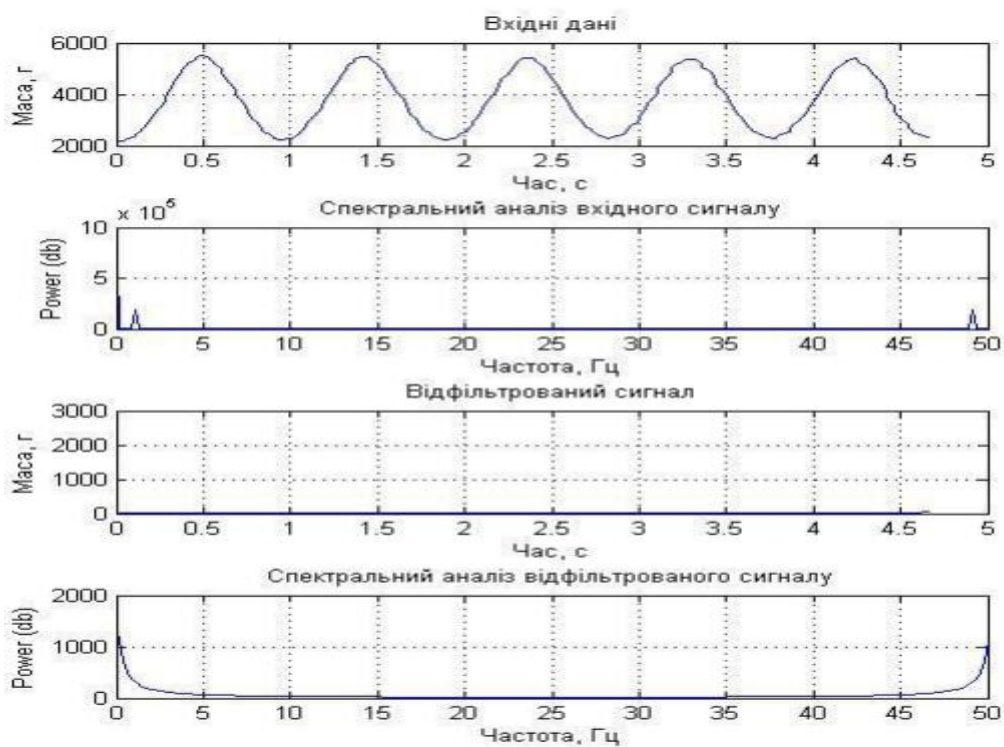


Рисунок 4.33 — Результат фільтрації еліптичним ФНЧ

Фаза 4 — експеримент 8 показує результат фільтрації негативних дестабілізуючих факторів, який в даному випадку представлений вібрацією маятника вагою 9,5 кг. Фільтрацію проводили за допомогою фільтра Баттерворта 8-го порядку. Результат фільтрації представлений на рисунку 4.34. На графіку показано придушення низькочастотної складової вібраційного процесу та виділення корисного сигналу.

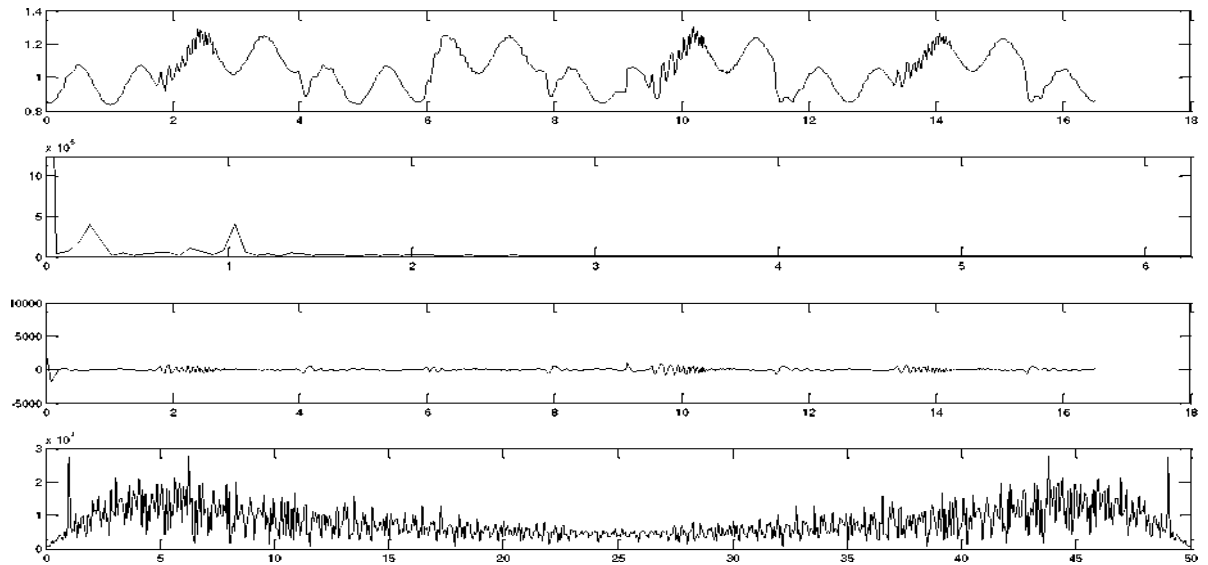


Рисунок 4.34 — Результат фільтрації вихідного сигналу експерименту 8

Опрацьовано результати експериментальних досліджень. На прикладі цифрового фільтра показано методи боротьби з динамічними дестабілізуючими факторами. Для фільтрації сигналу використовувалися фільтри низьких частот. Реалізація фільтрації можлива завдяки програмній реалізації фільтрів з нескінченною імпульсною характеристикою (НИН/ПР фільтри): Баттерворта, Чебишева типу 1, Чебишева типу 2, еліптичні. На практиці при фільтрації сигналу під час динамічного вимірювання дуже важливий порядок фільтрації, оскільки він впливає на час його обробки. Тому найкращим фільтром для усунення динамічних перешкод у цьому експерименті є фільтр Баттерворта. При невеликому порядку він здатний добре фільтрувати вхідний сигнал. Хоча в той же час еліптичний фільтр має більш швидкий перехід від області вимірювання до області стиснення. Цифровий фільтр є успішним методом боротьби з динамічними перешкодами при вимірюванні маси в русі.



## 5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

### 5.1 Комерційний та технологічний аудит науково-технічної розробки

Метою даного розділу є проведення технологічного аудиту, в даному випадку вдосконалення програмної частини системи зважування рухомих вантажів та розширення її функціональних можливостей для розрахунку маси вагона, визначення напрямку руху, швидкості та прискорення вагона чи локомотива для перевірки дотримання швидкісного режиму зважування, відстеження виникнення тривалих зупинок на терезах, виявлення зміни напрямку руху.

Основна відмінність динамічного способу зважування від статичного полягає в тому, що при динамічному зважуванні вагон здійснює рух по вагах під час зважування, а при статичному зважуванні вагон знаходиться на вагах нерухомо.

Особливістю розробки є точне вимірювання при різномісних динамічних завадах.

Аналогом можуть бути вагонні ваги для динамічного зважування «ВВ динаміка» фірма Ваговимірювальні системи, які використовує аналогічний програмний алгоритм зважування за ціною 600000 грн.

Для проведення комерційного та технологічного аудиту залучають не менше 3-х незалежних експертів.

Оцінювання науково-технічного рівня розробки та її комерційного потенціалу рекомендується здійснювати із застосуванням п'ятибальної системи оцінювання за 12-ма критеріями, у відповідності із табл. 5.1.

Таблиця 5.1 — Рекомендовані критерії оцінювання комерційного потенціалу розробки та їх можлива бальна оцінка

Бали (за 5-ти бальною шкалою)					
Кри-терій	0	1	2	3	4
Технічна здійсненність концепції					
	Достовірність концепції не підтверджена	Концепція підтверджена експертними висновками	Концепція підтверджена розрахунками	Концепція перевірена на практиці	Перевірено роботоздатність продукту в реал. умовах
Ринкові переваги					
2	Багато аналогів на малому ринку	Мало аналогів на малому ринку	Кілька аналогів на великому ринку	Один аналог на великому ринку	Продукт не має аналогів на великому ринку
3	Ціна продукту значно вища за ціни аналогів	Ціна продукту дещо вища за ціни аналогів	Ціна продукту приблизно дорівнює цінам аналогів	Ціна продукту дещо нижче за ціни аналогів	Ціна продукту значно нижче за ціни аналогів
4	Технічні та споживчі властивості продукту значно гірші, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту трохи гірші, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту на рівні аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту трохи кращі, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту значно кращі, ніж в аналогів
5	Експлуатаційні витрати значно вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати дещо вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати на рівні експлуатаційних витрат аналогів	Експлуатаційні витрати трохи нижчі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати значно нижчі, ніж в аналогів
Ринкові перспективи					
6	Ринок малий і не має позитивної динаміки	Ринок малий, але має позитивну динаміку	Середній ринок з позитивною динамікою	Великий стабільний ринок	Великий ринок з позитивною динамікою
7	Активна конкуренція великих компаній на ринку	Активна конкуренція	Помірна конкуренція	Незначна конкуренція	Конкурентів немає
Практик на здійсненність					
8	Відсутні фахівці як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї	Необхідно наймати фахівців або витратити значні кошти та час на навчання наявних фахівців	Необхідне незначне навчання фахівців та збільшення їх штату	Необхідне незначне навчання фахівців	Є фахівці з питань як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї

Продовження табл. 5.1

9	Потрібні значні фінансові ресурси, які відсутні. Джерела фінансування ідеї відсутні	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування відсутні	Потрібні значні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Не потребує додаткового фінансування
10	Необхідна розробка нових матеріалів	Потрібні матеріали, що використовуються у військово-промисловому комплексі	Потрібні дорогі матеріали	Потрібні досяжні та дешеві матеріали	Всі матеріали для реалізації ідеї відомі та давно використовуються у виробництві
11	Термін реалізації ідеї більший за 10 років	Термін реалізації ідеї більший за 5 років. Термін окупності інвестицій більше 10-ти років	Термін реалізації ідеї від 3-х до 5-ти років. Термін окупності інвестицій більше 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій від 3-х до 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій менше 3-х років
12	Необхідна розробка регламентних документів та отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту	Необхідно отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту, що вимагає значних коштів та часу	Процедура отримання дозвільних документів для виробництва та реалізації продукту вимагає незначних коштів та часу	Необхідно тільки повідомлення відповідним органам про виробництво та реалізацію продукту	Відсутні будь-які регламентні обмеження на виробництво та реалізацію продукту

Усі дані по кожному параметру занесено в таблиці 5.2

Таблиця 5.2 — Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки

Критерії оцінювання	ПІБ експертів		
	Експерт 1	Експерт 2	Експерт 3
	Бали		
Технічна здійсненність концепції	3	4	4
Наявність аналогів на ринку	3	3	4
Цінова політика	4	4	4
Технічні та споживчі властивості виробу	4	3	4
Експлуатаційні витрати	4	4	3
Ринок збуту	4	3	4
Конкурентоспроможність	3	3	3
Фахівці з технічної і комерційної реалізації	4	3	4
Фінансування	4	4	3
Матеріально-технічна база	3	3	3
Термін реалізації ідеї	4	4	4
Супровідна документація	4	3	4
Сума	44	41	44
Середньоарифметична сума балів	$(44+41+44) / 3 = 43$		

За даними таблиці 5.2 можна зробити висновок щодо рівня комерційного потенціалу даної розробки. Для цього доцільно скористатись рекомендаціями, наведеними в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 - Рівні комерційного потенціалу розробки

Середньоарифметична сума балів, розрахована на основі висновків експертів	Рівень комерційного потенціалу розробки
0 - 10	Низький
11 - 20	Нижче середнього
21 - 30	Середній
31 - 40	Вище середнього
41 - 48	Високий

Як видно з таблиці, рівень комерційного потенціалу розроблюваного нового програмного продукту є високим, що досягається за рахунок того, що при динамічному зважуванні вагон здійснює рух по вагах під час зважування, а при статичному зважуванні вагон знаходиться на вагах нерухомо. Особливістю розробки є точне вимірювання при різнотипних динамічних

завадах.

5.2 Прогнозування витрат на виконання науково-дослідної (дослідно-конструкторської) роботи

5.2.1 Основна заробітна плата розробників, яка розраховується за формулою:

$$Z_o = \frac{M}{T_p} \cdot t, \quad (5.1)$$

де  $M$  — місячний посадовий оклад конкретного розробника (дослідника), грн.;

$T_p$  — число робочих днів за місяць, 20 днів;

$t$  — число днів роботи розробника (дослідника).

Результати розрахунків зведемо до таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – Основна заробітна плата розробників

Найменування посади	Місячний посадовий оклад, грн.	Оплата за робочий день, грн.	Число днів роботи	Витрати на заробітну плату, грн.
Керівник проекту	30000	1363,64	30	40909,091
Програміст	26500	1204,55	30	36136,364
Всього				77045,45

Так як в даному випадку розробляється програмний продукт, то розробник виступає одночасно і основним робітником, і тестувальником розроблюваного програмного продукту.

5.2.2 Додаткова заробітна плата розробників, які брати участь в розробці обладнання/програмного продукту.

Додаткову заробітну плату прийнято розраховувати як 11 % від основної

заробітної плати розробників та робітників:

$$З_д = З_о \cdot 11 \% / 100 \% \quad (5.2)$$

$$З_д = (77045,45 \cdot 11 \% / 100 \% ) = 8475,00 \text{ (грн.)}$$

### 5.2.3 Нарахування на заробітну плату розробників.

Згідно діючого законодавства нарахування на заробітну плату складають 22 % від суми основної та додаткової заробітної плати.

$$Н_з = (З_о + З_д) \cdot 22 \% / 100\% \quad (5.3)$$

$$Н_з = (77045,45 + 8475,00) \cdot 22 \% / 100 \% = 18814,50 \text{ (грн.)}$$

5.2.4. Оскільки для розроблювального пристрою не потрібно витратити матеріали та комплектуючі, то витрати на матеріали і комплектуючі дорівнюють нулю.

5.2.5 Амортизація обладнання, яке використовувалось для проведення розробки.

Амортизація обладнання, що використовувалось для розробки в спрощеному вигляді розраховується за формулою:

$$A = \frac{Ц}{T_{в}} \cdot \frac{t_{вик}}{12} \text{ [грн.]} \quad (5.4)$$

де Ц — балансова вартість обладнання, грн.;

T — термін корисного використання обладнання згідно податкового законодавства, років

$t_{вик}$  — термін використання під час розробки, місяців

Розрахуємо, для прикладу, амортизаційні витрати на комп'ютер балансова вартість якого становить 49000 грн., термін його корисного використання згідно податкового законодавства – 2 роки, а термін його фактичного використання – 1,36 міс.

$$A_{обл} = \frac{49000}{2} \times \frac{1,36}{12} = 2784,091 \text{ грн.}$$

Аналогічно визначаємо амортизаційні витрати на інше обладнання та приміщення. Розрахунки заносимо до таблиці 5.5. Так як вартість ліцензійної ОС та спеціалізованих ліцензійних нематеріальних ресурсів менше 20000 грн, то даний нематеріальний актив не амортизується, а його вартість включається у вартість розробки повністю,  $B_{нем.ак.} = 11000$  грн.

Таблиця 5.5 — Амортизаційні відрахування на матеріальні та нематеріальні ресурси для розробників

Найменування обладнання	Балансова вартість, грн.	Строк корисного використання, років	Термін використання обладнання, місяців	Амортизаційні відрахування, грн.
Комп'ютер та комп'ютерна периферія	49000	2	1,36	2784,091
Офісне обладнання (меблі)	30000	4	1,36	852,273
Приміщення	1500000	20	1,36	8522,727
Всього				12159,09

Тарифи на електроенергію для непобутових споживачів (промислових підприємств) відрізняються від тарифів на електроенергію для населення. При цьому тарифи на розподіл електроенергії у різних постачальників (енергорозподільних компаній), будуть різними. Крім того, розмір тарифу залежить від класу напруги (1-й або 2-й клас). Тарифи на розподіл електроенергії для всіх енергорозподільних компаній встановлює Національна комісія з регулювання енергетики і комунальних послуг (НКРЕКП). Витрати на

силову електроенергію розраховуються за формулою:

$$V_e = V \cdot \Pi \cdot \Phi \cdot K_{\Pi}, \quad (5.5)$$

де  $V$  — вартість 1 кВт-години електроенергії для 1 класу підприємства,  $V = 6,2$  грн./кВт;

$\Pi$  — встановлена потужність обладнання, кВт.  $\Pi = 0,4$  кВт;

$\Phi$  — фактична кількість годин роботи обладнання, годин.

$K_{\Pi}$  — коефіцієнт використання потужності,  $K_{\Pi} = 0,9$ .

$$V_e = 0,9 \cdot 0,45 \cdot 8 \cdot 30 \cdot 6,2 = 602,64 \text{ (грн.)}$$

### 5.2.7 Інші витрати та загальновиробничі витрати.

До статті «Інші витрати» належать витрати, які не знайшли відображення у зазначених статтях витрат і можуть бути віднесені безпосередньо на собівартість досліджень за прямими ознаками. Витрати за статтею «Інші витрати» розраховуються як 50...100% від суми основної заробітної плати дослідників:

$$I_e = (Z_o + Z_p) \cdot \frac{H_{ib}}{100\%}, \quad (5.6)$$

де  $H_{ib}$  — норма нарахування за статтею «Інші витрати».

$$I_e = 77045,45 * 55\% / 100\% = 42375 \text{ (грн.)}$$

До статті «Накладні (загальновиробничі) витрати» належать: витрати, пов'язані з управлінням організацією; витрати на винахідництво та раціоналізацію; витрати на підготовку (перепідготовку) та навчання кадрів; витрати, пов'язані з набором робочої сили; витрати на оплату послуг банків; витрати, пов'язані з освоєнням виробництва продукції; витрати на науково-



технічну інформацію та рекламу та ін. Витрати за статтею «Накладні (загальновиробничі) витрати» розраховуються як 100...150% від суми основної заробітної плати дослідників:

$$H_{нзв} = (3_o + 3_p) \cdot \frac{H_{нзв}}{100\%}, \quad (5.7)$$

де  $H_{нзв}$  — норма нарахування за статтею «Накладні (загальновиробничі) витрати».

$$H_{нзв} = 77045,45 * 115 \% / 100 \% = 88602 \text{ (грн.)}$$

#### 5.2.6 Витрати на проведення науково-дослідної роботи.

Сума всіх попередніх статей витрат дає загальні витрати на проведення науково-дослідної роботи:

$$B_{заг} = 77045,45 + 8475,00 + 18814,50 + 12159,09 + 11000 + 602,64 + 42375 + \\ + 88602 = 259073,96 \text{ грн.}$$

5.2.7 Розрахунок загальних витрат на науково-дослідну (науково-технічну) роботу та оформлення її результатів.

Загальні витрати на завершення науково-дослідної (науково-технічної) роботи та оформлення її результатів розраховуються за формулою:

$$ЗВ = \frac{B_{заг}}{\eta} \text{ (грн)}, \quad (5.8)$$

де  $\eta$  — коефіцієнт, який характеризує етап (стадію) виконання науково-дослідної роботи.

Так, якщо науково-технічна розробка знаходиться на стадії: науково-дослідних робіт, то  $\eta=0,1$ ; технічного проектування, то  $\eta=0,2$ ; розробки

конструкторської документації, то  $\eta=0,3$ ; розробки технологій, то  $\eta=0,4$ ; розробки дослідного зразка, то  $\eta=0,5$ ; розробки промислового зразка, то  $\eta=0,7$ ; впровадження, то  $\eta=0,9$ . Оберемо  $\eta = 0,5$ , так як розробка, на даний момент, знаходиться на стадії дослідного зразка:

$$ЗВ = 259073,96 / 0,5 = 518148 \text{ грн.}$$

5.3 Розрахунок економічної ефективності науково-технічної розробки за її можливої комерціалізації потенційним інвестором

В ринкових умовах узагальнювальним позитивним результатом, що його може отримати потенційний інвестор від можливого впровадження результатів цієї чи іншої науково-технічної розробки, є збільшення у потенційного інвестора величини чистого прибутку. Саме зростання чистого прибутку забезпечить потенційному інвестору надходження додаткових коштів, дозволить покращити фінансові результати його діяльності, підвищить конкурентоспроможність та може позитивно вплинути на ухвалення рішення щодо комерціалізації цієї розробки.

Для того, щоб розрахувати можливе зростання чистого прибутку у потенційного інвестора від можливого впровадження науково-технічної розробки необхідно:

- вказати, з якого часу можуть бути впроваджені результати науково-технічної розробки;
- зазначити, протягом скількох років після впровадження цієї науково-технічної розробки очікуються основні позитивні результати для потенційного інвестора (наприклад, протягом 3-х років після її впровадження);
- кількісно оцінити величину існуючого та майбутнього попиту на цю або аналогічні чи подібні науково-технічні розробки та назвати основних суб'єктів (зацікавлених осіб) цього попиту;
- визначити ціну реалізації на ринку науково-технічних розробок з аналогічними чи подібними функціями.

При розрахунку економічної ефективності потрібно обов'язково враховувати зміну вартості грошей у часі, оскільки від вкладення інвестицій до отримання прибутку минає чимало часу. При оцінюванні ефективності інноваційних проектів передбачається розрахунок таких важливих показників:

- абсолютного економічного ефекту (чистого дисконтованого доходу);
- внутрішньої економічної дохідності (внутрішньої норми дохідності);
- терміну окупності (дисконтованого терміну окупності).

Аналізуючи напрямки проведення науково-технічних розробок, розрахунок економічної ефективності науково-технічної розробки за її можливої комерціалізації потенційним інвестором можна об'єднати, враховуючи визначені ситуації з відповідними умовами.

5.3.1 Розробка чи суттєве вдосконалення програмного засобу (програмного забезпечення, програмного продукту) для використання масовим споживачем.

В цьому випадку майбутній економічний ефект буде формуватися на основі таких даних:

$$\Delta\Pi_i = (\pm\Delta\Pi_0 \cdot N + \Pi_0 \cdot \Delta N)_i \cdot \lambda \cdot \rho \cdot \left(1 - \frac{\rho}{100}\right), \quad (5.9)$$

де  $\pm\Delta\Pi_0$  — розрахунок економічної ефективності науково-технічної розробки за її можливої комерціалізації потенційним інвестором  
зміна вартості програмного продукту (зростання чи зниження) від впровадження результатів науково-технічної розробки в аналізовані періоди часу;

$N$  — кількість споживачів які використовували аналогічний продукт у році до впровадження результатів нової науково-технічної розробки;

$\Pi_0$  — основний оціночний показник, який визначає діяльність підприємства у даному році після впровадження результатів наукової розробки,  $\Pi_0 = \Pi_0 \pm$

$\Delta C_0$ ;

$C_0$  — вартість програмного продукту у році до впровадження результатів розробки;

$\Delta N$  — збільшення кількості споживачів продукту, в аналізовані періоди часу, від покращення його певних характеристик;

$\lambda$  — коефіцієнт, який враховує сплату податку на додану вартість. Ставка податку на додану вартість дорівнює 20%, а коефіцієнт  $\lambda = 0,8333$ .

$p$  — коефіцієнт, який враховує рентабельність продукту;

$\vartheta$  — ставка податку на прибуток, у 2023 році  $\vartheta = 18\%$ .

Припустимо, що при прогнозованій ціні 25000 грн. за одиницю виробу, термін збільшення прибутку складе 3 роки. Після завершення розробки і її вдосконалення, можна буде підняти її ціну на 1000 грн. Кількість одиниць реалізованої продукції також збільшиться: протягом першого року – на 500 шт., протягом другого року – на 400 шт., протягом третього року на 300 шт. До моменту впровадження результатів наукової розробки реалізації продукту не було:

$$\Delta\P_1 = (0*1000 + (25000 + 1000)*500)* 0,8333* 0,5) * (1 - 0,18) = 4270833,163 \text{ грн.}$$

$$\Delta\P_2 = (0*1000 + (25000 + 1000)*(500+400)* 0,8333* 0,5) * (1 - 0,18) = 7994999,680 \text{ грн.}$$

$$\Delta\P_3 = (0*1000 + (25000 + 1000)*(500+400+300)* 0,8333* 0,5) * (1 - 0,18) = 10659999,574 \text{ грн.}$$

Отже, комерційний ефект від реалізації результатів розробки за три роки складе 22925832,42 грн.

5.3.2 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності.

Розраховуємо приведену вартість збільшення всіх чистих прибутків  $ПП$ , що їх може отримати потенційний інвестор від можливого впровадження та комерціалізації науково-технічної розробки:

$$ПП = \sum_1^T \frac{\Delta\Pi_i}{(1+\tau)^t}, \quad (5.10)$$

де  $\Delta\Pi$  — збільшення чистого прибутку у кожному із років, протягом яких виявляються результати виконаної та впровадженої науково-дослідної (науково-технічної) роботи, грн;

$T$  — період часу, протягом якого виявляються результати впровадженої науково-дослідної (науково-технічної) роботи, роки;

$\tau$  — ставка дисконтування, за яку можна взяти щорічний прогнозований,

$t$  — період часу (в роках).

Збільшення прибутку ми отримаємо, починаючи з першого року:

$$ПП = (4270833,163/(1+0,1)^1) + (7994999,680/(1+0,1)^2) + (10659999,574/(1+0,1)^3) = 3882575,60 + 6607437,752 + 8009015,457 = 18499028,81 \text{ грн.}$$

Далі розраховують величину початкових інвестицій  $PV$ , які потенційний інвестор має вкласти для впровадження і комерціалізації науково-технічної розробки. Для цього можна використати формулу:

$$PV = k_{інв} * ЗВ, \quad (5.11)$$

де  $k_{інв}$  — коефіцієнт, що враховує витрати інвестора на впровадження науково-технічної розробки та її комерціалізацію. Це можуть бути витрати на підготовку приміщень, розробку технологій, навчання персоналу, маркетингові

заходи тощо; зазвичай  $k_{инв}=2...5$ , але може бути і більшим;

$ZB$  — загальні витрати на проведення науково-технічної розробки та оформлення її результатів, грн.

$$PV = 2 * 518148 = 1036295,83 \text{ грн.}$$

Тоді абсолютний економічний ефект  $E_{abc}$  або чистий приведений дохід ( $NPV$ , *Net Present Value*) для потенційного інвестора від можливого впровадження та комерціалізації науково-технічної розробки становитиме:

$$E_{abc} = ПП - PV, \quad (5.12)$$

$$E_{abc} = 18499028,81 - 1036295,83 = 17462732,98 \text{ грн.}$$

Оскільки  $E_{abc} > 0$  то вкладання коштів на виконання та впровадження результатів даної науково-дослідної (науково-технічної) роботи може бути доцільним.

Для остаточного прийняття рішення з цього питання необхідно розрахувати внутрішню економічну дохідність або показник внутрішньої норми дохідності ( $IRR$ , *Internal Rate of Return*) вкладених інвестицій та порівняти її з так званою бар'єрною ставкою дисконтування, яка визначає ту мінімальну внутрішню економічну дохідність, нижче якої інвестиції в будь-яку науково-технічну розробку вкладати буде економічно недоцільно.

Розрахуємо відносну (щорічну) ефективність вкладених в наукову розробку інвестицій  $E_g$ . Для цього використаємо формулу:

$$E_g = \sqrt[T_{ж}]{1 + \frac{E_{abc}}{PV}} - 1, \quad (5.13)$$

$T_{ж}$  — життєвий цикл наукової розробки, роки.

$$\sqrt{E_b} = 3 \left( 1 + 17462732,98/1036295,83 - 1 \right) = 1,613$$

Визначимо мінімальну ставку дисконтування, яка у загальному вигляді визначається за формулою:

$$\tau = d + f, \quad (5.14)$$

де  $d$  — середньозважена ставка за депозитними операціями в комерційних банках; в 2023 році в Україні  $d = (0,09 \dots 0,14)$ ;

$f$  — показник, що характеризує ризикованість вкладень; зазвичай, величина  $f = (0,05 \dots 0,5)$ .

$$\tau_{\min} = 0,14 + 0,05 = 0,19.$$

Так як  $E_b > \tau_{\min}$ , то інвестор може бути зацікавлений у фінансуванні даної наукової розробки.

Розрахуємо термін окупності вкладених у реалізацію наукового проекту інвестицій за формулою:

$$T_{ок} = \frac{1}{E_b}, \quad (5.15)$$

$$T_{ок} = 1 / 1,613 = 0,62 \text{ р.}$$

Оскільки  $T_{ок} < 3$ -х років, а саме термін окупності рівний 0,62 роки, то фінансування даної наукової розробки є доцільним.

Висновки до розділу: економічна частина даної роботи містить розрахунок витрат на розробку нового програмного продукту, сума яких складає 518148 гривень. Було спрогнозовано орієнтовану величину витрат по кожній з статей витрат. Також розраховано чистий прибуток, який може отримати виробник від реалізації нового технічного рішення, розраховано

період окупності витрат для інвестора та економічний ефект при використанні даної розробки. В результаті аналізу розрахунків можна зробити висновок, що розроблений програмний продукт за ціною дешевший за аналог і є висококонкурентоспроможним. Період окупності складе близько 0,62 роки.



## ВИСНОВКИ

Розроблено мікропроцесорну систему зважування рухомих вантажів, яка повністю відповідає поставленим вимогам. Порівняно з існуючими, вона є вдосконаленою та має розширені функціональні можливості для розрахунку маси вагона, визначення напрямку руху, швидкості та прискорення вагона чи локомотива для перевірки дотримання швидкісного режиму зважування, відстеження виникнення тривалих зупинок на терезах, виявлення зміни напрямку руху.

В роботі здійснено огляд методів та засобів зважування рухомих вантажів, що дозволило визначити їх переваги та недоліки.

Здійснено вибір мікропроцесорної платформи, визначено її технічні характеристики, які забезпечать оптимальне функціонування системи.

Здійснено вибір периферійних пристроїв, які забезпечать повноцінне і високоточне функціонування системи.

Розроблено структурну, функціональну та електричну принципову схеми;

Розроблено програмне забезпечення, що забезпечує керування мікроконтролером та системою в цілому.

Виконано відлагодження та моделювання системи, проведено експериментальні дослідження. Показано, що цифровий фільтр є успішним методом боротьби з динамічними перешкодами при вимірюванні маси в русі.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Tutak P. Application of strain gauges in measurements of strain distribution in complex objects// JACSM. IT Institute, University of Social Sciences. – 2014. V. 2, №6. P. 135–145.
2. Ghimbaseanu I. Experimental research study on the use of a resistive tensometric// International Scientific Journal: Machines. Technologies. Materials. - Transilvania University of Brasov, Romania. - 2015. V. 1, №9. P. 44–47.
3. Фідровська Н. М., Пономаренко Р. В., Слепужніков Є. Д., Козодой Д. С. Обґрунтування проведення тарировки тензорезисторів у комплексі з вимірювальним обладнанням // Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту. – УкрДУЗТ. – 2020. – №194. С. 75-83.
4. Pastor M., Carak P., Gomory I. The assessment of the residual stresses influence on generation of the infringement in shape-complex supporting members // Journal of Mechanical Engineering. - Technical University of Košice. - 2019. №69. P. 85–96.
5. Аналіз технічного рівня зарубіжного технологічного вагового устаткування. Том I, II, III: Звіт, ОКБ СІМ; Шифр 3834; № ГР 73041285. -Одеса, 1974.
6. Шало Ф.С. Дослідження динамічних явищ і сигналу датчиків при тензометричному зважуванні об'єктів, що рухаються: Автореферат дис. ... канд. техн.наук.- Одеса, 1972.- 24 с.
7. Code Vision AVR. - <http://cxem.net/software/codevisionavr.php>
8. ATMEGA8535 Datasheet. - [http://html.alldatasheet.com/html-pdf/164169/ATMEL/ATMEGA8535\\_153\\_1/ATMEGA8535.html](http://html.alldatasheet.com/html-pdf/164169/ATMEL/ATMEGA8535_153_1/ATMEGA8535.html).
9. Кунгурцев А.В. Розробка та дослідження способів зважування та питань побудови цифрової апаратури для кранових ваг.-Автореферат дис. ... канд.техн.наук, Одеса, 1972.18 с.
10. MAX1162 DS. - [hups: datasheets.maximintegrated.com/en/ds/3481.pdf](https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/3481.pdf)

11. Datasheet Тензометрический датчик PC7 ULN2004A [Електронний ресурс]. URL: [https://www.flintec.com/wp-content/uploads/2016/09/A221-Rev0-RU\\_PC7\\_Data\\_Sheet.pdf](https://www.flintec.com/wp-content/uploads/2016/09/A221-Rev0-RU_PC7_Data_Sheet.pdf).
12. Datasheet HX711 [Електронний ресурс]. URL: [https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/ForceFlex/hx711\\_english.pdf](https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/ForceFlex/hx711_english.pdf).
13. Тополєв В.11. Підвищення точності електротензометричних кранових ваг.- У кн.: Прилади та засоби автоматики. Київ: Наукова думка, 1970, с. 126-128.
14. <https://hi-news.pp.ua/tehnka-tehnologyi/10814-tenzometriczniy-datchikvidi-princip-roboti-pristry.html> Тензометричний датчик: види, принцип роботи і пристрій. Дата доступу 01.11.2023
15. <https://samelectryk.in.ua/електрообладнання/реле,-контактори,-датчики/451-що-таке-тензодатчик-і-як-він-працює.html> Що таке тензодатчик і як він працює. Дата доступу 01.11.2023
16. <https://www.continuummechanics.org/straingauges.html> Straingauges. Дата доступу 01.11.2023
17. <https://www.omega.com/en-us/resources/wheatstonebridge> Wheatstonebridge forstraingages. Дата доступу 01.11.2023 33
18. <https://slv.thehouseofchronic.com/4278263-strain-gauges-descriptioninstructions-for-use-specifications-and-reviews> Merilnilisti: opis, navodilazauporabo, tehničnekarakteristikeinocena. Дата доступу 01.11.2023
19. Fidrovska N., Slepuzhnikov E., Varchenko I. Preparation of tensoresistors and measuring equipment for experimental research // Norwegian Journal of development of the International Science. - Technical Sciences. 2020. -V. 1, № 45. P. 69–72.
20. Слепужніков Є. Д., Варченко І. С., Фідровська Н. М. Проведення експериментальних досліджень методом тензометрії /Наукове забезпечення технологічного процесу 21 сторіччя. – Чернівці, 2020. - С. 85–86.
21. Васюра А.С. Елементи та пристрої систем управління і

автоматики.- Вінниця: Вид-во ВДТУ, 1999.- 157с.

22. <https://www.analog.com/media/en/training-seminars/designhandbooks/Practical-Design-Techniques-Sensor-Signal/Section4.PDF> Strain, force, pressure and flow measurements. Дата доступу 01.11.2023

23. Castro F. G., Sagazana O., Coulon N., Corbera A. H., Fassini D., Cramer J., Bihana F. L.  $\mu$ -Si strain gauge array on flexible substrate for dynamic pressure measurement // Sensors and Actuators A: Physical. - Univ Rennes, CNRS. – 2020. – V. 315. - P. 112–120.

24. <https://zemic.com.ua/news-and-articles/mifi-pro-tenzometrichnidatchiki/> Міфи про тензOMETричні датчики. Дата доступу 01.11.2023

25. <https://unipro.com.ua/ua/typy-tenzodatchykyiv--sfera-zastosuvannyatenzodatchykyiv/> Типи тензодатчиків, сфера застосування тензодатчиків. Дата доступу 01.11.2023

**ДОДАТОК А**

Технічне завдання

Міністерство освіти та науки України

Вінницький національний технічний університет

Факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії

Кафедра обчислювальної техніки

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ОТ

\_\_\_\_\_ проф., д.т.н. О. Д. Азаров

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ**

на виконання магістерської кваліфікаційної роботи

«Мікропроцесорна система зважування рухомих вантажів»

08-54.МКР.025.00.000

Науковий керівник

к.т.н., доц. каф. ОТ

\_\_\_\_\_ Богомолів С.В.

виконав:

магістрант 2 курсу,

\_\_\_\_\_ Васильковський М.В.

Вінниця 2023

## 1 Підстава виконання магістерської кваліфікаційної роботи

1.1 В умовах зберігання та переробки мільярдів тонн вантажів першорядне значення має автоматизація зважування вантажів, тобто процесів обліку та контролю за вантажообігом.

На даний момент активно розробляються і застосовуються різні методи зважування рухомих вантажів, але вони не завжди є достовірними. А тому виникає потреба в покращенні таких систем.

### 1.2 Наказ про затвердження теми МКР

## 2 Мета і призначенням МКР

2.1 Метою роботи є вдосконалення системи зважування рухомих вантажів та розширення її функціональних можливостей для розрахунку маси вагона, визначення напрямку руху, швидкості та прискорення вагона чи локомотива для перевірки дотримання швидкісного режиму зважування, відстеження виникнення тривалих зупинок на терезах, виявлення зміни напрямку руху.

2.2 Призначення розробки — виконання магістерської кваліфікаційної роботи.

## 3 Вихідні дані для виконання МКР

Вихідні дані для виконання МКР: мікроконтролер ATmega8535, інтегроване середовище розробки програмного забезпечення для AVR мікроконтролерів Code Vision AVR, програмний продукт Visual Micro Lab.

## 4 Вимоги до виконання МКР

МКР повинна задовольняти таку вимогу — реалізувати можливості зменшення похибок вимірювання при динамічному зважуванні та можливості фільтрації динамічних завад.

## 5 Етапи МКР та очікувані результати

Етапи роботи та очікувані результати приведено в табл. А.1.

### 6 Матеріали, що подаються до захисту МКР

До захисту МКР подаються: пояснювальна записка МКР, ілюстративні та графічні матеріали, протокол попереднього захисту МКР на кафедрі, відзив наукового керівника, відзив опонента, протоколи складання державних екзаменів, анотації до МКР українською та іноземною мовами, довідка про відповідність оформлення МКР діючим вимогам.

Таблиця А.1 — Етапи МКР

з/п	Назва етапів виконання магістерської роботи	Строк виконання етапів роботи	
	Постановка мети та задач роботи	10.10.23	
	Огляд та аналіз методів та засобів зважування рухомих вантажів	17.10-25.10.23	
	Вибір моделі мікроконтролера	26.10-04.11.23	
	Проектування апаратного забезпечення системи	05.11-12.11.23	
	Вибір периферійних пристроїв	13.11-.22.1123	
	Розробка електричної принципової схеми	23.11-26.11.23	
	Проектування програмного забезпечення системи	27.11-31.11.23	
	Експериментальні дослідження	01.12-04.12.23	
	Розрахунок економічної частини роботи	01.12-04.12.23	
	Оформлення МКР	05.12.23	
	Аналіз виконання роботи, висновки, додатки		
	Перевірка якості виконання МКР		

### 7 Порядок контролю виконання та захисту МКР

Виконання етапів розрахункової та графічної документації МКР контролюється науковим керівником згідно зі встановленими термінами. Захист МКР відбувається на засіданні Державної екзаменаційної комісії, затвердженою наказом ректора.

## 8 Вимоги до оформлення МКР

8.1 При оформлюванні МКР використовуються:

— ДСТУ 3008: 2015 «Звіти в сфері науки і техніки. Структура та правила оформлювання»;

— ДСТУ 8302: 2015 «Бібліографічні посилання. Загальні положення та правила складання»;

— Методичні вказівки до виконання магістерських кваліфікаційних робіт зі спеціальності 123 — «Комп'ютерна інженерія». Кафедра обчислювальної техніки ВНТУ 2022.

8.2 Порядок виконання МКР викладено в «Положення про кваліфікаційні роботи на другому (магістерському) рівні вищої освіти СУЯ ВНТУ–03.02.02 П.001.01:21.



## ДОДАТОК Б

### Схема функціональна

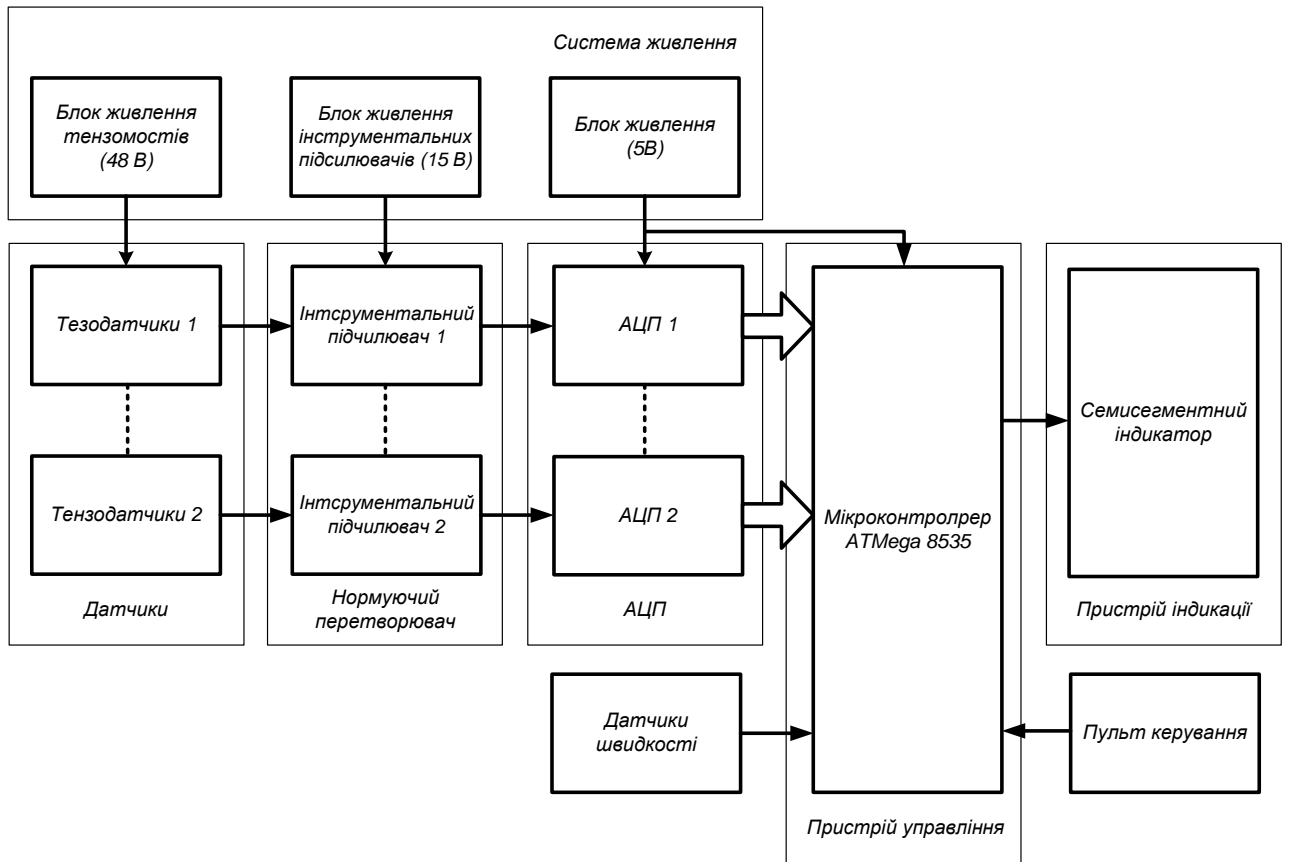


Рисунок Б.1 — Схема функціональна

## ДОДАТОК В

## Програма прошивки для мікроконтролера CodeVisioAVR

```

//Chiptype:                Atmega8535
//Programtype:             Application
//AVR Core Clock frequency: 1,000000 MHz
//Memorymodel:             Small
//External RAMsize:        0
//Data Stacksize:         128
// GM
#include
<mega8535.h>
#include
<delay.h>

;R0-@ адреса одержуваного коду 32-47
;R1-@ адреса усунення 52-67
;R4-лічильник затримки для АЦП
;R5-MUX 1-8
;R6-# молодший байт коду 32,34-46
;R7-# старший байт коду 33,35-47
;PSW.1 - програмований біт: 0 -зважування, 1 -
калібрування.
швидкість передачі 300 бод, -
задається TC1 ORG 00H; початкова
адреса трансляції
SJMP BEGIN
ORG 03H;переривання
по INTO JMP MAIN
ORG 23H; переривання по
послідовн. порту JMP UAPP
ORG 30H; програма
ініціалізації BEGIN:
MOV IE, # 10010001B; дозвіл переривань по послідовн.
;порту та по INTO
MOV IP, # 00010000B; встановлення вищого пріоритету у
перерва. по ПП MOV TMOD, # 00100000B; режим з перезагр TH1
в TL1
MOV TCON, #00000000B;обнулення бітів
управління TC1 MOV PCON, #00000000B;робота МК
без подвоєння частоти MOV SCON,
#0101000B;налаштування UAPP
MOV P0, #0FFH;налаштування портів P0 і P2
на введення MOV P2, #0FFH
MOV TH1, #187; завантаження та
запуск таймера MOV TL1, #187
SETB TCON.6
MOV R5, #15; очищення
зсувів MOV R1, #52
CALL CLEAR
CLR PSW.1;активація підпрограми зважування

```

STOP:JMPSTOP ;зациклювання

;-

;-

;Nucleus of the

Program MAIN:

MOV R5, #0

MOV R0, # 32; початкова адреса осередку пам'яті  
;для одержуваного коду

MOV R1, #52;початкова адреса зсувів

MOV P1, # 11111000B; 0 -

налаштування на виведення MOV P1,

R5; вибір каналу 1 (MUX).

RETM: MOV P0, # 0FFH; прийом

поточного значення MOV R6, P0; коду

з АЦП. «1»-лінія налаштована MOV P2,

#0FFH;на введення

MOV R7, P2; R6-молодший байт коду, R7-

старший JNB PSW.1, MAIN0

MOV A, R6; запис отриманих кодів в область

зсувів MOV @ R1, A; молодший байт

INC

R1

MOV

A,

R7

MOV @R1,

A;старший байт

JMP COMMON

MAIN0:

CLR

PSW

.7

MOV

A,

R6

SUBB A, @R1 ;корекція OffSet для молодшого

байта MOV @R0, A;запис молодшого байта

INC R0; обчислення адреси

старшого байта INC R1

MOV A, R7

SUBB A, @R1 ;корекція OffSet для старшого

байта MOV @R0, A ;запис старшого байта

COMMON:

;підготовка до наступного циклу

INC R0; обчислення нової адреси молодшого

байта INC R1

INC R5; обчислення адреси

каналу MUX CLR PSW.7

MOV A, R5; перевірка -> адресу каналу >

```

Last (8). SUBB A, #8
JNZ GoOn
JB PSW.1, KALIB
ACALL OUT; виклик підпрограми виведення інф. на EOM
;і реініціалізації кер.
регистрів. KALIB:
CLR
PSW
.1
RET
I
GoOn:
MOV P1, #11111000B;0 - налаштування на висновок
MOV P1, R5; 0 - 2 лінії порту P1 -
керують MUX MOV R4, # 20; невелика
затримка для АЦП DAC1: DJNZ R4, DAC1
JMP RETM
;End Nucleus of the Program
;_
;_
;Виведення отриманої ваги в комп'ютер через послідовний
порт

OUT:
MOV R6, тимчасово - R6-мл.
результат MOV R7, # 0; R7-ст.
результат
;R5-
лічил
ьникM
OV
R5,
#8
MOV
R0,
#32
SUMM:
MOV A, @R0; підсумовування
молодшого байта ADD A, R6; і
запис його в R6
MOV
R6,
A
INC
R0
MOV A, @R0;сумування старшого
байта ADDC A, R7;і запис його в
R7
CLR
PSW
.7
MOV

```

```

R7,
INC
R0
DJNZ R5, SUMM; у регR6-мл. результат
; R7-ст. результат
CLR IE.7;заборона всіх переривань на час
передачі MOV SBUF,R6;передача молодшого
байта результату ACALL DELAY;виклик
підпрограми затримки
MOV SBUF,R7;передача старшого байта
результату ACALL DELAY;виклик
підпрограми затримки
CLR SCON.1; скидання прапора переривання
за посл. порту SETB IE.7; дозвіл
переривань
MOV R5, #0
MOV R0, # 32; початкова адреса осередку пам'яті
;для одержуваного коду
MOV R1, #52;початкова адреса
зсувів CLR IE.0;заборона
переривання по INT0 RET
;Кінець передачі
;
;
;Преривання по послідовному
порту UAPP:
CLR SCON.1; скидання прапора переривання
MOV R7, SBUF; прийом керуючого
слова ACALL DELAY
MOV A, #00111100B;обнулення зсувів та
результатів SUBB A, R7
JNZ NEXT0
MOV R5, #36; запуск
очищення MOV R1, #32
ACALL
CLEAR
NEXT0
:
MOV A, #11110000B;запит на запуск перетворення
та SUBB A, R7;і на передачу в комп'ютер
JNZ NEXT1
;активація роботи
підпрограми CLR
PSW.1;зважування в MAIN
SETB IE.0; дозвіл переривання по INT0

```

```

NEXT1:
MOV A, #00001111B;запит на передачу до
комп'ютера SUBB A, R7
JNZ
NEX
T2
ACA
LL
OUT
NEX
T2:
MOV A, #0FFH ;запит на
калібрування SUBB A, R7
JNZ NEXT3; активація роботи
підпрограми SETB PSW.1;
калібрування в MAIN
NEXT3:
OTHERWISE:
RETI
;_
;_
;Підпрограма затримки для послідовного порту
DELAY:
MOV R2,#25;затримка, необхідна
для A2:MOV
R3,#250;прийняття/передачі байта
A1:DJNZ R3,A1
DJNZ
R2,A
2
RET
;_
;CLEAR:
MOV @ R1, # 0; R5 -
кількість INC R1; R1 -
початкова адреса DJNZ
R5, CLEAR
RET
;END;кінець трансляції

```

Код для включення індикаторів (виконаний мовою

```

C) void otobrag_chifr(int buf)
{
    switch (buf)
    {
        case 0:PORTD =
0b00111111; case
1:PORTD =
0b00000110; case
2:PORTD =
0b01011011; case

```

```
3:PORTD          =
0b01001111;     case
4:PORTD          =
0b01100110;     case
5:PORTD          =
0b01101101;     case
6:PORTD          =
0b01111101;     case
7:PORTD          =
0b00000111;     case
8:PORTD          =
0b01111111;     case
9:PORTD          =
0b01101111;
}
}
```

## ДОДАТОК Г

### Лістинг аналізу у програмі VMLAB

```
.MICRO»ATmega8535»//           симульований мікроконтролер
.TOOLCHAIN »GENERIC»
.TARGET»1.hex»//               що прошито в мікроконтролері
.COFF»pavel1.cof»//           для покрокового режиму
.SOURCE "2.c"

.POWER VDD=5VSS=0//           підключення живлення та землі
.CLOCK1mer;//                 частота роботи процесора

R1 VDD K0      200
K0R1PA0

R2 VDD K1      200
K1R2PA1

R3 VDD K2      200
K2R3PA2

R4 VDD K3      200
K3R4PA3

R5 VDD K4      200
K4R5PA4

X1I2C(200K,0)PC1           PC0X2I2C(200K,1)PC1           PC0

.PLOT V(PB5)V(PB4) V(PB3) V(PB2) // побудови графіків
```



**ДОДАТОК Д**  
**ПРОТОКОЛ**  
**ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ**  
**НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ**

Назва роботи: Мікропроцесорна система зважування рухомих вантажів

Тип роботи: магістерська кваліфікаційна робота  
(БДР, МКР)

Підрозділ кафедра обчислювальної техніки  
(кафедра, факультет)

**Показники звіту подібності Unicheck**

Оригінальність 92,6% Схожість 7,4%

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

- Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
- Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.
- Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Особа, відповідальна за перевірку \_\_\_\_\_ Захарченко С.М.  
(підпис) (прізвище, ініціали)

Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unicheck щодо роботи.

Автор роботи \_\_\_\_\_ Васильковський М.В.  
(підпис) (прізвище, ініціали)

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Богомолів С.В.  
(підпис) (прізвище, ініціали)