

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**Сумський державний університет**

Факультет електроніки та інформаційних технологій

Кафедра електроніки і комп'ютерної техніки

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри ЕКТ

\_\_\_\_\_ Анатолій ОПАНАСЮК  
(підпис) (Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

\_\_\_\_\_ 2023 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**на здобуття освітнього ступеня «магістр»**

зі спеціальності 171 «Електроніка»

освітньо-професійної програми «Електронні системи та компоненти»

на тему:

**БОРТОВА СИСТЕМА МОНІТОРІНГУ НАВАНТАЖЕННЯ  
ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ**

Здобувача групи ЕС.м – 21 Юрченка Владислава Ігоровича

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

\_\_\_\_\_ (підпис)

\_\_\_\_\_ (Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Керівник, доцент, к.т.н., доцент Ольга БЕРЕЖНА

\_\_\_\_\_ (підпис)

Консультант з техніко-економічної частини,  
доцент, к.е.н., доцент Олександр МАЦЕНКО

\_\_\_\_\_ (підпис)

Суми – 2023

# СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет електроніки та інформаційних технологій

Кафедра електроніки та комп'ютерної техніки

Напрямок підготовки 171 Електроніка

Освітня програма Електронні системи та компоненти

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Зав. кафедрою Опанасюк А.С.

"\_\_\_" \_\_\_\_\_ 2023 р.

## **ЗАВДАННЯ**

на кваліфікаційну роботу магістра

Юрченко Владислава Ігоровича

1 Тема роботи «Бортова система моніторингу навантаження транспортного засобу»

затверджена наказом по університету "06" листопада 2023р. №1233-VI

2 Термін здачі студентом закінченої роботи 14.12.2023

3 Вхідні дані до роботи: розробити бортову систему моніторингу навантаження транспортного засобу. Забезпечити можливість моніторингу навантаження на кожну вісь і передачу результатів моніторингу на відстань. Кількість тензодатчиків - 4, максимальне навантаження на транспортний засіб - 20 т, навантаження на вісь - 8 т.

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що належить розробити): 1. Огляд літератури та постановка задачі. 2. Науково-дослідна частина. 3. Розроблення електронної системи з використанням отриманих результатів дослідження. 4. Техніко-економічна частина.

5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): 1. Схема алгоритму. 2. Схема електрична структурна. 3. Схема електрична функціональна. 4. Схема електрична принципова.

## 6 Консультанти з кваліфікаційної роботи

Розділи	Консультанти	Завдання видав	Завдання прийняв
Техніко-економічна частина	Маценко О.М.		

7 Дата видачі завдання 06.11.2023

8 Керівник \_\_\_\_\_ Бережна О.В.

9 Завдання прийняв до виконання Юрченко В.І.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання	Примітки
1	Огляд літератури	10.11.23	
2	Науково-дослідна частина	24.11.23	
3	Розроблення алгоритму роботи пристрою	25.11.23	
4	Розроблення структурної схеми пристрою	26.11.23	
5	Розроблення функціональної схеми пристрою	01.12.23	
6	Розроблення принципової схеми пристрою	04.12.23	
7	Техніко-економічна частина	12.12.23	
8	Оформлення пояснювальної записки	13.12.23	
9	Розроблення та оформлення графічної частини	14.12.23	
10	Представлення роботи керівнику і отримання відгуку	14.12.23	
11	Представлення роботи кафедрі для отримання рецензії	19.12.23	

Керівник кваліфікаційної роботи:

Бережна О.В.

Студент:

Юрченко В.І.

" \_\_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 2023 р.

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка містить: 90 аркушів, 42 рисунків, 17 таблиць, 20 джерел літератури.

Графічна частина роботи містить: схему алгоритму роботи пристрою, структурну функціональну та принципову електричні схеми, вибір та розроблення алгоритмів.

Пояснювальна записка містить п'ять розділи: огляд літератури і постановку завдання проектування, науково-дослідна частина, розроблення, обґрунтування алгоритму функціонування та структурної схеми пристрою, що проектується, розроблення функціональної та принципової електричної схеми, техніко-економічна частина.

Перший розділ містить загальну інформацію про пристрої габаритно-вагового контролю автомобіля, їх призначення, основні функції та види, а також постановку завдання на проектування.

Другий розділ це розділ науково-дослідний в якому проводиться аналіз тензодатчиків.

Третій розділ присвячений розробці алгоритму функціонування та структурної схеми проектованого пристрою.

Четвертий розділ присвячений розробці функціональної та принципової схем пристрою.

П'ятий розділ присвячений техніко-економічному аналізу пристрою.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ПРОЕКТУВАННЯ.....	10
1.1 Принцип роботи.....	10
1.2 Огляд існуючих рішень.....	16
1.3 Постановка завдання проекту.....	24
2 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА.....	26
2.1 Види бортового зважування.....	26
2.2 Вибір методу вимірювання.....	29
2.3 Розробка структурної схеми.....	30
2.4 Схеми підключення тензорезисторів.....	34
2.5 Аналіз тензорезисторів.....	36
2.6 Аналітичний розрахунок статичної характеристики тензодатчика з пружним елементом розтягу-зтиску.....	37
2.7 Аналітичний розрахунок динамічних характеристик тензодатчика з пружним елементом розтягу стиску.....	38
2.8 Аналітичний розрахунок статичної характеристики тензодатчика з пружним елементом зсувного типу.....	42
2.9 Аналіз категорій точності ваговимірювальних тензодатчиків.....	43
2.10 Висновок.....	44
3 РОЗРОБЛЕННЯ, ОБҐРУНТУВАННЯ АЛГОРИТМУ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ ПРИСТРОЮ, ЩО ПРОЕКТУЄТЬСЯ.....	46
3.1 Вибір методу вимірювання.....	47
3.2 Розробка алгоритму роботи.....	47
3.3 Розробка структурної схеми.....	50
4 РОЗРОБЛЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ ТА ПРИНЦИПОВОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ СХЕМИ ПРИСТРОЮ.....	52
4.1 Вибір елементної бази.....	52
4.2 Розрахунки та синтез основних електричних вузлів.....	61
4.3 Розробка функціональної схеми.....	71

					<i>ЕЛІТ 8.171.00.10.591 ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив.</i>		Юрченко В.І.			Бортова система моніторингу навантаження транспортного засобу Пояснювальна записка	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевірів</i>		Бережна О.В.					5	90
<i>Т. Контр.</i>						СумДУ, гр. ЕС.м-21		
<i>Н. Контр.</i>		Бережна О.В.						
<i>Затвердив</i>		Опанасюк А.С.						

4.4 Розробка принципової схеми.....	73
4.5 Розробка програмного забезпечення для модуля НХ711.....	75
4.6 Розробка програмного забезпечення для модуля НС-06.....	77
5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	78
5.1 Розрахунок повної собівартості пристрою (установки).....	78
5.2 Витрати на основну заробітну плату (Зо):.....	81
5.3 Додаткова заробітна плата (10÷30% від Зо).....	82
5.4 Відрахування на соціальні заходи .....	83
5.5 Витрати на утримання і експлуатацію устаткування.....	83
5.6 Загальновиробничі витрати.....	83
5.7 Адміністративні витрати.....	84
5.8 Витрати на збут.....	84
5.9 Визначення ціни пристрою (установки).....	85
5.10 Висновки з техніко-економічної частини.....	87
ВИСНОВКИ.....	88
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	90

## ВСТУП

Бортова система моніторингу навантаження транспортного засобу – це електронно-вимірювальний пристрій або система, які встановлюються на транспортний засіб або спецтехніку для точного вимірювання маси вантажу або використання як засіб контролю перевантаження. Зазвичай вона інтегрується в різноманітні системи автомобіля, такі як механічна, пневматична, гідравлічна, з використанням різноманітних датчиків для визначення параметрів навантаження і перетворення їх в одиниці виміру маси відповідно до встановлених коефіцієнтів. [1].

Автомобільні дороги є не лише системою транспортних шляхів, вони є справжніми артеріями, що подають життя будь-якій країні. Розробка та будівництво високоякісних дорожніх мереж визначають та стимулюють розвиток економіки, сприяють зменшенню транспортних витрат, спрощують мобільність товарів, скорочують час подорожей між різними регіонами та роблять територію більш привабливою. Крім того, вони є невід’ємною частиною забезпечення безпеки населення, оскільки від якості доріг залежить ефективність роботи таких служб, як поліція, екстрена медична допомога, служба пожежної безпеки, служба газу та служба житлово-комунальних послуг.

Таким чином, автомобільні дороги представляють собою надзвичайно вагомому інвестицію як з соціального, так і з економічного погляду. Це саме те, що вимагає вжиття заходів для захисту автомагістралей від швидкого зношування під впливом автотранспорту. [1].

Останні дослідження вказують на те, що найбільший вплив на пошкодження доріг відзначається у випадках, коли автомобілі порушують правила дорожнього руху, пов’язані з масо-габаритними нормами. Зокрема, виникає проблема, коли автотранспорт перевантажують, не дотримуючись встановлених норм, а намагаються максимально використати вантажопідйомність на кожній вісі автомобіля.

Результати статистичних досліджень щодо впливу перевантаження на вісь автомобіля вказують на наступне. При перевантаженні осі на 150% від одинарного, подвійного або трійного вісного автомобіля, кількість пошкоджень збільшується відповідно на близько 500%, 135% та 122%.

					ЕЛІТ 8.171.00.10.591 ПЗ	Лист
						7
	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		

Використання VDF в дослідженні виводить подібні результати, а саме в 47,20, 10,30 та 7,99 разів більше пошкодження дорожнього покриття. Це свідчить про те, що кількість руйнувань збільшується в декілька разів.

Отримані висновки дозволяють зрозуміти, що якщо дорога призначена для 15 років експлуатації, то її життєвий цикл скорочується до 12,3, 10,27 та 7,25 років внаслідок перевантаження на 5%, 10% та 20% відповідно. Також було виявлено, що якщо вантажний автомобіль із дозволеною вантажопідйомністю 21 тонна перевозить максимально можливі 30 тонн, термін служби дороги, розрахований на 15 років, зменшується до 3,16 років. Це пояснюється тим, що вертикальний контакт тиску шини у 2-3 рази перевищує тиск, коли шина не накачана чи перекачана.

Синхронно здійснювалось наукове дослідження, в результаті якого було виявлено, що вантажівки, перевантажені на 10%, спричиняють більше на 40% пошкоджень дорожнього покриття порівняно з тими, які перевозять нормативні навантаження. Також встановлено, що глибина впливу на дорожнє покриття в разі перевантаження становить 6-14 метрів, в порівнянні з 6-8 метрами у нормальних умовах. З цього можна зробити висновок, що перевантажені транспортні засоби збільшують витрати на утримання доріг на 100% в порівнянні з тими, які рухаються з нормативним навантаженням.

Після аналізу вищезазначених фактів можна зробити висновок, що для збереження цілісності дорожнього покриття, зменшення економічних витрат на його утримання та подовження терміну експлуатації необхідний метод постійного контролю за навантаженням транспортних засобів, які переміщуються по дорогах. [1].

Для виконання постійного габаритно-вагового контролю в основному використовують декілька методів а саме:

1. Пересувні (підкладні) ваги.

Цей метод є найбільш доступним для вимірювання навантаження на колесо або вісь. Вони складаються з невеликих платформ, які можуть бути переносимі вручну однією або двома людьми. Зазвичай використовуються у парі. Головними перевагами цих ваг є невисока ціна, легкість платформ та простота монтажу. Однак недоліками є обмежена точність та придатність лише для не комерційного зважування.

2. Стаціонарні ваги для вимірювання навантаження на вісь.

					ЕЛІТ 8.171.00.10.591 ПЗ	Лист
						8
	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		



Цей метод є найбільш точним для вимірювання навантаження. Ваги представлені виготовленою за технологією тензодатчиків ваговою платформою. Головною перевагою цих ваг є висока точність. Однак недоліками є значна вартість та можливість роботи тільки в стаціонарному режимі або в активному, що працює тільки при певній швидкості автотранспорту. [1].

### 3. Бортові системи зважування.

На поточний момент, системи бортового зважування представляють собою найбільш перспективний напрямок розвитку, оскільки вони є надзвичайно універсальними та володіють достатньою точністю вимірювань. Універсальність існуючих вагових датчиків дозволяє їх інтегрувати в будь-який транспортний засіб з різноманітними типами підвісок.

Метою даної роботи є розробка пристрою для бортового зважування. Реалізація системи габаритно-вагового контролю включає в себе аналіз літературних джерел, вивчення аналогічних розробок, математичний розрахунок, вибір елементів для створення пристрою та застосування знань, отриманих під час навчання. Основними завданнями цього проекту є досягнення максимальної простоти пристрою, його надійності та мінімізації апаратних витрат [2]

					ЕЛІТ 8.171.00.10.591 ПЗ	Лист
						9
	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		

# 1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ПРОЕКТУВАННЯ

## 1.1 Принцип роботи

Системи зважування та контролю навантаження на вісь розроблені для моніторингу вантажопідйому на кожну вісь транспортного засобу та визначення маси вантажу.

Принцип роботи бортового зважування базується на використанні даних, отриманих від спеціалізованих датчиків, які реєструють зміни, що виникають у кожній з трьох можливих типів підвіски: пневматичній, механічній та гідравлічній. Ці дані використовуються для налаштування приладів зважування та подальших вимірювань навантаження та вісей транспортного засобу [2].

Отже, за типом датчиків на даний момент можна виділити три основні категорії:

1. Пневматичний;
  2. Механічну;
  3. Гідравлічну;
1. Пневматична підвіска

В існуючих системах пневматичної підвіски для тягачів чи причепів встановлюється чутливий датчик, який перетворює тиск повітря та передає його на дисплей. Залежно від типу, сигнал може передаватися за допомогою кабелю або радіо. Тиск у пневматичній підвісці прямо залежить від маси вантажу.

Датчики реєструють найменші зміни тиску повітря в контурі, дозволяючи системі відображати навантаження на вісь в межах 1% від загальної маси транспортного засобу після навантаження. Ці датчики мають лінійну залежність, що дозволяє налаштовувати їх за допомогою двох точок.

Системи пневматичного обладнання на транспортному засобі можуть бути виконані в одноконтурному або двоконтурному варіанті (розташовані по одній з правого та лівого боків автомобіля). У випадку двоконтурної системи повітря для вісі або групи осей потрібно використовувати два датчика. Це, звісно, призводить до збільшення вартості, але в той же час підвищує точність та швидкість реагування у порівнянні з одноконтурною системою повітря на аналогічній вісі [2].

2. Механічна підвіска

					ЕЛІТ 8.171.00.10.591 ПЗ	Лист
						10
	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		

Механічна (ресорна) підвіска є найбільш вагомим варіантом підвіски, особливо в контексті завдань зміни навантаження. Зазвичай, цей тип датчиків використовується на рульовій вісі більшості вантажівок за замовчуванням. На сьогодні використовуються датчики трьох основних типів: тензодатчики, датчики положення та акселерометри. Різні варіанти кріплення цих датчиків можуть бути реалізовані на ресорах чи шасі за допомогою спеціалізованих кронштейнів, електрозварки або спеціального клею.

### 3. Гідравлічна підвіска

Гідравлічна підвіска використовується в кар'єрній багато-вантажній техніці та причепах для важкого транспорту. Середні причіпи зазвичай мають чотири або більше вісей, які можуть бути об'єднані в один або кілька гідравлічних контурів. Кожен контур має свій власний гідравлічний датчик. Робота датчиків базується на вимірюванні тиску мастила [2].

На перший погляд такий різноманітний склад техніки може виглядати як вимушене розроблення різних типів пристроїв для габаритно-вагового контролю. Проте, насправді, це єдина з переваг цього типу зважування, оскільки кожен пристрій складається з кількох основних компонентів:

1. Дисплей для відображення результатів.
2. Контролер, який обробляє дані, розраховує навантаження на осі і визначає загальну масу вантажу на основі отриманих від датчиків даних.
3. Датчики, тип яких залежить від типу підвіски.
4. Комплект кабелів.

Завдяки своїй простоті та уніфікованості, цей прилад можна легко встановити на будь-який транспортний засіб, просто замінивши програмне забезпечення та використавши потрібну кількість датчиків. Це також дозволяє зручно модифікувати пристрій відповідно до потреб або інтегрувати його у будь-яку систему.

Однак наразі головною трудностю залишається визначення місця встановлення та самого процесу встановлення. Це пов'язано з тим, що кількість та розташування датчиків визначаються в першу чергу кількістю осей транспортного засобу та типом його підвіски.[3]

					ЕЛІТ 8.171.00.10.591 ПЗ	Лист
						11
	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		

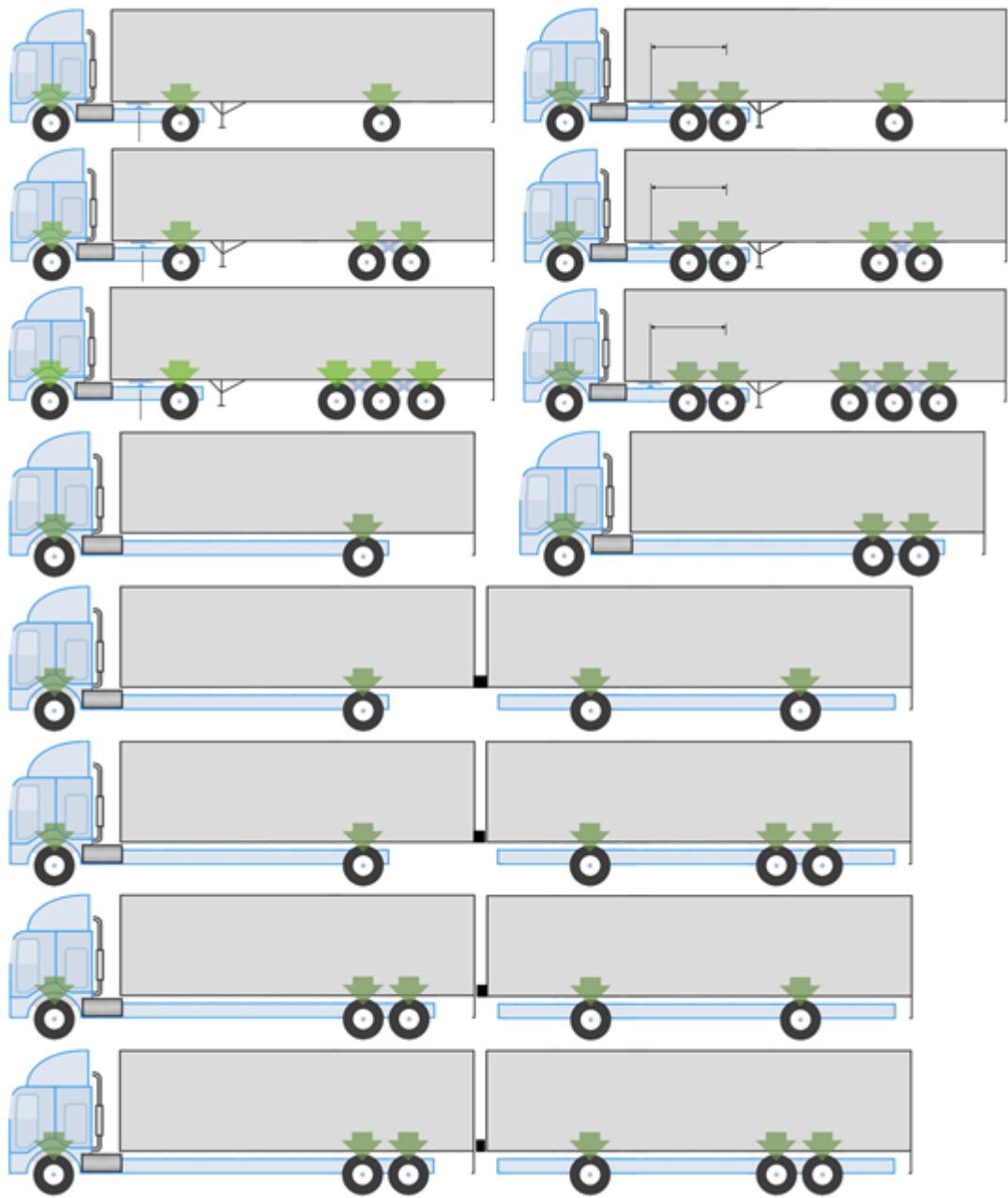


Рисунок. 1.1 – Можливі види конфігурації вантажного автотранспорту

Мінімальна кількість датчиків враховує, що на кожну вісь необхідно встановити, як мінімум, один датчик. Винятком є конфігурації "тягач + причіп", де на першу вісь не встановлюється датчик. У цьому випадку навантаження на передню вісь визначається з урахуванням навантаження на задню вісь тягача, положення зачіпного механізму та відстані між передньою та задньою осями [3].

Використання мінімальної кількості датчиків у системах зважування та контролю навантаження автомобіля викликає певні обмеження при експлуатації. В першу чергу, правильне відображення маси вантажу та навантаження можливе лише у випадку, якщо вантаж розташований так, що центр мас знаходиться між правою та лівою стороною борту кузова. У другу чергу, у випадку наявності підйомних осей, відображення навантаження на ось та маси вантажу буде неправильним, якщо хоча б одна з осей піднята [3].

Отже, необхідно визначити кількість підйомних осей, оскільки для кожної вісі потрібно, як мінімум, один датчик. Використання одного датчика замість двох має свої обмеження, зокрема, центр мас вантажу повинен знаходитися між лівим та правим бортом кузова.

Оскільки центр мас вантажу розташований не посередині відносно правого та лівого борту, необхідно встановлювати два датчики на кожну вісь, за винятком задньої вісі тягача. На задній вісі тягача встановлення двох датчиків з обох боків не має сенсу, оскільки центр мас забезпечується зчипним пристроєм, розташованим по центру відносно лівого та правого борту кузова.

Також достатньо одного датчика у випадку, коли права та ліва пневмопідвіска мають загальний контур; встановлення двох датчиків в цьому випадку не ефективно.

Отже, оптимальна кількість датчиків для трьохосного тягача та трьохосного причепа становить п'ять. (Рис. 1.2).

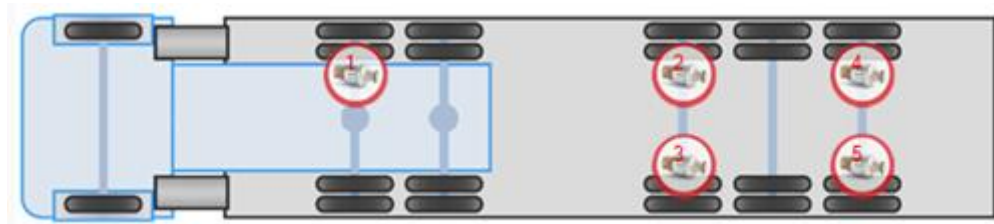


Рисунок 1.2

Оптимальна кількість датчиків для трьох осьового тягача с однією підйомною віссю та двох осьового причепа становить шість датчиків.(Рис.1.3)



Рисунок 1.3

Оптимальна кількість датчиків для двох осьового тягача та трьох осьового причепа становить три датчика.(Рис.1.4)

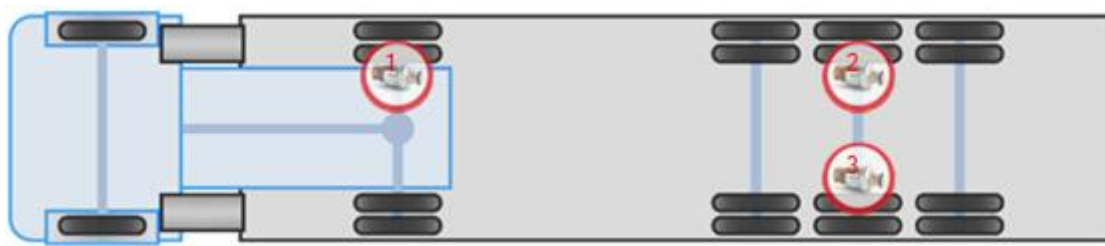


Рисунок 1.4

Оптимальна кількість датчиків для трьох осьової вантажівки без підйомної осі необхідно чотири датчика.(Рис.1.5)

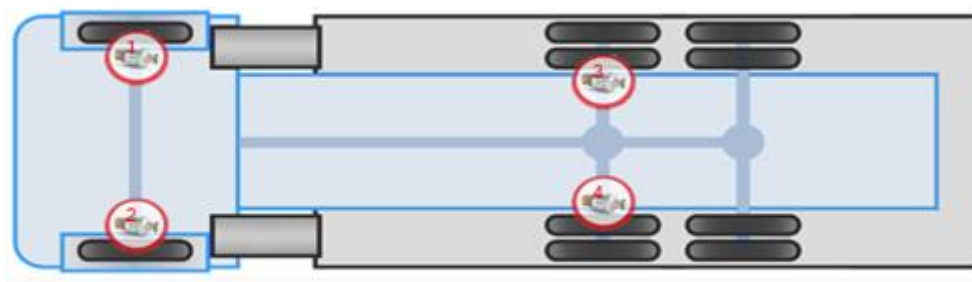


Рисунок 1.5

Оптимальна кількість датчиків для двох осьового причепа становить чотири датчика.(Рис.1.6)

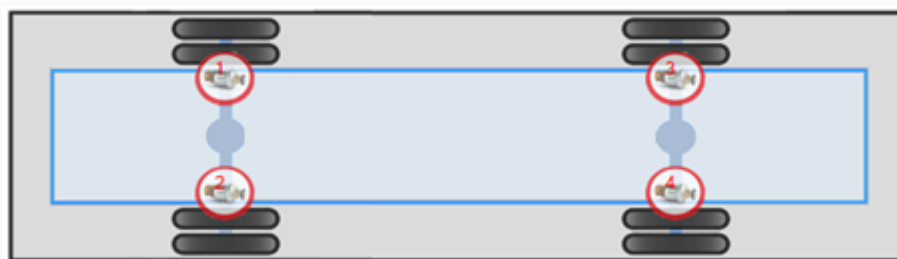


Рисунок 1.6

	Лист	№ докум.	Підпис	Дат

Вказаний підхід не є застосовним у випадку, коли пристрій для контролю габаритів та ваги автомобіля працює на основі тензодатчиків. Це пояснюється тим, що тензодатчики не встановлюються в підвіску автомобіля, а, навпаки, розташовуються в шасі (рамі) та каркасі кузова [4].



Рисунок 1.7 – Встановлений тензодатчик між кузовом та рамою автомобіля.

Завдяки такій унікальності, кількість датчиків, яку необхідно встановити, може варіюватися від двох до восьми і більше. Таким чином, кількість датчиків обумовлюється конструкцією кузова, на який вони монтується.

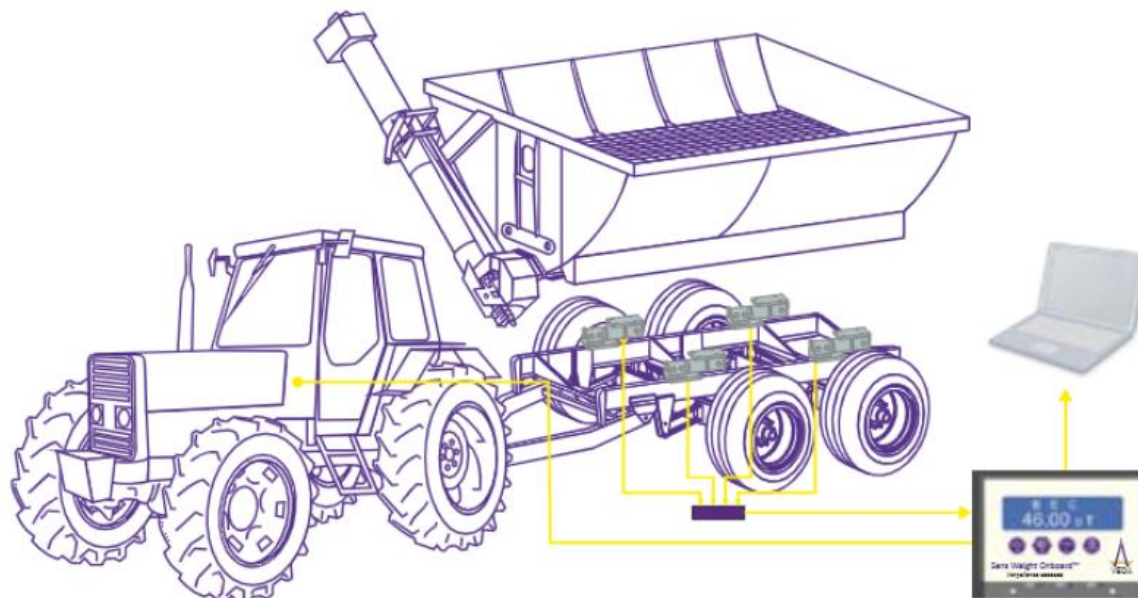


Рисунок 1.8 – Схема встановлення пристрою габаритно-вагового контролю на тензодатчиках.

	Лист	№ докум.	Підпис	Дат

## 1.2 Огляд існуючих рішень

Розглянемо пристрій системи зважування та контролю навантаження від компанії Eurosent. Ця система включає в себе контролери EUROSENT Difference-T, датчики навантаження на вісь EUROSENT Difference 01/02 або інші моделі, дисплей EUROSENT Display RS та необхідний комплект кабелів [4].



Рисунок 1.9 – Склад пристрою габаритно-вагового контролю від компанії EUROSENT

Таблиця 1.1 – Контролера EUROSENT Difference-T

Технічні характеристики EUROSENT Difference-T	
Напруга живлення,	10-60 В
Температурний діапазон	-40...+85 °С
Діапазон вхідного сигналу	0-5 В
Дискретність перетворення	12 Біт
Вихідний інтерфейс	RS485
Вихідний протокол	LLS



Таблиця 1.2 – Дисплей EUROSENT Display RS

Технічні характеристики EUROSENT Difference-T	
Напруга живлення,	10-60 В
Температурний діапазон	-40...+85 °С
Діапазон вхідного сигналу	0-5 В
Дискретність перетворення	12 Біт
Вихідний інтерфейс	RS485
Вихідний протокол	LLS

Цей пристрій може взаємодіяти з різними видами датчиків. Розглянемо, наприклад, датчик EUROSENT Difference 01, який спеціалізується на вимірюванні тиску в пневмопідвісці.

Таблиця 1.3 – Датчик EUROSENT Difference 01

Технічні характеристики EUROSENT Difference 01	
Напруга живлення	8-32 В
Тиск на вході датчика	0-0,8 МПа
Маса	150 г
Похибка	Не більше 2,5%
Різьба	M16x1,5
Температурний діапазон	-40...+80°С

Таблиця 1.4 – Датчик EUROSENT Difference 01

Номінальна напруга живлення, В	Тиск на вході датчика, МПа	Вихідна напруга датчика, В
24±0,5	0	0,25
	0,1	0,7
	0,2	1,2
	0,3	1,55
	0,4	2
	0,5	2,5
	0,6	2,95
	0,7	3,3
	0,8	3,8



Рисунок 1.10 – Датчик навантаження на вісь EUROSENT Difference 01  
Розглянемо способи вбудовування датчика в систему пневматичної підвіски:

1. Встановлення у фабричний отвір головної магістралі для подачі повітря в подушку пневмопідвіски розміром M16x1,5 без продовження.
2. Встановлення в місце з'єднання головної магістралі для подачі повітря за допомогою трійника.
3. Встановлення в розріз головної магістралі для подачі повітря.

У разі вибору першого методу встановлення в штатний отвір, необхідно використовувати комплектуючі, які надаються разом із датчиком [4].

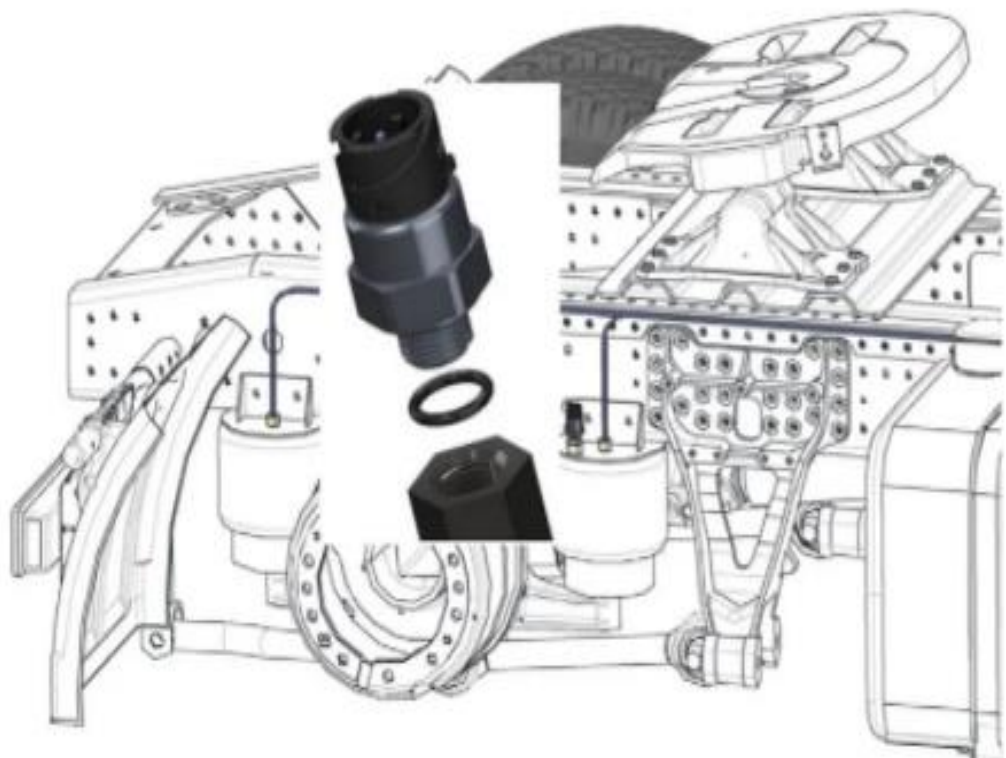


Рисунок 1.11 – Встановлення в стандартний отвір

	Лист	№ докум.	Підпис	Дат

ЕЛІТ 8.171.00.10.591 ПЗ

Лист

18

Встановлення датчика тиску передбачає його розміщення в місці кріплення трубки діаметром 10 міліметрів ( Рис. 10).

Цей метод встановлення датчика включає його вставлення у відповідний отвір розміром M16x1,5 [4].

При використанні цього методу встановлення необхідно використовувати додатковий комплект монтажу.

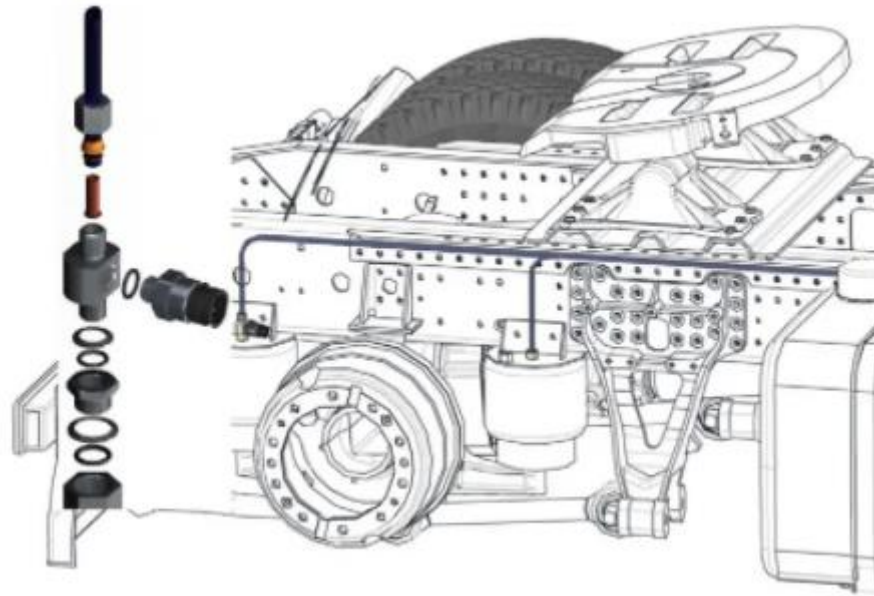


Рисунок 1.12 – Встановлення в продовження пневмомагістралі

Датчик встановлюється у розрив пневмомагістралі з використанням трупки 10 міліметрів з використанням додаткового комплекту монтажу.

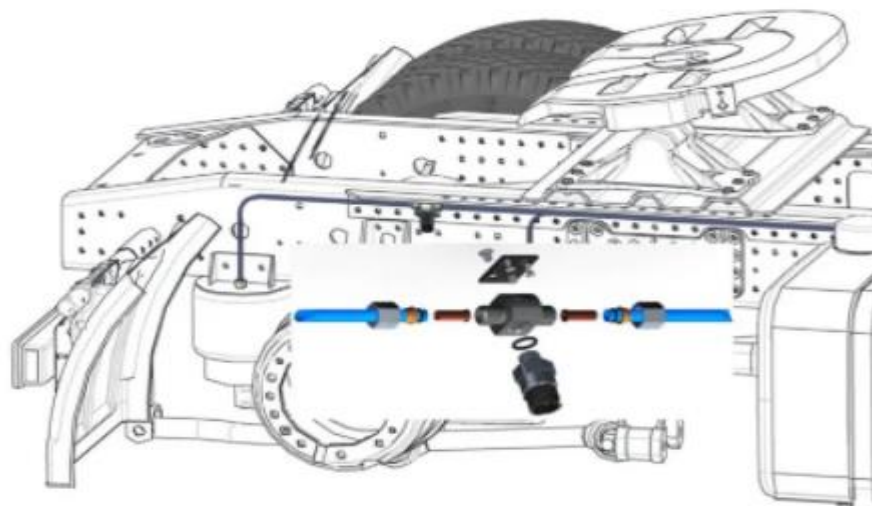


Рисунок 1.13 – Встановлення в розрив пневмомагістралі

	Лист	№ докум.	Підпис	Дат



Для належного монтажу датчика EUROSENT Difference 02 слід визначити величину ходу підвіски від повністю завантаженого до повністю розгруженого стану. Забезпечте таке розташування датчика, при якому кутове переміщення буде максимальним під завантаженим транспортним засобом та мінімальним у порожньому стані, з урахуванням недопущення перевищення максимальних кутів. На основі цього вибирайте оптимальне місце кріплення та довжину з'єднання з комплекту [4].

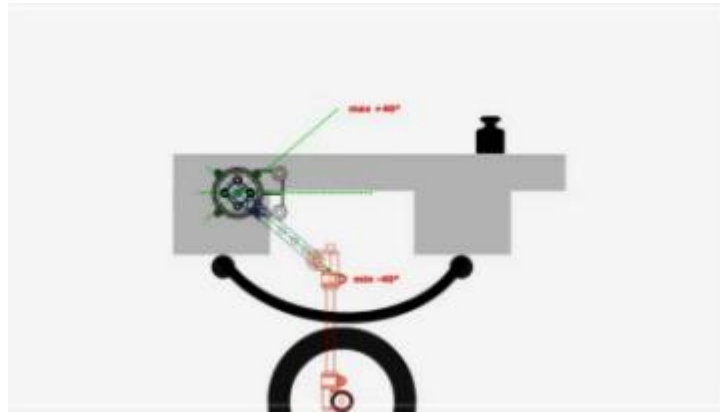


Рисунок 1.15 – Встановлення датчика переміщення

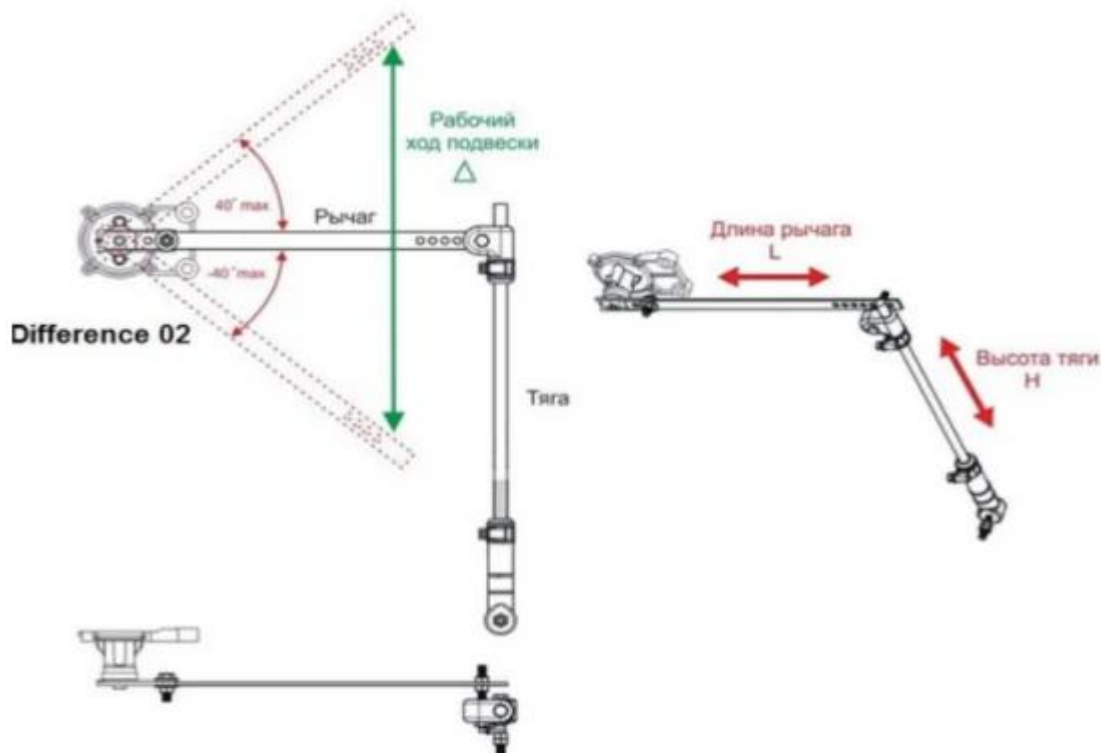


Рисунок 1.16 – Схема з'єднання рычагів датчика

Розглянемо систему контролю ваги на борту від компанії VEDA. Ця система включає в себе пристрій SENS WEIGHT ONBOARD, з'єднувальну коробку, тензодатчики TSWA-1 та комплект кабелів [6].

## Sens Weight Onboard

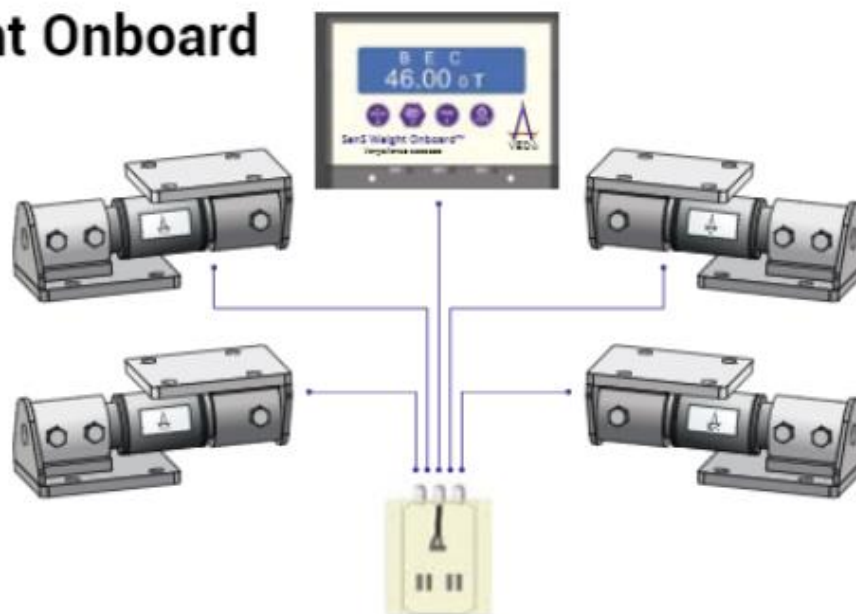


Рисунок 1.17 – Склад пристрою габаритно-вагового контролю від компанії VEDA

Таблиця 1.7 – Технічні характеристики SENS WEIGHT ONBOARD

Технічні характеристики SENS WEIGHT ONBOARD	
Кількість вимірювальних входів	1 шт.
Варіанти зовнішнього інтерфейсу зв'язку	RS232, ZIGBEE, GPS
Час зважування	<50 мс.
Кількість десятичних розрядів	4 ед.
Рівень захисту корпусу	IP67
Напруга живлення	від 10 до 30 В

Лист	№ докум.	Підпис	Дат	

ЕЛІТ 8.171.00.10.591 ПЗ

Лист

22



Рисунок 1.18 – SENS WEIGHT ONBOARD

Таблиця 1.8 – Технічні характеристики TSWA-1

Технічні характеристики TSWA-1	
Номінальне маса (MAX)	1 т; 2 т; 3 т; 4 т; 7,5 т; 10 т;
Клас точності	C1
Найбільша допустима напруга	12 В
Температурний діапазон	від -30 до +50°C
Маса	не більше 3 кг
Рівень захисту корпусу	IP 68
Допустиме перевантаження від номінального	125 %
Руйнуюче навантаження (MAX)	≥ 150 %
Максимальне навантаження (MAX)	125 %
Робочий коефіцієнт перетворення	1 ± 0,1 мВ/В





Рисунок 1.19 – Тензодатчик TSWA-1

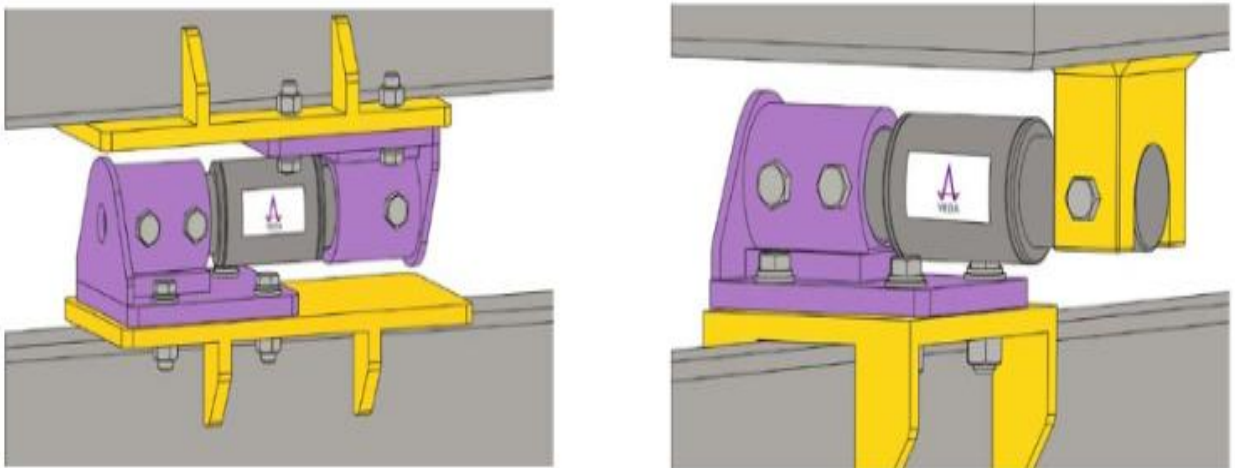


Рисунок 1.20 – Варіанти встановлення датчика TSWA-1

### 1.3 Постановка завдання проекту

Метою роботи є розробка бортової системи моніторингу навантаження транспортного засобу, яка повинна забезпечити можливість моніторингу навантаження на кожен вісь і передачу результатів моніторингу на відстань.

Для розроблення системи моніторингу навантаження транспортного засобу необхідно виконати наступне:

1. Визначити завдання та основні функції, які буде виконувати бортова система моніторингу навантаження транспортного засобу.

					ЕЛІТ 8.171.00.10.591 ПЗ	Лист
						24
	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		



2. Виконати аналіз видів бортового зважування, вибір методу вимірювання навантаження транспортного засобу. Спираючись на результати досліджень обрати тип датчиків, які доцільно застосовувати в системі моніторингу навантаження, і для обраних датчиків виконати аналіз точності вимірювання.

3. Розробити схему алгоритму роботи та схему електричну структурну системи моніторингу навантаження транспортного засобу.

4. Розробити схему електричну функціональну та схему електричну принципову системи, що розроблюється.

5. Розрахувати собівартість та ціну системи.

					ЕЛІТ 8.171.00.10.591 ПЗ	Лист
						25
	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		

## 2. НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

Динамічне зважування транспорту є необхідним аспектом управління дорожнім рухом, що гарантує виконання стандартних вимог до максимальної маси транспортних засобів та їх вантажів. Використання систем вагового контролю дозволяє уникнути перевантаження доріг, мостів та інших інфраструктурних об'єктів, сприяючи тим самим збереженню та тривалій експлуатації цих структур. Крім того, розробка ефективних та надійних систем моніторингу навантаження транспортного засобу важлива для забезпечення безпеки та оптимальності руху транспорту. Недооцінка маси навантаження на транспортний засіб може призвести до серйозних аварій на дорозі та може завдати шкоди дорожньому покриттю та іншим інфраструктурним елементам та спричинити ДТП.

На сьогоднішній день існує кілька проблем та недоліків, пов'язаних з даними системами, такі як точність вимірювань, стійкість до погодних умов та інших факторів, які можуть впливати на результати вимірювань. З метою подолання цих проблем, необхідно акцентувати увагу на розвитку та їх вдосконаленні.

### 2.1 Види бортового зважування.

Датчики, призначені для використання в бортових системах зважування, можуть бути встановлені з метою моніторингу навантаження на індивідуальні колесні диски, окремі осі або групи осей, і базуватися на різних методах вимірювання. У сучасних конструкціях можна виділити два основних типи бортових систем зважування:

Перший тип: Статичне бортове зважування.

					ЕЛІТ 8.171.00.10.591 ПЗ	Лист
						26
	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		



Рисунок 2.1 - Статичне бортове зважування

Протягом значного періоду часу в транспортній галузі використовуються статичні бортові системи зважування. Вони вимірюють вагу автомобіля, коли він перебуває в стані спокою, такому як на парковках, у зонах відпочинку або під час очікування на світлофорі. Головна мета цих систем - оптимізація управління автопарком та маршрутизація вантажівок з врахуванням обмежень вантажопідйомності та навантаження.

На сьогоднішній день найбільш надійною є статична бортова система зважування.

Точність отриманих статичних даних, виміряних за допомогою даних систем, повинна становити 2% в межах 95% зчитувань або 500 кг. Для перевірки точності цих вимірювань бортові вагові пристрої постійно калібруються на вагових станціях, де і видається сертифікат калібрування, дана процедура проводиться не рідше двох разів на рік.

Другий тип: Динамічне бортове зважування.

										Лист
										27
	Лист	№ докум.	Підпис	Дат						

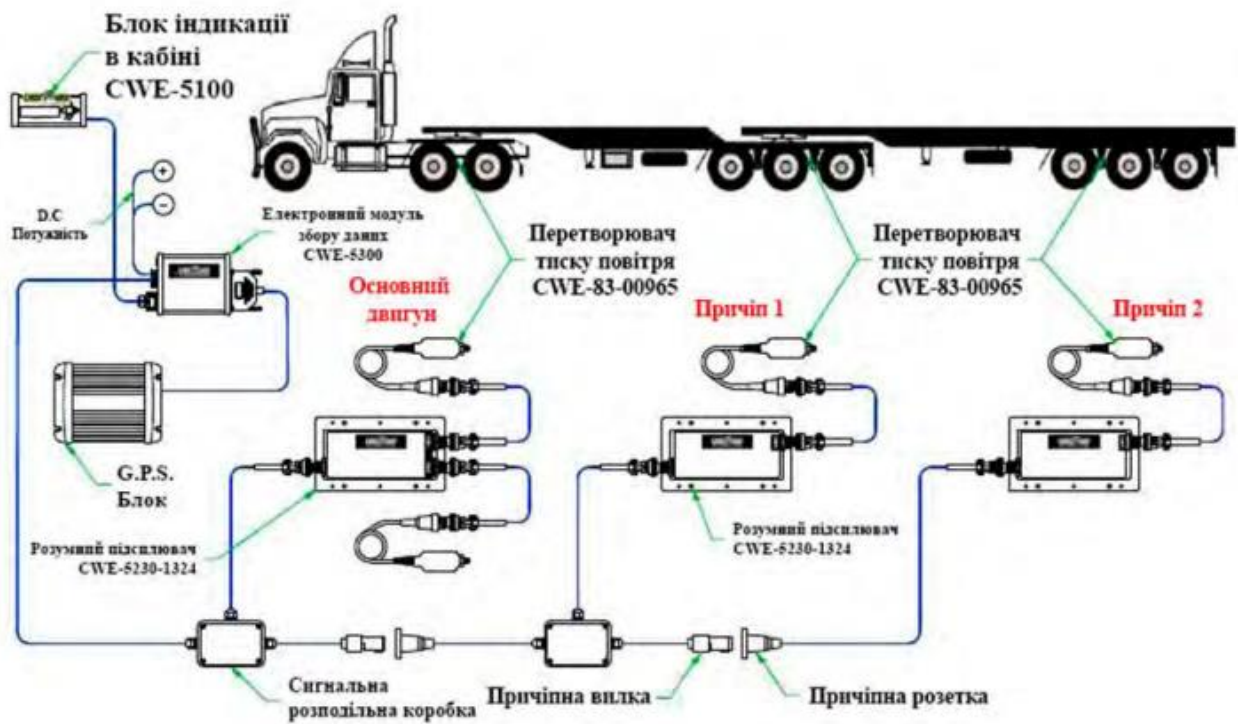


Рисунок 2.2 - Динамічне бортове зважування.

Значення ваги в динамічній бортовій системі зважування систематично моніторяться з певною частотою вибірки. Аналогічно до In-Road WIM, для оцінки "реальних" статичних значень ваги використовуються складні алгоритми. При розробці динамічної системи можна використовувати різні типи датчиків, такі як тензодатчики, тензорезистори, повітряні або гідравлічні датчики тиску, а також додаткові датчики, наприклад, акселерометри та датчики переміщення. Залежно від технології використаного датчика, похибка вимірювань може становити від 1% до 3%.

Переваги:

1. Підвищення ефективності:

- Бортові системи WIM вирішують завдання зважування транспортних засобів, що дозволяє мінімізувати час і витрати на цей процес.

2. Покращене дотримання правил:

- Бортові системи WIM допомагають забезпечити відповідність транспортних засобів встановленим нормативам, що допомагає у запобіганні перевантаження, зменшенні ризику пошкодження мостів та забезпеченні загальної безпеки на дорозі.

3. Підвищення безпеки водія:

- Бортові системи WIM сприяють підвищенню безпеки водія, надаючи дані про вагу в режимі реального часу. Ці дані можуть бути використані для уникнення перевантаження та інших потенційно небезпечних ситуацій на дорозі.

Недоліки:

1. Вартість:
  - Вартість системи є високою як у придбанні, так і в експлуатації.
2. Обслуговування:
  - Щоб забезпечити оптимальну роботу системи, необхідно регулярно проводити обслуговування.
3. Точність:
  - Точність системи може бути вплинута різними факторами, основними з яких є швидкість транспортного засобу та стан дорожнього покриття.

Основні характеристики системи:

1. Ціна:
  - Вартість On-Board систем починається від \$25 000.
2. Швидкість:
  - Система може вимірювати швидкість транспортного засобу до 100 км/год.
3. Вага:
  - Система може вимірювати масу автомобіля до 100 000 кг.
4. Інші фактори:
  - На точність системи можуть впливати різні фактори, такі як швидкість транспортного засобу, дорожнє покриття та вага транспортного засобу.

## 2.2 Вибір методу вимірювання

Проаналізувавши інформацію в попередньому пункті, було визначено, що розроблення пристрою на базі тензодатчиків є найоптимальнішим вибором порівняно з іншими технологіями, такими як гідравлічні, пневматичні та механічні системи.

Головною перевагою використання тензодатчиків є їхній метод встановлення, який вимагає розташування їх між корпусом автотранспорту та кузовом. Це призводить як до певних труднощів у зміні корпусу автомобіля та

					ЕЛІТ 8.171.00.10.591 ПЗ	Лист
						29
	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		

кузова, але зазвичай тензодатчики можуть бути легко встановлені у стандартні кріплення. Це створює певні переваги:

1. Висока точність:
  - Тензодатчики забезпечують високу точність вимірювань, оскільки працюють напряду з вантажем.
2. Більший ресурс роботи:
  - Підвіска автомобіля допомагає зменшити навантаження при русі, що призводить до більшого ресурсу роботи тензодатчиків у порівнянні з аналогами.
3. Висока надійність:
  - Тензодатчики вважаються надійними вимірювальними пристроями.
4. Велике максимальне навантаження:
  - Тензодатчики здатні вимірювати великі маси автомобілів.
5. Низька похибка при зміні кута поверхні:
  - Похибка вимірювань залишається низькою при зміні кута поверхні, на якій знаходиться транспортний засіб.

Додатковою перевагою є можливість використання балансувальної коробки, що спрощує підключення та налаштування датчиків, а також зменшує апаратні витрати в порівнянні з альтернативними технологіями. У порівнянні з іншими типами датчиків, які вимагають використання окремих мікроконтролерів для кожної групи датчиків, що збільшує собівартість та знижує надійність, тензодатчики видаються більш ефективним та надійним варіантом для розробки бортової системи зважування.

### 2.3 Основні характеристики тензорезистора

Основні технічні та метрологічні характеристики включають в себе параметри, такі як чутливість до деформацій, повзучість матеріалу, гістерезис, нестабільність температури та динамічна поведінка.

Чутливість тензодатчика визначається гнучкістю конструкції пружного чутливого елемента, при цьому на неї впливають конструкція, матеріал, тип і умови полімеризації клею, який використовується для перетворювача, а також інші менш важливі фактори.

Тензочутливість тензорезисторів визначається за допомогою коефіцієнта відносної тензочутливості:

					ЕЛІТ 8.171.00.10.591 ПЗ	Лист
						30
	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		

$$K = \frac{\varepsilon_R}{\varepsilon_l}$$

де  $\Delta\varepsilon_l$  – відносна механічна деформація тензорезистора;

де  $\Delta\varepsilon_R$  – відносна зміна опору тензорезистора.

Повзучість виникає, коли вихідний сигнал змінюється при заданому постійному значенні деформації, яке визначається як:

$$\delta_{\Pi} = \frac{\Delta\varepsilon_l}{\varepsilon_l}$$

де  $\Delta\varepsilon_l$  – зміна вихідного сигналу при відносній деформації  $\varepsilon_l$ , яка визначена параметром. Ознакою повзучості є пружна нестійкість підкладки тензорезистора і клею. У певному діапазоні деформації повзучість основної частини тензора не перевищує 0,1...1,1% протягом 1 години після нанесення клею, або не перевищує 1,1...1,6% протягом 6 годин.

Механічний гістерезис та повзучість виникають через дефекти у пружній підкладці та клеї і параметрично визначаються як різниця опорів тензорезисторів для конкретного значення деформації, при умові, що ці значення деформації зареєстровані під час поступового збільшення та постійного зменшення. Для певних типів тензодатчиків механічний гістерезис знаходиться в межах 0,6...5,2%.

Температурна нестабільність, або зміна температури навколишнього середовища, виникає, коли змінюється опір тензорезистора або виникає надмірна механічна напруга через температурне лінійне розширення.

Якщо  $\beta_d$  і  $\beta_{\Pi}$  – відповідно температурні коефіцієнти лінійного розширення тензорезистора і матеріалу чутливого пружного елемента, то відносна деформація тензорезистора, викликана зміною температури навколишнього середовища на  $\Delta\theta$ , створить інформативний сигнал.

$$\varepsilon_{\theta} = \frac{\Delta l_{\theta}}{l} = (\beta_d - \beta_{\Pi})\Delta\theta$$

при цьому зміна його опору  $R$  буде визначатись за формулою

$$\Delta R = kR(\beta_d - \beta_{\Pi})\Delta\theta$$





особливо для тонкоплівкових і фольгованих тензорних резисторів, де основною є половина поверхні резистора, звернена до об'єкта дослідження.

Потужність, що виробляється використовуваними нині провідними фольговими тензорними резисторами, не залежить від споживаної енергії та загальної площі, яку займають чутливі компоненти. Таким чином, ця потужність змінюється в незначному діапазоні:  $R_{pp}=27..29$  кВт/м<sup>2</sup>.

Давайте визначимо величину робочого струму, що проходить через тензорезистор, використовуючи формулу  $P=I^2R$ . Для дротяного резистора, де натяг дорівнює 1, кількість провідників у сітці -  $N$ , а діаметр дроту -  $d$ , маємо:

$$S_0 = \frac{\pi d}{2} nl \quad R = \frac{4nl\rho}{\pi d^2}$$

Особливість приклеєних тензорезистивних перетворювачів полягає в їхній одноразовості, що означає неможливість їхнього переклеювання з одного об'єкта на інший. У зв'язку з цим неможливо точно визначити функцію перетворення опору для робочого тензорезистора. Для оцінки цієї функції використовують функцію перетворення аналогічних, так званих зразкових перетворювачів з однієї партії. Проте цей метод можна ефективно використовувати лише у випадку, коли характеристики всієї партії датчиків абсолютно однакові, а залишкова деформація, викликана затвердінням клею при склеюванні, є ідентичною. Важливо зауважити, що ретельне застосування тензодатчиків та використання високоякісного клею зазвичай усуває можливі неузгодженості на рівні не більше 1,5% .

Також слід відзначити, що для склеювання тензодатчиків з досліджуваними деталями для роботи при нормальних температурах застосовуються спеціальні клеї, такі як ацетатцелюлозний і бакелітово-фенольний (БФ) клеї. Для роботи при високих температурах (до 600 ... 800 °С) використовують силіконові клеї, наприклад, Б-56, ВН-12, і спеціальні клеї на основі рідкого скла або полісилоксану.

Чутливість готового датчика деформації практично неможливо точно розрахувати, оскільки вона може суттєво відрізнятись від чутливості первинного матеріалу. Одним з впливаючих факторів на процес повторюваності характеристик є вигин у кутку дроту, особливо для кільцевих перетворювачів. У таких місцях утворюються ділянки, де деформація в напрямку осі вимірювання практично не відчувається.

									Лист
									33
	Лист	№ докум.	Підпис	Дат					

Зменшення чутливості, спричинене цим фактором, зростає зі зменшенням приведеної бази, і чутливість може бути знижена на 20–30%. Наявність секцій дроту, перпендикулярних до напрямку вісі перетворення, призводить до того, що ефект бокової деформації значно впливає на кінцеву чутливість, де поперечний переріз провідного шару на вигинах може деформуватися. Цей недолік фактично повністю відсутній у фольгових тензорезисторах.

#### 2.4 Схеми підключення тензорезисторів.

Основною схемою вимірювання у тензодатчиках є мостова схема, яку розрізняють за кількістю плечей, які використовуються поза самим приладом. Найпростішою та зручною є мостова схема з одним активним плечем, в якій решта плечей представлені стабілізуючими резисторами. З появою та удосконаленням тензорезисторів, які компенсують самонагрівання, використання цього рішення стало популярним. На сьогоднішній день напівмостова схема також використовується, особливо при вимірюванні деформації при статичних і квазістатичних процесах. У цій схемі основний вимірювальний резистор виступає як активний резистор, а другий резистор підключений до сусіднього плеча моста. Для швидкої температурної компенсації частина плеча виконана у вигляді стабілізуючого резистора. Найбільш розповсюдженою є схема з повним мостом, де всі чотири плечі розташовані поза пристроєм. Ця схема забезпечує найвищі метрологічні характеристики і самокомпенсує ряд похибок, таких як температурні впливи, вплив з'єднувальних провідників та нелінійність.

На рисунку 2.3 наведено схему з'єднання тензорезисторів у повному мостовому тензорезисторному перетворювачі та їх об'єднання в систему вагового вимірювання.



введення терморезисторного моста в схему призводить до додаткового зниження температурної похибки на 10-20 разів.

Враховуючи ці оптимізації, температурна похибка датчика сили, обладнаного фольгованим тензорним резистором, лежить в діапазоні 0,01 - 0,05%. Крім того, мостова схема включає резистори  $R_1$  і  $R_2$ , які дозволяють регулювати необхідні значення вхідного і вихідного опорів моста, сприяючи подальшій точності вимірювань.

## 2.5 Аналіз тензорезисторів.

Фольгові тензорезистори, які загалом проявляють кращі технічні та метрологічні характеристики порівняно з дротяними тензорезисторами, можуть володіти топологією практично будь-якої форми та розміру. Основу тензодатчиків складає плівка із синтетичної смоли або паперу, що просочена клеєм. Товщина основи тензодатчика становить 30-40 мкм, в той час як товщина аркуша паперу складає 80-100 мкм. Сітчасті елементи фольгових тензорів мають прямокутний переріз, що характеризується більш вигідним співвідношенням периметра до площі поперечного перерізу, у порівнянні з тензорезисторами із сітчастими елементами круглого перерізу. У зв'язку з цим фольгові резистори ефективно розсіюють тепло, що дозволяє досягати вищих робочих струмів та вихідних сигналів, у порівнянні із дротяними резисторами такого ж розміру. Фольгові тензорезистори виявляються менш чутливими в поперечному напрямку, завдяки збільшенню ширини поперечного перерізу тензорної сітки.

Технології виробництва фольгованих тензорних резисторів ґрунтуються на використанні фотохімічних процесів, що забезпечує можливість створення решіток будь-якої форми з основою товщиною 0,3 мм і більше. Відповідно до Технічних Умов ТУ РМО-03 № 97-67, для виготовлення фольгових тензорезисторів використовується константанова фольга товщиною 4-6 мкм.

На ринку серійного виробництва наявні різноманітні типи фольгованих тензорних резисторів, що включають:

- Одноелементні тензорезистори, такі як 2ФСПА, 2ФШШ, 1ФКСК, 2ФСТК, 3ФКСК, ФК-СА, ФК-СБ, ФС-ПВ, обладнані прямокутними сітками.
- Розетки двоелементні, наприклад, 2ФСРВ, ФК-РА, що складаються з двох однотипних сіток, розташованих під прямим кутом одна до одної.

									Лист
									36
	Лист	№ докум.	Підпис	Дат					

- Триелементні тензорні резистори, що містять три однакові сітки, розташовані під кутами  $0^\circ$ ,  $90^\circ$ , та  $135^\circ$  або  $0^\circ$ ,  $+120^\circ$ , та  $-120^\circ$ .

Ці фольговані тензорезистори виробляються у великій кількості, що дозволяє вибирати оптимальний варіант залежно від конкретних вимог і застосувань.

## 2.6 Аналітичний розрахунок статичної характеристики тензодатчика з пружним елементом розтягу-зтиску

Статична характеристика перетворювача є функціональною залежністю вихідного сигналу від вхідного, умови закінчення перехідних процесів. Це рівняння характеризує рівноважний стан чутливого елемента, що дозволяє провести аналіз точності системи в статичному режимі. Виділяють дві основні групи статичних характеристик: лінійні та нелінійні.

У випадку тензодатчиків сили, величина навантаження  $F$  є вхідним параметром, а вихідна напруга  $U_{\text{вих}}$  є результатом вимірювань. Функція перетворення для датчика з чотирма тензорезисторами (два з них наклеєні повздовжньо, а два поперечно до осі пружного елемента розтягу-стиску) має наступний вигляд:

$$U_{\text{вих}} = U_{\text{вх}} * \frac{K * K_T}{(K+1)^2} * 2(1 + \mu) * \frac{F}{E * S_{\text{пер}}}$$

Де  $K$  - коефіцієнт симетрії мостової;

$K_T$  – коефіцієнт тензочутливості тензорезистора;

$E$  – модуль пружності матеріалу пружного елемента;

$S_{\text{пер}}$  – площа поперечного перерізу пружного елемента;

$\mu$  – коефіцієнт Пуассона матеріалу пружного елемента.

Статична характеристика перетворювача наведена на рисунку 2.4

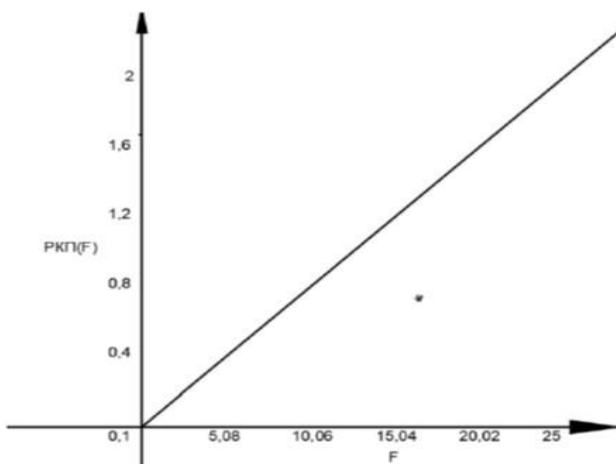


Рисунок 2.4 - Характеристика перетворювача статична.

Лист	№ докум.	Підпис	Дат	

Враховуючи, що характеристики тензометричного статичного датчика мають лінійну характеристику, це можна записати так:

$$P_{КП}=f(F)$$

## 2.7 Аналітичний розрахунок динамічних характеристик тензодатчика з пружним елементом розтягу стиску

Для аналізу пружного елемента в динамічному режимі використаємо принцип д'Аламбера та рівняння силової рівноваги:

$$m \frac{d^2x}{dt^2} + b \frac{dx}{dt} + cx = F(t)$$

де  $x$  – вихідний сигнал чутливого елемента - відносної деформації;

$m$  – маса елемента чутливого;

$b$  – коефіцієнт демпфування коливань;  $c$  – жорсткість елемента чутливого;

$F$  – прикладене навантаження;

$m \frac{d^2x}{dt^2}$  - сила інерції

$dt^2 x$

$m \frac{dx}{dt}$  - сила демпфування

$dt x$

$cx$  – сила пружності

Наведемо рівняння в операторному вигляді

$$mp^2x(p) + bpx(p) + cx(p) = F(p)$$

На основі даного рівняння визначаємо передаточну функцію за формулою:

$$W(p) = \frac{X(p)}{F(p)} = \frac{1}{mp^2+bp+c}$$

Комплексний коефіцієнт передачі отримаємо при підстановці  $p = j \times \omega$

$$W(j\omega) = \frac{1}{-m\omega^2+jb\omega+c}$$

де  $\omega$  – власна частота недемпфованих коливань.

					ЕЛІТ 8.171.00.10.591 ПЗ	Лист
						38
	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		

Модуль передаточної функції запишемо за формулою:

$$|W(\omega)| = \frac{1}{\sqrt{(c-m\omega^2)^2+b^2\omega^2}}$$

Амплітудно-частотна характеристика визначається за формулою:

$$A(\omega) = \frac{|W(\omega)|}{|W(0)|} = \frac{1}{\frac{1}{c}\sqrt{(c-m\omega^2)^2+b^2\omega^2}}$$

Проведемо перетворення за формулою:

$$A(\omega) = \frac{1}{\sqrt{(1-\frac{m\omega^2}{c})^2+\frac{b^2\omega^2}{c^2}}}$$

Необхідно врахувати, що

$$\frac{c}{m} = \omega_0^2$$

$$\frac{b}{m} = 2\zeta\omega_0$$

де  $\omega_0$  – власна частота коливань пружного елемента.

$\zeta$  – коефіцієнт згасання коливань ( $\zeta = 0,1$ )

Приведемо рівняння АЧХ за формулою:

$$\frac{b^2\omega^2}{c^2} = \frac{4\zeta^2\omega_0^2m^2\omega^2}{c^2} = \frac{4\zeta^2\omega^2\omega_0^2}{\omega_0^4} = \frac{4\zeta^2\omega^2}{\omega_0^2} = 4\zeta^2y^2$$

Де  $y$  – відношення частот

$$A(\omega) = \frac{1}{\sqrt{(1-y^2)^2+4\zeta^2y^2}}$$

На основі рівняння АЧХ отримали графік, що наведено на рисунку 2.5  
Розрахуємо частоту власних коливань за формулою:

$$\omega_0 = \frac{0.249}{l} \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

					ЕЛІТ 8.171.00.10.591 ПЗ	Лист
						39
	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		

де  $\rho$  густина матеріалу з якого виготовлено пружний елемент;

$l$  – довжина пружного елемента

$$\omega_0 = \frac{0.249}{l} \sqrt{\frac{210 \cdot 10^9}{7850}} = 5366 \text{ (1/с)}$$

Для отримання частоти власних коливань у Гц, використаємо залежність  $2 \cdot \pi \cdot f = \omega$  та побудуємо графічну залежність.

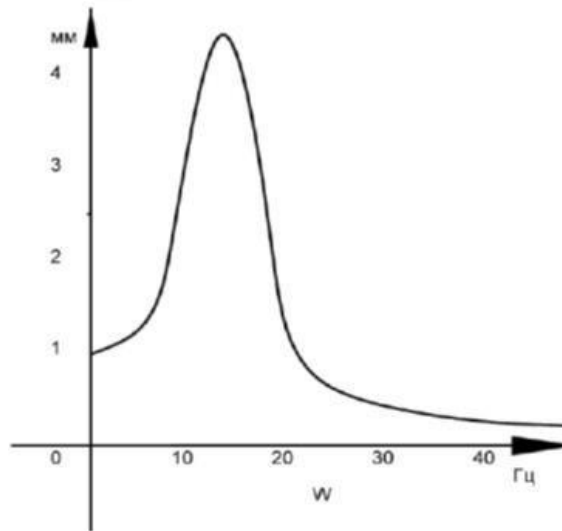


Рисунок 2.5 - АЧХ перетворювача

Розрахуємо фазову характеристику за формулою:

$$\varphi(\omega) = -\arctg \frac{b\omega}{c - m\omega^2} = -\arctg \frac{2\zeta\omega_0\omega}{\omega_0^2 - \omega^2}$$

Графік фазо-частотної характеристики приведено на рисунку 2.6



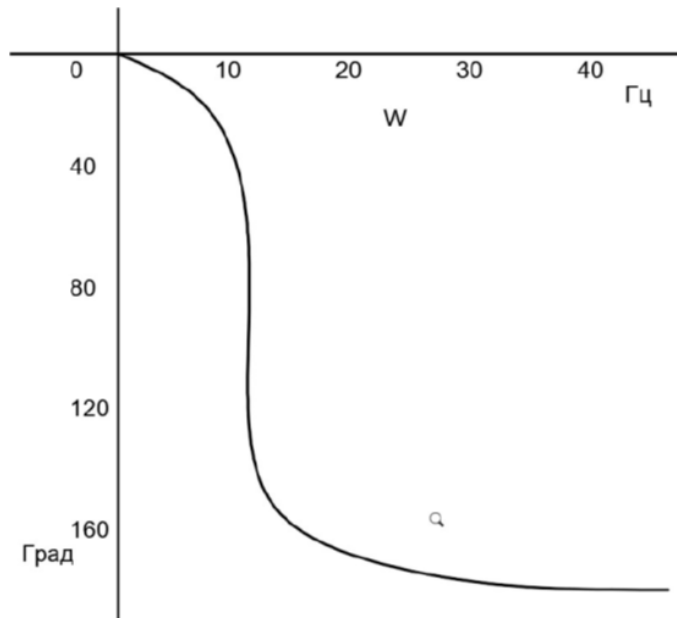


Рисунок 2.6 - ФЧХ перетворювача

Перехідна характеристика визначається за формулою:

$$h(t) = 1 - e^{-2\pi\omega_0\zeta t} \frac{1}{\sqrt{1-\zeta^2}} \cos\left(2\pi\omega_0\sqrt{1-\zeta^2}t + \arctg\frac{\zeta}{\sqrt{1-\zeta^2}}\right)$$

Графік наведено на рисунку 2.7

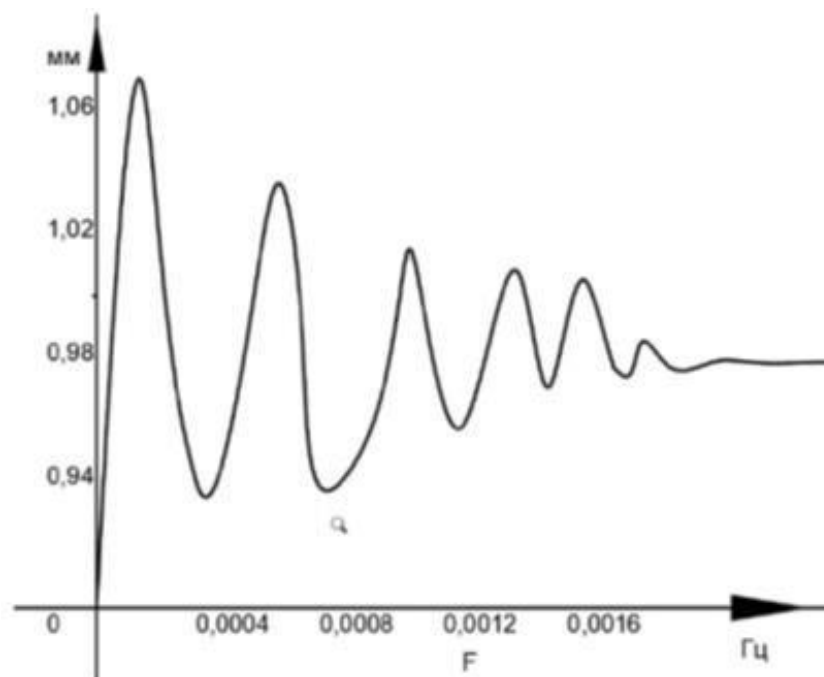


Рисунок 2.7 - Перехідна характеристика перетворювача.

	Лист	№ докум.	Підпис	Дат

## 2.8 Аналітичний розрахунок статичної характеристики тензодатчика з пружним елементом зсувного типу.

Розрахуємо геометричні розміри пружного елемента, обравши за матеріал сталь 35ХГСА. Розрахунок чутливості перетворювача в статичному режимі виконаємо за формулою:

$$\text{РКП} = \frac{U_{\text{вих}}}{U_{\text{вх}}} = \frac{K \cdot K_T}{(k+1)^2} \cdot \frac{\frac{3}{2} Q}{E S_{\text{пер}} 2G}$$

де  $K$  - коефіцієнт симетрії мостової схеми;

$K_T$  – коефіцієнт тензочутливості тензорезисторів датчика;  $E$  – модуль пружності матеріалу пружного елемента;

$S_{\text{пер}}$  – площа поперечного перерізу датчика

$$S_{\text{пер}} = b \cdot h.$$

Отримуємо

$$b = \frac{k}{(k+1)^2} 4K_T \frac{3}{2} \frac{1}{\text{РКП}} \frac{F}{4G}$$

Тоді як:

$$G = \frac{E}{2(1+\mu)}$$

$\mu$  – коефіцієнт Пуассона матеріалу пружного елемента.

Підставимо у формулу та маємо:

$$b = \frac{k}{(k+1)^2} 4K_T \frac{3}{2} \frac{1}{\text{РКП}} \frac{F 2(1+\mu)}{4E}$$

Візьмемо наступні значення:

$K=1$ ;  $K=2,1$ ;  $\mu = 0,3\%$ ;  $F=4$  МН;  $Y=210$  ГПа;  $\text{РКП}=2$  мВ/В;  $h=0,15$ м.

На основі даних маємо наступні значення:

$$d = \sqrt{\frac{4}{\pi} \left( \frac{1 \times 2,1}{(1+1)^2} \times 2 \times (1+0,3) \times \frac{25 \times 10^6}{210 \times 10^9 \times 2 \times 10^{-3}} \right) + 0,15^2} \approx 2,5 \text{ мм}$$

					ЕЛІТ 8.171.00.10.591 ПЗ	Лист
						42
	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		

Статичний момент

$$S_{max} = \frac{2D}{3\pi} \times \frac{\pi D^2}{8} - \frac{2d}{3\pi} \times \frac{\pi d^2}{8} = \frac{D^3 - d^3}{12} = \frac{(64mm)^3 - (52mm)^3}{12} = 10000mm^3$$

Поперечна сила

$$Q = \frac{P}{2} = \frac{5000 \text{ кг}}{2} = 2500 \text{ кг}$$

Ширину поперечного перерізу

$$b = D - d = 12 \text{ мм}$$

Момент інерції поперечного перерізу

$$J_y = \frac{\pi D^4}{64} - \frac{\pi d^4}{64} = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{64} = \frac{3,14((64mm)^4 - (52mm)^4)}{64} = 710000 \text{ мм}^4$$

Дотичне напруження

$$\tau = \frac{QS_{max}}{J_y} = \frac{2500 \text{ кг} \times 10000}{710000} = 35 \text{ Па}$$

Модуль пружності при крученні

$$G = \frac{E}{2(1 + \mu)} = \frac{210 \times 10^9}{2(1 + 0,28)} = 85 \times 10^9 \text{ Па}$$

Деформація елемента чутливого

$$\gamma = \frac{\tau}{G} = \frac{35 \text{ Па}}{85 \times 10^9 \text{ Па}} = 0,41 \times 10^{-10}$$

$$\varepsilon = \frac{\gamma}{2} = \frac{0,41 \times 10^{-10}}{2} = \pm 2,1 \times 10^{-11}$$

## 2.9 Аналіз категорій точності ваговимірювальних тензодатчиків

Аналіз категорії точності ваговимірювальних перетворювачів є складним вивченням взаємодії низки похибок, таких як систематичні, гістерезис, нелінійність, випадкові похибки, а також зміни початкових та робочих коефіцієнтів перетворення під впливом кліматичних факторів, зокрема температури.

					ЕЛІТ 8.171.00.10.591 ПЗ	Лист
						43
	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		

Для оцінки категорії точності, згідно з нормами OIML R60, проведемо сумування перших п'ятьох найбільших складових загальної основної похибки. Припускаємо, що ці складові загальної похибки є випадковими та некорельованими між собою, тому виконаємо їх геометричне сумування.

$$\delta = \sqrt{\lambda^2 + \gamma_{\Gamma}^2 + \gamma_{\text{H}}^2 + \alpha_{\text{K}}^2 + \beta_{\text{K}}^2}$$

де  $\lambda$  - стабільність коефіцієнтів перетворення (неповторюючість);

$\gamma_{\Gamma}$  - гістерезис перетворення при навантаженні та розвантаженні;

$\gamma_{\text{H}}$  - нелінійність статичної характеристики;

$\beta_{\text{K}}$  - зміна НКП при зміні температури на 10° C;

$\alpha_{\text{K}}$  - зміна РКП при зміні температури на 10° C.

Значення похибок обирають відносно вказаних аналогів категорії точності С3-OIML R60. В таблиці 1 наведені параметри точності тензодатчиків які відповідають необхідним категоріям точності.

Параметри	HBM, C16A	Vishay, Model 65088	Zemic, HM14K	Keli Sensing, ZCF
$\lambda$	0,0167	0,01	0,02	0,02
$\gamma_{\Gamma}$	0,017	0,015	0,016	0,03
$\gamma_{\text{H}}$	0,018	0,015	0,015	0,03
$\beta_{\text{K}}$	0,014	0,01	0,011	0,02
$\alpha_{\text{K}}$	0,008	0,007	0,015	0,02
	0,034	0,026	0,035	0,055

## 2.10 Висновок

На основі проведених досліджень вдалося визначити ключові параметри точності для тензодатчиків, призначених для використання в бортовій системі моніторингу навантаження транспортного засобу. Отримані результати не лише надають об'єктивну картину для вибору найбільш ефективних датчиків для визначення навантаження протягом усього періоду перевезення, але й вказують на важливість використання високоточних тензодатчиків. Застосування таких датчиків відкриває можливості для підвищення якості моніторингу та контролю навантаження, сприяючи оптимізації управління транспортними процесами і підвищенню загальної безпеки експлуатації транспортних засобів. З огляду на результати проведених досліджень, можна зробити висновок, що використання тензодатчиків є одним із найбільш ефективних методів контролю, оскільки вони відзначаються великою конструктивною стійкістю та мінімальною похибкою вимірювань.

					ЕЛІТ 8.171.00.10.591 ПЗ	Лист
						45
	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		

## 3 РОЗРОБЛЕННЯ, ОБҐРУНТУВАННЯ АЛГОРИТМУ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ ПРИСТРОЮ, ЩО ПРОЕКТУЄТЬСЯ

### 3.1 Вибір методу вимірювання

Після ретельного аналізу отриманої інформації було вирішено розробити пристрій, базований саме на використанні тензодатчиків. Порівнявши його з альтернативами, було визначено, що використання тензодатчиків дозволяє задовольнити необхідні вимоги.

Однією з ключових особливостей використання тензодатчиків є їхній метод встановлення, а саме необхідність розміщення між корпусом транспортного засобу та кузовом. Це є одночасно перевагою та основним недоліком, оскільки іноді доводиться адаптувати корпус автомобіля та кузов, хоча, як правило, тензодатчики встановлюються у стандартні кріплення. Однак цей метод має низку переваг:

1. Висока точність, оскільки датчики фактично взаємодіють з вантажем напряду;
2. Більший ресурс роботи порівняно з аналогами, оскільки підвіска автомобіля зменшує навантаження під час руху;
3. Висока надійність;
4. Високий максимальний рівень навантаження;
5. Невелика похибка при зміні кута поверхні, на якій знаходиться транспортний засіб.

Додатковою перевагою є можливість використання балансувальної коробки, що дозволяє підключати необхідну кількість датчиків та регулювати їх. Це суттєво знижує апаратні витрати, оскільки при застосуванні інших видів датчиків для кожної групи зон потрібно використовувати окремий мікроконтролер. Цей мікроконтролер опитує датчики, аналізує отримані дані та передає їх на головний мікроконтролер, який, в свою чергу, об'єднує і аналізує дані з усіх підключених контролерів, щоб надати загальний результат вимірювань.

Такий підхід суттєво підвищує апаратні витрати, оскільки в будь-якому випадку мінімальна кількість мікроконтролерів становитиме три на кожні дві осі.

Це призводить до суттєвого підвищення вартості пристрою, збільшення витрат енергії та зниження його надійності. Саме через вказані обставини було вирішено створювати пристрій на основі тензодатчиків.

					ЕЛІТ 8.171.00.10.591 ПЗ	Лист
						46
	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		

### 3.2 Розробка алгоритму роботи

Метою цього пристрою є визначення маси вантажу, який перевозить транспортний засіб, та попередження про досягнення максимально допустимого навантаження чи його перевищення. Проте він прагне стати економічно доступною та надійною альтернативою, здатною працювати в різних умовах експлуатації завдяки своїй простоті та універсальності. Ця універсальність досягається можливістю пристрою працювати з будь-якою кількістю датчиків та його простою конструкцією. Це, в свою чергу, дозволяє користувачам налаштовувати та відновлювати пристрій самостійно з мінімальними зусиллями, спрощуючи його експлуатацію. Для досягнення визначеної мети була розроблена блок-схема алгоритму роботи пристрою.

Після запуску двигуна відбувається подача живлення на пристрій, що ініціює процес активації контролера та датчиків. Потім відбувається під'єднання до самого авто для отримання необхідних даних. Після чого починається отримання сигналів з датчиків подаються на модуль підсилення сигналу, який перетворює їх та передає на мікроконтролер. Після цього мікроконтролер розраховує та порівнює отримані дані з установленими нормами. У випадку, якщо показники перевищують максимально допустимі значення, на дисплеї виводиться повідомлення про перевантаження; якщо вони їм дорівнюють, тоді виводиться попередження про досягнення максимального навантаження. У всіх інших випадках на дисплеї відображається актуальна маса вантажу.

Також після збору даних вони можуть передаватися на носій який можна під'єднати за допомогою Bluetooth.

Схема алгоритму роботи представлена на рисунку 3.1.

На схемі ми бачимо алгоритм роботи пристрою:

Крок 1. Очікування увімкнення двигуна;

Крок 2. Перевіряється чи увімкнений двигун, якщо так тоді починається процес ініціювання у протилежному випадку відбувається повернення до кроку 1;

Крок 3. Ініціювання контролера;

Крок 4. Ініціювання датчиків;

Крок 5. Визначення кількості датчиків;

Крок 6. Підключення до модуля керування авто;

Крок 7. Перевірка чи відбулося підключення;

					ЕЛІТ 8.171.00.10.591 ПЗ	Лист
						47
	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		

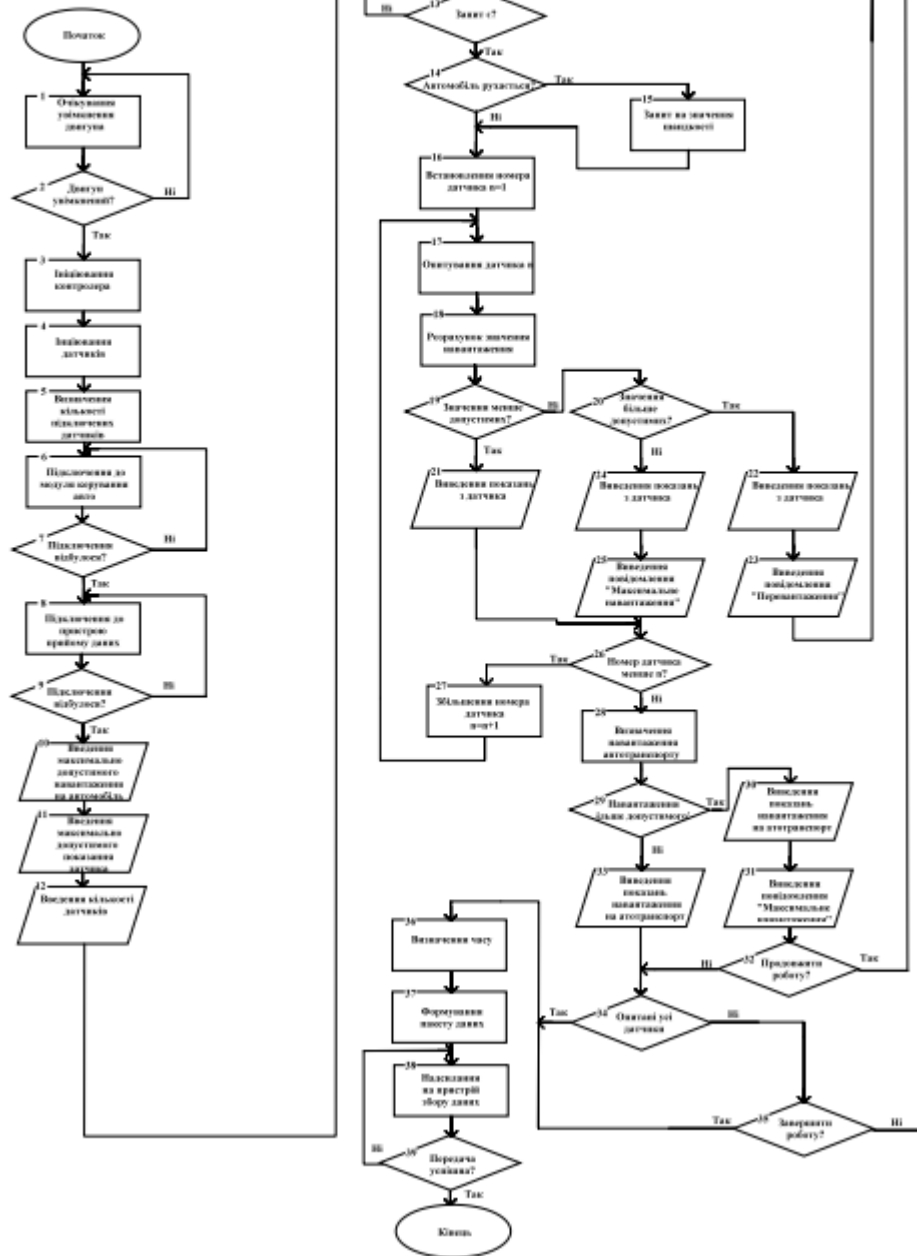


Рисунок 3.1 – Схема алгоритму роботи системи

- Крок 8. Підключення до пристрою прийому даних;
- Крок 9. Перевірка чи відбулося підключення;
- Крок 10. Встановлення максимально допустимого навантаження;
- Крок 11. Введення максимально допустимих значень;
- Крок 12. Введення кількості датчиків;
- Крок 13. Очікування запиту на опитування;

Лист	№ докум.	Підпис	Дат	



Крок 14. Запит є, якщо ні тоді повертаємося до пункту 12, якщо так йдемо далі;

Крок 15. Автомобіль рухається, якщо так виконуємо крок 15, якщо ні тоді крок 16;

Крок 15. Запит на значення швидкості;

Крок 16. Встановлення номера датчика;

Крок 17. Опитування датчика;

Крок 18. Розрахунок значень;

Крок 19. Перевірка чи навантаження на датчик менше допустимих, якщо ні відбувається перехід до кроку 21 в іншому випадку відбувається перехід до кроку 20.

Крок 20. Відбувається перевірка чи значення навантаження на датчик більше допустимого, якщо так тоді відбувається перехід до кроку 22, якщо ні тоді до кроку 24.

Крок 21. Виведення показань з датчиків;

Крок 22. Виведення показань з датчиків;

Крок 23. Виведення повідомлення “Перевантаження” після чого відбувається повернення до кроку 12 ;

Крок 24. Виведення показань з датчика;

Крок 25. Виведення повідомлення “Максимальне навантаження”;

Крок 26. Перевірка номера датчика чи номер датчика менше зазначеного, якщо так то відбувається перехід до кроку 27, якщо ні тоді до кроку 28.

Крок 27. Збільшення номера датчика  $n = n+1$ ;

Крок 28. Визначення навантаження автотранспорту;

Крок 29. Перевірка чи навантаження на автомобіль більше допустимо, якщо так то відбувається перехід до кроку 30, якщо ні тоді до кроку 33;

Крок 30. Виведення показань навантаження та автотранспорту;

Крок 31. Виведення повідомлення “Максимальне навантаження”;

Крок 32. Продовжити роботу? Якщо так тоді відбувається перехід до кроку 8, якщо ні тоді завершується процес роботи.

Крок 33. Виведення показань навантаження та автотранспорту;

Крок 34. Перевірка чи опитані всі датчика, якщо так переходимо до кроку 36, якщо ні тоді до кроку 35;

					ЕЛІТ 8.171.00.10.591 ПЗ	Лист
						49
	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		

Крок 35. Завершити роботу, якщо так переходимо до кроку 36, якщо ні тоді до кроку 12;

Крок 36. Визначення часу;

Крок 37. Формування пакету даних;

Крок 38. Передача на пристрій для збору даних;

Крок 39. Передача успішна? Якщо так процес закінчується, якщо ні тоді до кроку 38.

### 3.3 Розробка структурної схеми

При розробці структурної системи зважування та контролю навантаження автомобіля до уваги беруться такі моменти як технічні завдання та критерії, які були наведені в розглянутих аналогах.

Після огляду технічної літератури в минулому розділі став зрозумілий принцип роботи та які модулі він повинен містити.

Пристрій складається з:

- Модуль живлення;
- Модуль керування;
- Дисплей;
- Панель керування;
- Модуль перетворення та підсилення даних;
- Тензодатчик;
- Модуль Bluetooth.

Для нормальної роботи пристрою необхідна відповідна робоча напруга, яку забезпечує модуль живлення, адже різні автомобілі можуть мати різні значення напруги живлення, і її потрібно перетворювати до необхідного рівня.

Модуль керування відповідає за аналіз та розрахунок навантаження на автомобіль на основі отриманої інформації.

Взаємодія між пристроєм та користувачем здійснюється за допомогою панелі керування та дисплею.

За збір інформації з тензодатчиків відповідає модуль перетворення та підсилення даних. До цього модуля може бути підключено від одного до двох

					ЕЛІТ 8.171.00.10.591 ПЗ	Лист
						50
	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		

тензодатчиків. Аналоговий сигнал з тензодатчика підсилюється, конвертується в цифровий сигнал та передається на модуль керування.

За забезпечення зв'язку відповідають модулі Bluetooth.

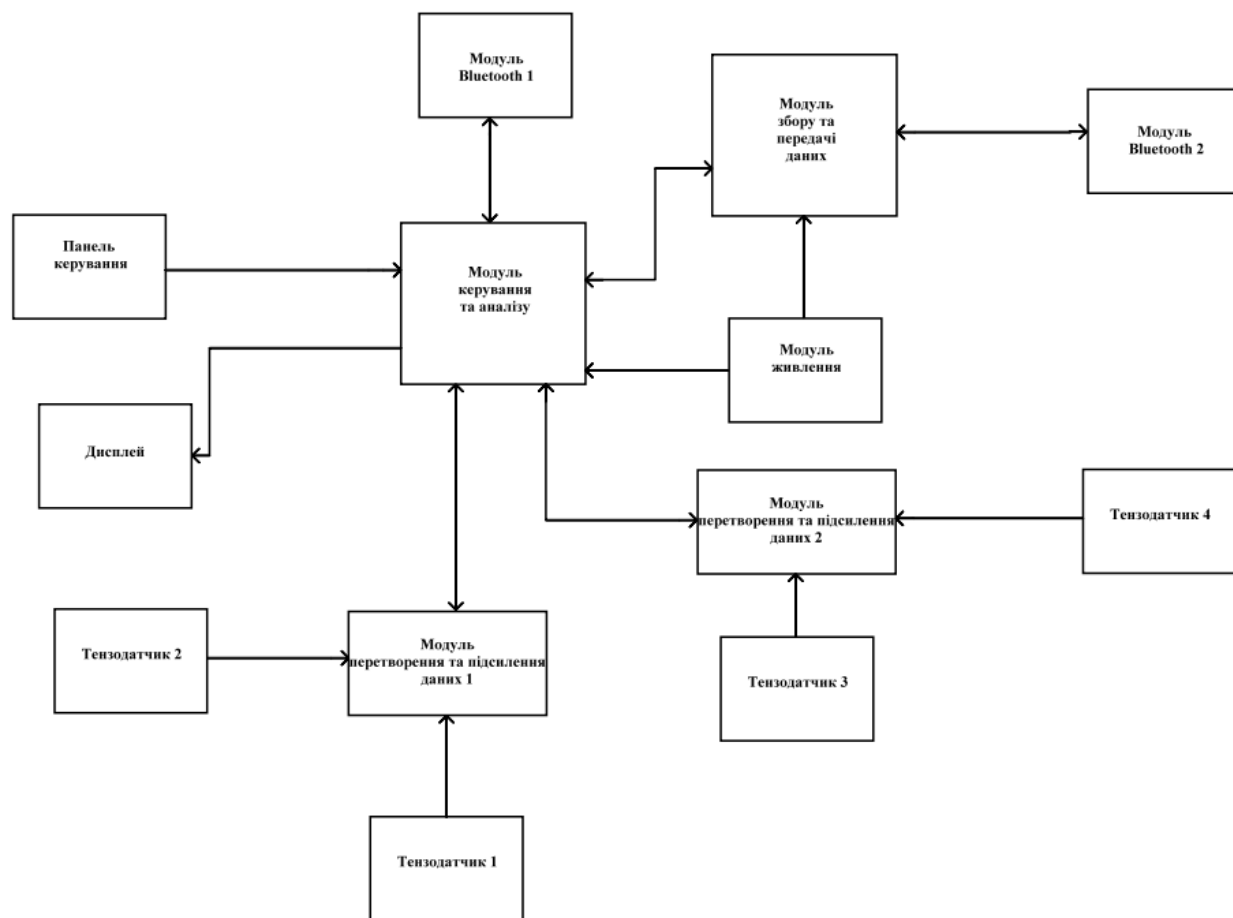


Рисунок 3.2 – Структурна схема системи зважування та контролю навантаження автомобіля.

## 4 РОЗРОБЛЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ ТА ПРИНЦИПОВОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ СХЕМИ ПРИСТРОЮ

### 4.1 Вибір елементної бази

Ядром пристрою є мікроконтролер, оскільки він виконує основні функції, такі як збір даних з тензодатчиків, їх аналіз, забезпечення зв'язку та передача інформації на дисплей користувача.

Мікроконтролер повинен відповідати ряду вимог, таких як компактний розмір, висока швидкодія, доступність, наявність середовища для програмування та невелика собівартість.

Після огляду доступних пропозицій та їх порівняння за вказаними критеріями було вирішено використати мікроконтролер Atmel ATmega328P-PU. Цей мікроконтролер, який є восьмибітним megaAVR на основі архітектури RISC, відповідає усім поставленим вимогам. Забезпечується низький рівень енергоспоживання, а також володіє flash-пам'яттю обсягом 32 кілобайти, що дозволяє виконувати різноманітні завдання [10].

Характеристики обраного мікроконтролера:

Характеристики:

- Корпус: TQFP-32;
- Ядро: AVR;
- Максимальна частота ядра: 20 МГц;
- Тип пам'яті: FLASH;
- Кількість flash пам'яті: 32 кБайт;
- Кількість оперативної пам'яті: 2 кБайт;
- Кількість EEPROM пам'яті: 1 кБайт;
- Кількість входів/виходів: 23;
- Інтерфейси: I2C, SPI, UART/USART;
- АЦП/ЦАП;
- А/D 8x10b
- Напруга живлення 1,8 - 5,5 В;
- Робочі температури: -40 - +85 C<sup>0</sup>;

					ЕЛІТ 8.171.00.10.591 ПЗ	Лист
						52
	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		



### Характеристики:

- Тип корпусу: TQFP-32;
- Мікроконтролер: ATmega328P-PU;
- Робоча напруга: 5 В;
- Напруга живлення (рекомендована): 7-12 В;
- Напруга живлення (гранична): 6-20 В;
- Цифрові входи/виходи: 14;
- Аналогові входи: 8;
- ШІМ (PWM) піни: 6;
- Постійний струм через вхід/вихід: 40 мА;
- Максимальний вихідний струм на виході 3,3 В: 50 мА;
- Flash-пам'ять: 32 Кб з яких 2 Кб використовується завантажувачем;
- SRAM: 2 Кб;
- EEPROM: 1 Кб;
- Тактова частота: 16 МГц;
- Світлодіод: 13 Вт;
- Довжина: 45 мм;
- Ширина: 18 мм;
- Маса: 7 г.

Оскільки дані отримуються від тензодатчиків, необхідно використовувати підсилювач сигналу. Таким чином, було вирішено використати Arduino-модуль НХ711 із вбудованим підсилювачем сигналу. Сам модуль заснований на мікросхемі НХ711, яка володіє АЦП з роздільною здатністю 24 біти, що забезпечує високу точність вимірювань. У порівнянні з вбудованим АЦП Arduino NANO, який має роздільну здатність 10 біт, цей модуль забезпечує значно більшу точність вимірювань.

Модуль має два канали, А та В, призначені для підключення двох тензодатчиків. Для каналу А коефіцієнт підсилення може бути встановлено на рівні 64 або 128, а для каналу В - на рівні 32. Робоча частота вимірювань модуля складає 80 Гц [13].

					ЕЛІТ 8.171.00.10.591 ПЗ	Лист
						54
	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		

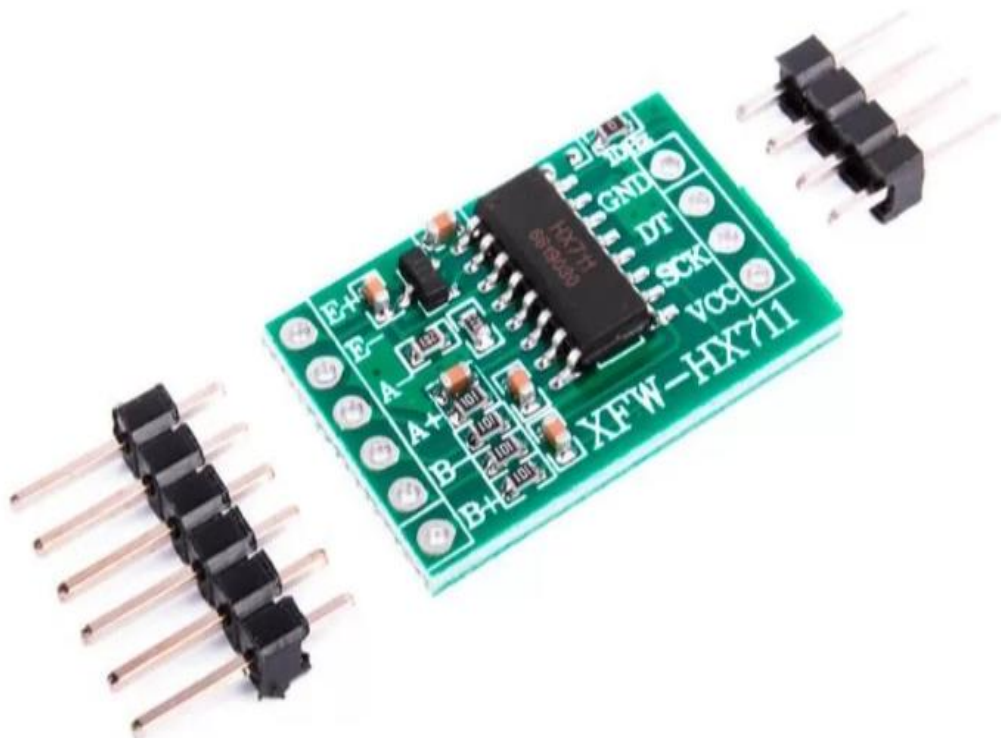


Рисунок 4.2 – Зображення Arduino-модуль HX711

Характеристики:

- Напруга живлення: 5,5-6 В;
- Робоча напруга: 5 В;
- Кількість каналів підключення тензодатчиків: 2;
- Коефіцієнт підсилення каналу В: 32;
- Коефіцієнт підсилення каналу А: 64, 128;
- Диференціальний вхід з напругою:  $\pm 40$  мВ;
- Розрядність АЦП: 24 біт;
- Частота вимірювань: 80 Гц;
- Робоча напруга:  $< 10$  мА;
- Робоча температура: від  $-40$  до  $+85$   $^{\circ}\text{C}$ ;
- Довжина: 38 мм;
- 

	Лист	№ докум.	Підпис	Дат







Рисунок 4.3 – Зображення LM2596

Характеристики:

- Ефективне перетворення (ККД): до 92%;
- Частота перемикачів: 150 кГц;
- Вхідна напруга: від 3 до 40 В;
- Вихідна напруга: від 1,5 до 35 В;
- Вихідний струм: номінальний струм до 1 А, від 1 до 2 А значно збільшується температура, максимально допустима 3 А (необхідне додаткове охолодження);
- Робоча температура: від  $-40$  до  $+85\text{ C}^0$ ;
- Вплив зміни вхідної напруги на рівень виходу:  $\pm 0,5\%$ ;
- Підтримка встановленої напруги з точністю:  $\pm 2,5\%$ ;
- Довжина: 45 мм;
- Ширина: 20 мм;
- Висота: 14 мм.

	Лист	№ докум.	Підпис	Дат

ЕЛІТ 8.171.00.10.591 ПЗ

Лист

57

Для відображення інформації був використаний дисплей LCD 1602A, який заснований на технології рідких кристалів. Цей дисплей представлений у вигляді електронного модуля і має драйвер HD44780 від Hitachi. Він оснащений 16 контактами і може функціонувати у 6-бітному режимі, використовуючи лише чотири лінії даних, або у 8-бітному режимі з використанням усіх восьми ліній. Також передбачена можливість використання інтерфейсу I2C [14].

Характеристики:

- Напруга живлення: 5 В;
- Робоча температура: від 0 до + 50 С<sup>0</sup>;
- Підсвітка: блакитна;
- Колір символів: білий;
- Розмір символу: 4,35 на 2,95 мм;
- Розміри точки: 0,5 на 0,5 мм;
- Формат: 16 на 2;
- Видима область 64,5 на 13,8 мм;
- Інтерфейс HD44780.



Рисунок 4.4 – Зображення LCD 1602A

Для керування пристроєм було вирішено взяти кнопки ТАСТ 6Х6-9,5 мм 2РІN з контактом типу SPST-NO в нормальному він розімкнутий.

Характеристики:

- Серія: 6х6;
- Тип перемикача: тактова кнопка;
- Механічна зносостійкість: 100000 циклів;
- Кількість положень: 2;
- Кількість стабільних положень: 1;
- Кількість полюсів: 1;
- Контактна група: SPST;
- Алгоритм роботи: OFF-(ON);
- Максимальний струм: 50 мА;
- Номінальний струм: 5 мА;
- Максимальна напруга: 12 В;
- Робоча температура: від – 25 до + 70 С<sup>0</sup>;
- Висота: 9 мм;
- Довжина: 6 мм;
- Ширина: 6мм.



Рисунок 4.5 – Зображення ТАСТ 6Х6-9,5 мм 2РІ

					ЕЛІТ 8.171.00.10.591 ПЗ	Лист
						59
	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		

Для передачі даних та підключення до автомобіля було вирішено використати модулі HC-05 та HC-06 вон фактично аналогічні один одному однак мають певну відмінність, а саме HC-05 може працювати у двох режимах керуючий та керований, а HC-06 може бути тільки керованим. Однак вони мають аналогічні характеристики.

Характеристики:

- Типова чутливість -80 дБм;
- До +4 дБм потужності радіочастотного передавача;
- Робота при низькій напрузі 1,8 В, введення/виведення в діапазоні від 1,8 до 3,6 В;
- Управління РІО;
- Інтерфейс UART з програмованим швидкісним режимом передачі;
- Зі вбудованою антеною;
- З роз'ємом на краю.



Рисунок 4.6– Зображення HC-05 та HC-06

	Лист	№ докум.	Підпис	Дат

## 4.2 Розрахунки та синтез основних електричних вузлів

### Підключення імпульсного регулятора напруги.

Підключення імпульсного регулятора напруги відображено на рисунку 16. Клема "+" акумулятора приєднується до входу IN+, а клема "-" до входу IN-. Цей регулятор напруги може бути підключений до акумулятора з напругою від 12 В до 40 В.

Під час подачі напруги на входи регулятора, за допомогою структури мікросхеми LM2596, відбувається стабілізація напруги за допомогою ШІМ-контролера [11].

Далі, напруга подається на стабілізуючу частину модулю, в якій передбачено накопичення енергії електричного поля в дроселі L1. З високим коефіцієнтом корисної дії досягається ефективна стабілізація вихідної напруги. Під час вимикання живлення модуль розсіює накопичену енергію на дроселі та конденсаторах за допомогою діода Шоткі SS14. Цей метод дозволяє продовжити термін служби елементів у контурі. Регулювання напруги відбувається за допомогою резистора змінного опору, що дозволяє встановлювати необхідну напругу при живленні від будь-якого акумулятора. Стан роботи модуля можна перевірити за допомогою світлодіода VD2 [11].

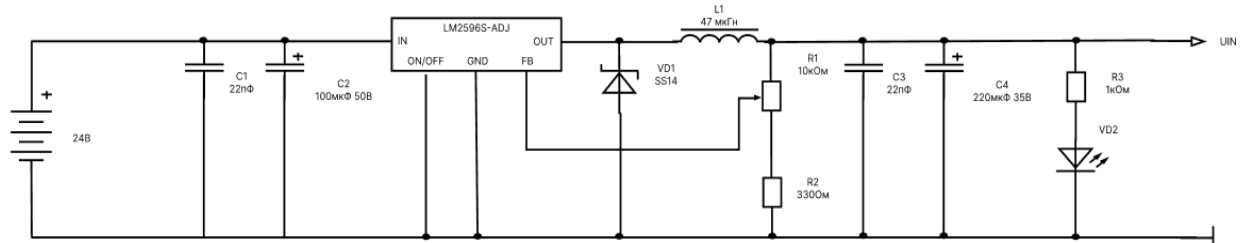


Рисунок 4.6 – Схема підключення LM2596S-ADJ.

	Лист	№ докум.	Підпис	Дат

Таблиця 4.1 – Призначення виводів LM2596S-ADJ

Позначення	Призначення
IN	Це позитивний вхід для імпульсної стабілізації стабілізатора ІС/. Через що на даному вході встановлюється конденсатор, щоб мінімізувати стрибки напруги та забезпечити необхідний комутаційний струм, який необхідний регулятору.
OUT	Внутрішній перемикач напруги де напруга перемикається через (+VIN – VSAT) з робочим циклом VOUT/VIN. Для мінімізації чутливості схеми необхідно мінімізувати кількість міді яка використовується для під'єднання контакту.
GND	Земля.
FB	Визначає регульовану вихідну напругу для замикання контуру зворотного зв'язку.
ON/OFF	Дозволяє вимикати схему імпульсного регулятора за допомогою логічних сигналів, загальний струм живлення становить до 80 мкА. Якщо напруга нижче 1,3 В тоді вмикається регулятор і у випадку коли напруга вище допустимої він також вмикається. Якщо дана функція не потрібна тоді контакт ON/OFF підключається до землі або залишається відкритим. В даному випадку регулятор залишається у відкритому стані.

### Підключення мікроконтролера.

Аналізуючи схему, можна зазначити, що взаємодія модуля Arduino NANO реалізується через з'єднання за допомогою USB. Це стає можливим завдяки наявності мікросхеми FT232RL, яка відповідає за перетворення USB-інтерфейсу комп'ютера на UART-інтерфейс, який є стандартом сучасних мікроконтролерів. Саме підключення ATmega328P-PU до FT232RL реалізується через виводи PD0 та PD1. З метою захисту від можливих несправностей, які можуть виникнути внаслідок перепадів струму на виводах PD0 та PD1, додатково встановлюються резистори з опором 1 кОм [10].

Оскільки передача даних між комп'ютером та мікроконтролером здійснюється за допомогою UART-інтерфейсу, який працює в асинхронному режимі, для забезпечення нормальної роботи необхідно встановити тактову

частоту. Для вирішення цієї задачі необхідно підключити кварцовий резонатор з частотою 16 МГц до виводів XTAL2 та XTAL1 [10].

Таблиця 4.2 – Призначення виводів ATmega328P-PU

Позначення	Призначення
PB7	XTAL2 (контакт 2 тактового генератора мікросхеми) TOSC2 (вивід 2 осцилятора таймера) PCINT7 (переривання зміни контакту 7)
PB6	XTAL1 (вивід 1 тактового генератора чипа або зовнішній вхід тактового сигналу) TOSC1 (вивід 1 осцилятора таймера) PCINT6 (переривання зміни контакту 6)
PB5	SCK (SPI Вхід головної шини) PCINT5 (переривання зміни контакту 5)
PB4	MISO (SPI Bus Master Input/Slave Output) PCINT4 (переривання зміни контакту 4)
PB3	MOSI (SPI Bus Master Output/Slave Input) OC2A (Вихід таймера/лічильника 2 порівнює вихід А) PCINT3 (переривання зміни контакту 3)
PB2	SS (SPI Bus Master Slave вибір) OC1B (Вихід таймера/лічильника 1 порівняти вихід В) PCINT2 (переривання зміни контакту 2)
PB1	OC1A (Вихід таймера/лічильника 1 порівнює вихід А) PCINT1 (переривання зміни контакту 1)
PB0	ICP1 (таймер/лічильник 1 вхід захоплення вхід) CLKO (розділений вихід системного годинника) PCINT0 (переривання зміни контакту 0)

Виробник вказує, що плата Arduino NANO працює при напрузі 5 В, що свідчить про можливість живлення від джерела USB. З схеми видно наявність стабілізаторів напруги на 5 В та 3,3 В, що робить можливим живлення плати від напруги 12 В, але не більше 20 В [10]. Щоб перевірити живлення, слід спостерігати за світлодіодом «POWER».

Платформа Arduino NANO має піни, які можуть працювати у двох режимах: вхід (INPUT) та вихід (OUTPUT), дозволяючи підключати та взаємодіяти з зовнішніми пристроями. Платформа має 14 цифрових входів, з яких шість можуть використовуватися для функції ШІМ сигналу, що дозволяє регулювати потужність, що надходить до підключеного пристрою. У той же час інші піни, на яких відсутня ця функція, можуть приймати тільки значення LOW або HIGH, представляючи логічний нуль у вигляді 0 В або логічну одиницю у вигляді 5 В [10].

Таблиця 4.3 – Призначення виводів ATmega328P-PU

Позначення	Призначення
PC6	RESET (Скидання PIN-коду) PCINT14 (переривання зміни контакту 14)
PC5	ADC5 (АЦП вхідний канал 5) SCL (2-дротова тактова лінія послідовної шини) PCINT13 (переривання зміни контакту 13)
PC4	ADC4 (АЦП вхідний канал 4) SDA (2-провідна послідовна шина введення/виведення даних) PCINT12 (переривання зміни контакту 12)
PC3	ADC3 (АЦП вхідний канал 3) PCINT11 (переривання зміни контакту 11)
PC2	ADC2 (АЦП вхідний канал 2) PCINT10 (переривання зміни контакту 10)
PC1	ADC1 (АЦП вхідний канал 1) PCINT9 (переривання зміни контакту 9)
PC0	ADC0 (АЦП вхідний канал 0) PCINT8 (переривання зміни контакту 8)

Вісім аналогових пінів A0-A7 використовуються для підключення та зчитування сигналів від аналогових пристроїв за допомогою аналого-цифрового перетворювача (АЦП). Розрядність АЦП на всій лінійці модуля становить 10 біт. Опорна напруга для АЦП надходить з додаткового піна AREF. Вхід RESET, при отриманні низького сигналу, викликає перезавантаження пристрою. На платі присутня спеціальна кнопка для виконання цієї операції, або можна підключити до відповідного піна [10].



Таблиця 4.4– Призначення виводів АТmega328P-PU

Позначення	Призначення
PD7	AIN1 (від'ємний вхід аналогового компаратора) PCINT23 (переривання зміни контакту 23)
PD6	AIN0 (позитивний вхід аналогового компаратора) OC0A (Вихід таймера/лічильника 0 порівняти вихід А) PCINT22 (переривання зміни контакту 22)
PD5	T1 (таймер/лічильник 1 зовнішній вхід лічильника) OC0B (Вихід таймера/лічильника 0 порівняти вихід В) PCINT21 (переривання зміни контакту 21)
PD4	ХСК (USART зовнішній вхід/вихід годинника) T0 (таймер/лічильник 0 зовнішній вхід лічильника) PCINT20 (переривання зміни контакту 20)
PD3	INT1 (Вхід зовнішнього переривання 1) OC2B (Вихід таймера/лічильника 2 порівняти вихід В) PCINT19 (переривання зміни контакту 19)
PD2	INT0 (зовнішнє переривання 0 вхід) PCINT18 (переривання зміни контакту 18)
PD1	TXD (вихідний контакт USART) PCINT17 (переривання зміни контакту 17)
PD0	RXD (Вхідний контакт USART) PCINT16 (переривання зміни контакту 16)





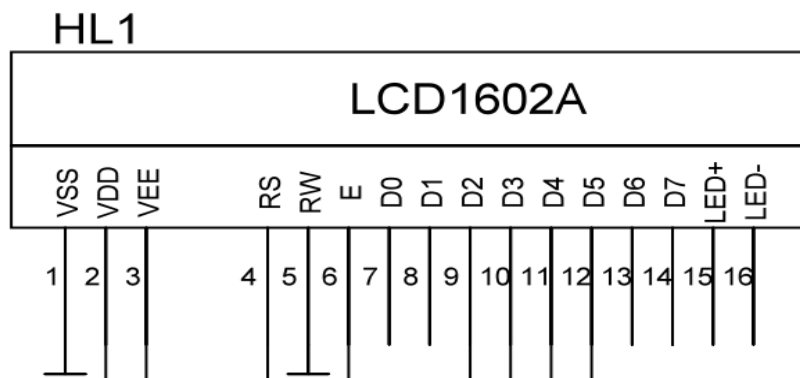


Рисунок 4.9 – Типова схема підключення LCD 1602A.

Таблиця 4.6 – Призначення виводів LCD 1602A

Позначення	Призначення
VSS	Земля
VDD	Напруга живлення для логіки
VO	Робоча напруга для LCD
RS	Н: ДАНІ, L: код інструкції
R/W	Н: читання (MPU-модуль) L: запис (MPU - модуль)
E	Сигнал увімкнення мікросхеми
DB0	Data bit 0
DB1	Data bit 1
DB2	Data bit 2
DB3	Data bit 3
DB4	Data bit 4
DB5	Data bit 5
DB6	Data bit 6
DB7	Data bit 7
A	LED +
K	LED-

## Підключення HC-05 та HC-06

Підключення модулів Bluetooth HC-05 та HC-06 до Arduino NANO виконується за допомогою інтерфейсу UART (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter). Процес включає в себе підключення виводів модулів до виводів Arduino NANO та налаштування параметрів зв'язку, таких як швидкість передачі даних (бод) та інші.

Щоб підключити HC-05 необхідно:

- Підключіть VCC модуля до виводу 5V Arduino NANO, а GND – до виводу GND.
- Підключіть TXD модуля до виводу RX (приймач) Arduino NANO, а RXD – до виводу TX (відправник).
- При необхідності активації режиму спарювання, підключіть EN модуля до виводу 5V.

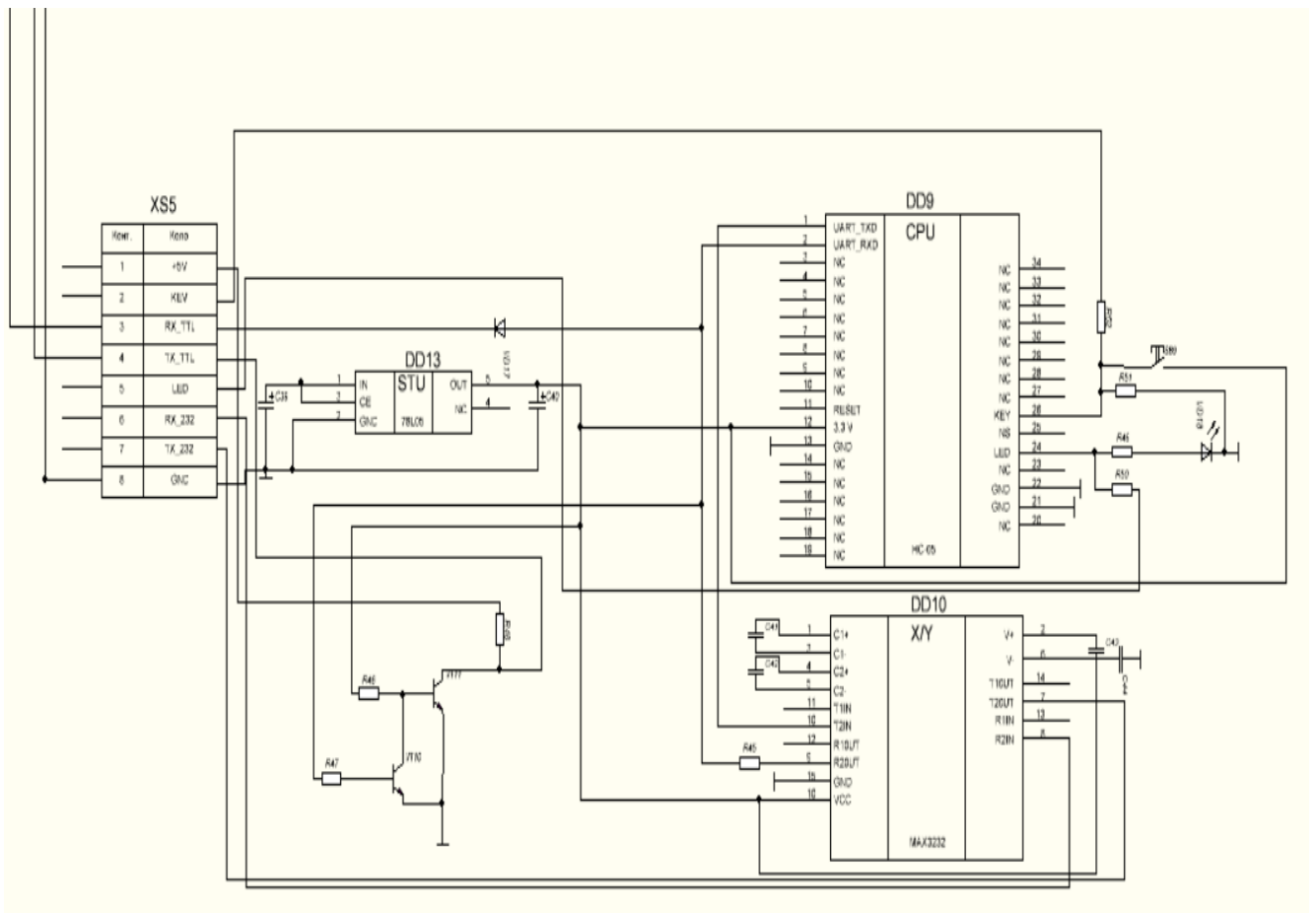


Рисунок 4.10 – Типова схема підключення HC-05.

Лист	№ докум.	Підпис	Дат	

Щоб підключити HC-06 необхідно:

- Підключіть VCC модуля до виводу 5V Arduino NANO, а GND – до виводу GND.
- Підключіть TXD модуля до виводу RX (приймач) Arduino NANO, а RXD – до виводу TX (відправник).

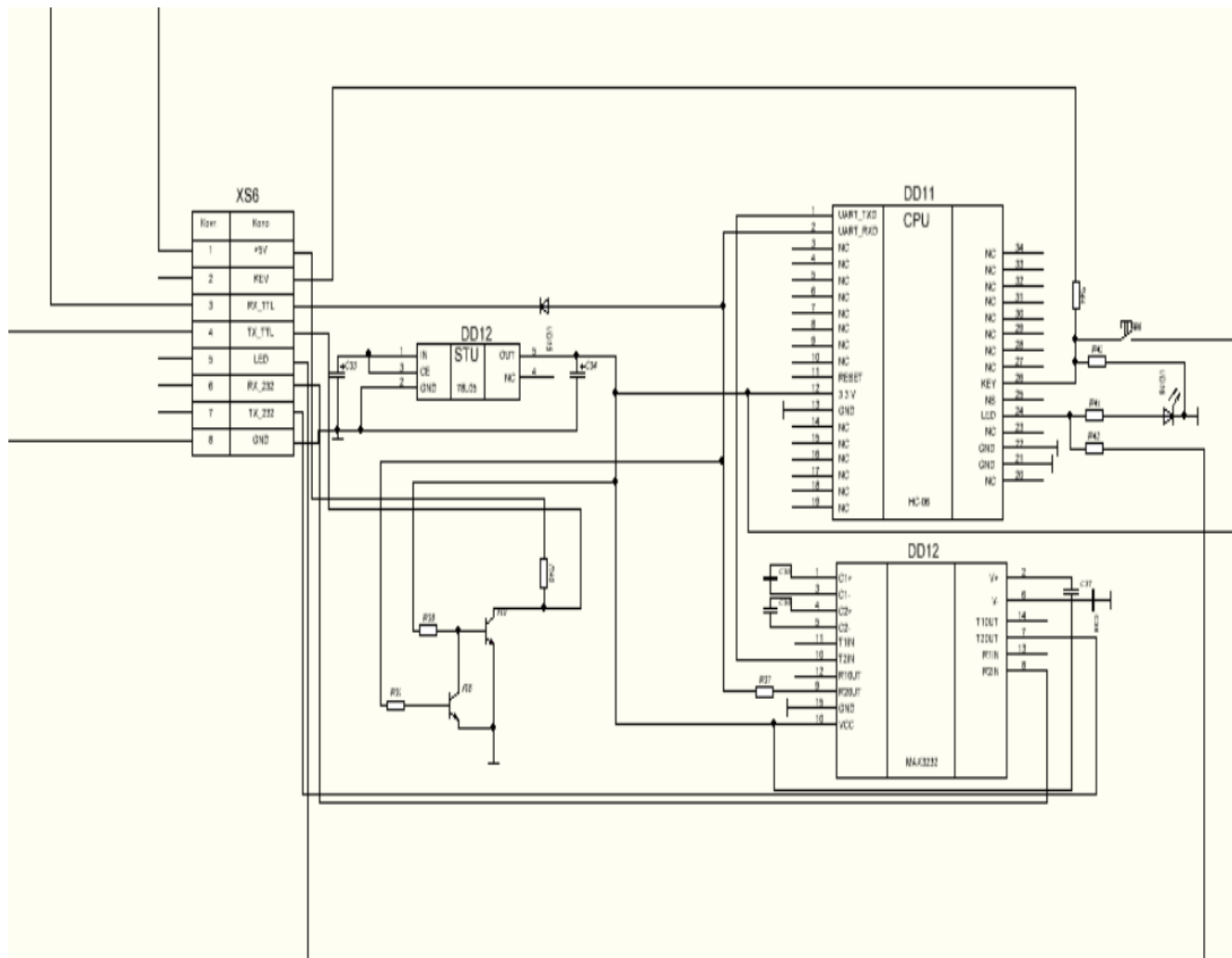


Рисунок 4.11 – Типова схема підключення HC-06.

Таблиця 4.7 – Призначення виводів HC-05 та HC-06

Позначення	Призначення
GND	Земля
3.3 VCC	Напруга живлення для логіки
AIO0	Програмована лінія вводу та виводу
AIO1	Програмована лінія вводу та виводу
PIO0	Програмована лінія вводу та виводу контрольний вхід для LNA
PIO1	Програмована лінія вводу та виводу контрольний вхід для PA
PIO2	Програмована лінія вводу та виводу
PIO3	Програмована лінія вводу та виводу
PIO4	Програмована лінія вводу та виводу
PIO5	Програмована лінія вводу та виводу
PIO6	Програмована лінія вводу та виводу
PIO7	Програмована лінія вводу та виводу
PIO8	Програмована лінія вводу та виводу
PIO9	Програмована лінія вводу та виводу
PIO10	Програмована лінія вводу та виводу
PIO11	Програмована лінія вводу та виводу

### 4.3 Розробка функціональної схеми

На основі елементної бази структурної схеми розпочинається важливий етап – побудова функціональної схеми. Цей процес визначає взаємодію всіх компонентів та визначає порядок функціонування системи.

Забезпечення електроенергією системи відбувається за допомогою імпульсного регулятора напруги LM2596S-ADJ. Цей регулятор постачає необхідну напругу для живлення двох мікроконтролерів ATmega328P-PU, які відіграють ключову роль у функціонуванні пристрою.





#### 4.4 Розробка принципової схеми

Після вибору елементної бази та синтезу електричних вузлів на основі структурної схеми та побудованої функціональної схеми, проводиться створення принципової схеми. Пристрій для габаритно-вагового контролю автомобіля включає такі модулі:

- Модулі Arduino NANO;
- Модуль HX711;
- Дисплей LCD 1602A;
- Імпульсний регулятор напруги LM2596S-ADJ;
- Модуль HC-05;
- Модуль HC-06.

Живлення подається на імпульсний регулятор напруги LM2596S-ADJ, який адаптує напругу до необхідного рівня для роботи модуля Arduino NANO. До аналогових входів модуля Arduino NANO підключаються кнопки керування. Дисплей з'єднується з цифровими входами і живиться від модуля, а для налаштування яскравості використовується резистор змінної напруги.

Два модулі HX711 підключаються до модуля Arduino NANO, до яких, в свою чергу, можуть бути підключені тензодатчики. Модуль HC-05 приєднується до модуля Arduino NANO для отримання необхідних даних з автомобіля. Отримані дані обробляються та передаються другому модулю Arduino NANO, який з'єднаний з модулем HC-06, що відправляє дані на зовнішнє сховище.

					ЕЛІТ 8.171.00.10.591 ПЗ	Лист
						73
	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		



## 4.5 Розробка програмного забезпечення для модуля HX711

Один із ключових компонентів – HX711, виконує основні функції збору аналогових даних, їх підсилення та передачі, і відзначається відсутністю необхідності у додаткових конфігураційних налаштуваннях, що спрощує встановлення базового програмного забезпечення на нього.

Лістинг коду програми

```
/*-----  
Call from ASM:          LCALL   ReaAD  
Call from C: зовнішній невідписаний тривалий ReadAD(void);  
  
. .  
беззнакові довгі дані;  
data=ReadAD();  
  
. .  
-----*/  
  
PUBLIC          ReadAD  
HX711ROM        код сегмента  
rseg            HX711ROM  
sbit            ADDO = P1.5;  
sbit            ADSK = P0.0;  
  
/*-----  
OUT:            R4, R5, R6, R7 R7=>LSB  
-----*/  
  
ReadAD:  
CLR ADSK        //ADY Увімкнути (PD_SCK встановити низько)  
SETB ADDO        // Увімкнути 51CPU I/O  
JB ADDO,$        //AD перетворення завершено?  
MOV R4,#24  
ShiftOut:  
SETB ADSK        //PD_SCK встановити високий (позитивний пульс)  
NOP
```

```

CLR ADSK          //PD_SCK встановити низькоMOV C,ADDO
// читати на біт
XCH      A,R7          // перемістити дані
RLC A
XCH      A,R7
XCH      A,R6
RLC A
XCH      A,R6
XCH      A,R5
RLC A
XCH      A,R5
DJNZ     R4,ShiftOut // переміщено 24BIT?
SETB     ADSK
NOP
CLR ADSK
RET
END

```

## 4.6 Розробка програмного забезпечення для модуля HC-06

Також важливим компонентом є модуль HC-06, оскільки він виконує функції передачі даних на зовнішні носії.

Лістинг коду програми

```
int val;
```

```
int LED = 13;
```

```
void setup()
```

```
{
```

```
  Serial.begin(9600);
```

```
  pinMode(LED, OUTPUT);
```

```
  digitalWrite(LED, HIGH);
```

```
}
```

```
void loop()
```

```
{
```

```
  if (Serial.available())
```

```
  {
```

```
    val = Serial.read();
```

```
    // При символі "1" увімкнути світлодіод
```

```
    if (val == '1')
```

```
    {
```

```
      digitalWrite(LED, HIGH);
```

```
    }
```

```
    // При символі "0" вимкнути світлодіод
```

```
    if (val == '0')
```

```
    {
```

```
      digitalWrite(LED, LOW);
```

```
    }
```

```
  }
```

```
}
```

					ЕЛІТ 8.171.00.10.591 ПЗ	Лист
						77
	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		

## 5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

### 5.1 Розрахунок повної собівартості пристрою (установки)

Собівартість пристрою (установки) – це виражені в грошовій формі поточні витрати підприємства на його виробництво і збут. Витрати на виробництво пристрою (установки) формують виробничу собівартість, а витрати на виробництво і збут – повну собівартість. Розрахунок собівартості пристрою (установки) за статтями витрат називається калькуляцією.

Витрати, пов'язані з виробництвом і збутом реалізацією пристрою (установки) групуються за такими статтями:

- матеріали та комплектуючі;
- основна заробітна плата;
- додаткова заробітна плата;
- відрахування на соціальні заходи;
- витрати на утримання і експлуатацію устаткування;
- загальновиробничі витрати;
- адміністративні витрати;
- витрати на збут.

Витрати на матеріали та комплектуючі вироби визначаються виходячи з ціни за одиницю матеріалу/комплектуючого та їх необхідної кількості. Дані про ціни на матеріали та комплектуючі варто брати з відомостей (прайс-листів, каталогів, веб-сайтів) виробників і постачальників матеріалів, сировини, комплектуючих, послуг в розрахунку на 1 одиницю випуску.

Розрахунок витрат на комплектуючі представлений в таблиці 6.1, а витрат на сировину та матеріали в таблиці 6.2.

З урахуванням транспортно-заготівельних витрат ( $k_{т-з}=5\div 15\%$ ) вартість комплектуючих та матеріалів складе:

$$KM=(K+M)\cdot(100+k_{т-з})/100 \quad (6.1)$$

$$KM=(1379+191,6)\cdot(100+10)/100=1727,66(\text{грн.})$$

					ЕЛІТ 8.171.00.10.591 ПЗ	Лист
						78
	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		

Таблиця 6.1 – Розрахунок затрат на комплектуючі

№ з\п	Найменування комплектуючого	Кількість, шт	Ціна за од., грн	Вартість, грн
<u>Вилки</u>				
1	USB-MINI	2	3	6
2	XH2.54-6P	2	1	2
3	XH2.54-8P	2	1	2
<u>Діоди</u>				
4	SS14	3	1	3
5	MBR0520	4	2	8
6	LED SMD 0805	11	1	11
<u>Дросель</u>				
7	SMD CDRH74R 47мкГн	1	8	8
<u>Індикатори</u>				
8	LCD1602A	1	130	130
<u>Запобіжник</u>				
9	SMD 0805 0,5 А 5 В	1	4	4
<u>Конденсатори</u>				
10	SMD 0805 50В- 22 пФ	2	1,50	3
11	SMD 50В-100 мкФ	5	9	45
12	SMD 35В-220мкФ	1	8	8
13	SMD 0805 50В-0,1 мкФ	20	0,3	6
14	SMD 0805 16В-10 мкФ	8	4	32
15	SMD 0805 50В-22 пФ	4	5	20

	Лист	№ докум.	Підпис	Дат

ЕЛІТ 8.171.00.10.591 ПЗ

Лист

79

16	SMD 25B-10 мкФ	4	1,5	6
17	SMD 35B-220мкФ	1	8	8
<u>Кнопки</u>				
18	SMD 2 6x3,6x2,5мм	4	3	12
19	ТАСТ 6X6-9,5 мм 2PI	4	2,5	10
<u>Мікросхеми</u>				
20	LM2596S-ADJ	1	15	15
21	ATMEGA 328	2	100	200
22	FT232RL	2	200	400
23	78L05	4	7	28
24	HX711	2	36	72
25	MAX3232	2	76	152
26	HC-05	1	97	97
27	HC-06	1	95	95
<u>Резистори</u>				
28	3296w 10кОм 0,25 Вт	2	6	12
29	SMD 0805 1 кОм 0,125 Вт	36	0,1	3,6
30	SMD 0805 3,3 кОм 0,125 Вт	2	0,1	0,2
31	SMD 0805 20 кОм 0,125 Вт	4	0,3	1,2
32	SMD 0805 8,2 кОм 0,125 Вт	4	0,7	2,8



33	SMD 0805 47 кОм 0,125 Вт	7	0,25	3,75
34	SMD 0805 10 кОм 0,125 Вт	2	0,1	0,2
<u>Резонатори</u>				
35	SMD-5032 16 МГц	2	14	28
<u>Транзистор</u>				
36	SS8550	11	1	11

Загальна ціна всіх комплектуючих: 1437,75 грн.

Таблиця 5.2 – Розрахунок затрат на матеріали

Матеріал, сировина	Одиниця виміру	Норма витрати	Ціна за одиницю, грн	Вартість, грн
Провід монтажний	кг	0,4	20	8
Склотекстоліт	м <sup>2</sup>	0,5	60	30
Каніфоль	кг	-	-	-
Флюс	кг	0,1	500	50
Припій	кг	0,1	100	10
Лак	кг	0,03	120	3,6
Сировина для корпусу	кг	0,3	300	90
Сумарні витрати				191,6

### 5.2 Витрати на основну заробітну плату (Зо):

Розрахунок вартості праці для окремого спеціаліста, задіяного у виробництві пристрою (установки), визначається за допомогою годинної тарифної ставки та

					ЕЛІТ 8.171.00.10.591 ПЗ	Лист
						81
	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		

фактично відпрацьованого часу. Формула для цього розрахунку виглядає наступним чином:

$$Z_0 = \sum_{i=1}^n T_{\Gamma_i} \cdot N_{\text{ч}_i}, \quad (6.2)$$

де  $T_{\Gamma_i}$  – годинна тарифна ставка спеціаліста, грн/год;

$N_{\text{ч}_i}$  – витрачений час робітником на виробництво та наладку пристрою (установки), год;

$n$  – кількість працівників, задіяних у виробництві пристрою (установки).

$$Z_0 = \sum_{i=1}^2 108 * 6 = 1296 \text{ (грн.)}$$

Годинна тарифна ставка розраховується, виходячи з величини місячного окладу спеціаліста:

$$T_{\Gamma_i} = \frac{T_{\text{м}_i}}{V\phi_i \cdot 8}, \quad (6.3)$$

де  $T_{\text{м}_i}$  – місячний оклад (ставка) спеціаліста, грн;  $V\phi_i$  – фактично відпрацьований час за розрахунковий період (місяць), днів (змін); 8 – кількість відпрацьованих годин за зміну.

$$T_{\Gamma} = 19000 / 22 * 8 = 108 \text{ (грн/год)}$$

### 5.3 Додаткова заробітна плата (10÷30% від $Z_0$ )

$$Z_d = Z_0 \cdot \frac{K_d}{100}, \quad (6.4)$$

де  $K_d$  – відсоток додаткової заробітної плати.

$$Z_d = 1296 * 0,2 = 259,2 \text{ (грн.)}$$

					ЕЛІТ 8.171.00.10.591 ПЗ	Лист
						82
	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		

## 5.4 Відрахування на соціальні заходи

Відрахування на соціальні заходи включають в себе відрахування від загальної суми основної та додаткової зарплати за установленими ставками, зокрема:

- на обов'язкове державне пенсійне страхування;
- на державне страхування від нещасних випадків;
- на обов'язкове державне соціальне страхування у разі безробіття;
- в зв'язку з тимчасовою втратою працездатності, а також витратами, пов'язаними з народженням дитини та похованням.

$$V_{соц} = (3o + 3d) \cdot \frac{38,52}{100} \quad (6.5)$$

$$V_{соц} = (1296 + 259,2) \cdot 38,52 / 100 = 599,1 (\text{грн.})$$

## 5.5 Витрати на утримання і експлуатацію устаткування

У випадку, коли обладнання знаходиться в активі підприємства, витрати на його утримання та експлуатацію (ВУЕУ) розраховуються як основна зарплата, помножена на відсоток ВУЕУ, припускаючи %ВУЕУ у межах від 120% до 150%.

$$ВУЕУ = 1296 \cdot 1,4 = 1814,4 (\text{грн.})$$

## 5.6 Загальновиробничі витрати

Представляють собою витрати, пов'язані з управлінням конкретним підрозділом, включаючи витрати на службові відрядження працівників цього підрозділу (цеху), а також амортизаційні відрахування від вартості основних фондів загально-цехового призначення та інші витрати. Ці витрати зазвичай визначаються у розмірі від 130% до 250% від основної зарплати.

$$1296 \cdot 1,9 = 2492,4 (\text{грн.})$$

$$\text{Виробнича собівартість: } 1629,35 + 1296 + 259,2 + 599,1 + 1814,4 + 2492,4 = 8090,45 (\text{грн.})$$

					ЕЛІТ 8.171.00.10.591 ПЗ	Лист
						83
	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		

## 5.7 Адміністративні витрати

Включають в себе:

- Витрати, пов'язані з управлінням підприємства.
- Витрати на службові відрядження адміністрації підприємства.
- Витрати на пожежну й сторожову охорону.
- Витрати, пов'язані з підготовкою (навчанням) і перепідготовкою кадрів.
- Витрати на перевезення працівників до місця роботи і назад.
- Витрати на сплату відсотків за фінансові кредити, а також відсотків за товарні і комерційні кредити; витрати, пов'язані зі сплатою відсотків за користування матеріальними цінностями, взятими в оренду (лізинг).
- Витрати, пов'язані з оплатою послуг комерційних банків і інших кредитно-фінансових установ.
- Податки, відрахування. Ці витрати становлять від 140% до 200% від основної зарплати.

$$1890 * 1,6 = 2073,6(\text{грн}).$$

## 5.8 Витрати на збут

Включають в себе витрати на рекламу та передреалізаційну підготовку пристрою (установки). Приблизно ці витрати визначаються в розмірі 5-10% від виробничої собівартості.

$$8090,45 * 0,07 = 566,3(\text{грн.})$$

$$\text{Повна собівартість} = 8090,45 + 2073,6 + 566,3 = 10730,78 (\text{грн.})$$

					ЕЛІТ 8.171.00.10.591 ПЗ	Лист
						84
	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		

Таблиця 6.3 – Калькуляція собівартості пристрою (установки)

№	Найменування статей калькуляції	Проектний варіант
1.	Основна заробітня плата	1296
2.	Додаткова заробітня плата	259,2
3.	Відрахування на соціальні заходи	599,1
4.	Витрати на утримання і експлуатацію устаткування:	1814,4
5.	Загальновиробничі витрати	2492,4
6.	Матеріали та комплектуючі	1629,35
Виробнича собівартість		8090,45
7.	Адміністративні витрати.	2073,6
8.	Витрати на збут	566,3
Повна собівартість		10730,78

### 5.9 Визначення ціни пристрою (установки)

У ринковій економіці існують різні методи ціноутворення: с/в плюс прибуток, забезпечення фіксованого обсягу прибутку, залежно від рівня попиту та ін.

Розрахунок оптової ціни пристрою

Розрахунок оптової ціни пристрою (установки) проведемо за схемою «собівартість плюс прибуток».

$$Ц_{\text{опт}} = C + П, \quad (6.6)$$

де С – повна собівартість пристрою (установки), П – величина прибутку.

Прибуток визначається виходячи з нормативу (показника) рентабельності виробництва продукції встановлюваного підприємством:

$$R = \frac{П}{C} \cdot 100\% , \quad (6.7)$$

де R – рентабельність пристрою (установки), приймається в розмірі до 35% від його собівартості.

Тоді оптова ціна пристрою (установки) визначається:

$$Ц_{opt} = C + \frac{R \cdot C}{100} \quad (6.8)$$

$$Ц_{opt} = 10730,78 + 0,35 \cdot 10730,78 / 100 = 10768,34 (\text{грн.})$$

Відпускна ціна пристрою (установки) включає податок на додану вартість, де 20% – ПДВ:

$$Ц_{розд} = Ц_{opt} \cdot 1,2, \quad (6.9)$$

$$Ц_{розд} = 10768,34 \cdot 1,2 = 12922 (\text{грн.})$$

Переваги даної методики виявляються у її простоті та явності, оскільки вона враховує ключові аспекти функції ціноутворення, такі як відшкодування витрат на виробництво та забезпечення прибутковості від створення та реалізації пристрою (установки). Завдяки цій методиці можна легко враховувати різні аспекти витрат. Проте слід відзначити, що недоліком цієї методики є відсутність урахування ринкових факторів, зокрема попиту на продукцію. Однак у конкретних умовах ринкової економіки існують ситуації, коли її використання має сенс. Так, це може бути виправданим в умовах відсутності конкуренції (монополії), при обмеженні рентабельності продукції за регулюванням держави, в разі виконання одноразових замовлень чи виготовлення оригінальної продукції. Необхідно підкреслити, що для визначення реальної ціни, що відповідає умовам існуючого ринку для пристрою (установки), потрібні відповідні маркетингові дослідження.

					ЕЛІТ 8.171.00.10.591 ПЗ	Лист
						86
	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		

## 5.10 Висновки з техніко-економічної частини

За результатами аналізу стало очевидним, що значна частина витрат прямо пов'язана з етапами виробництва. Важливо відзначити, що, хоча ціна готового продукту практично збігається з вартістю його аналогів, його функціональні можливості визначаються вище. Це підкреслює необхідність впровадження заходів з оптимізації ефективності праці та зменшення трудомісткості виробництва.

Для досягнення цих цілей впроваджують комплексні організаційно-технічні заходи, такі як впровадження передових технологій, використання точного крою та модернізація застарілого обладнання. Ці ініціативи націлені на скорочення чисельності працівників та підвищення продуктивності на підприємстві. Реалізація запропонованих заходів не лише сприяє зниженню собівартості продукту, але й підвищує конкурентоспроможність через оптимізацію цінової політики. Такий підхід дозволяє забезпечити ефективну виробничу діяльність, зберігаючи високу якість продукції та забезпечуючи конкурентоспроможну позицію на ринку.

					ЕЛІТ 8.171.00.10.591 ПЗ	Лист
						87
	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		

## ВИСНОВКИ

Мета даної кваліфікаційної роботи полягає у створенні системи моніторингу навантаження на транспортному засобі.

Потреба в розробці такого пристрою виникла через відсутність можливості забезпечити якісний та постійний контроль за виконанням правил дорожнього руху під час перевезення вантажу. Недотримання цих правил може призводити до пошкодження дорожньої інфраструктури, призводячи до значних втрат для держави, а також погіршуючи умови пересування для громадян та збільшуючи ризик на дорогах.

Для вирішення цього завдання була проведена аналітична робота, що дозволила знайти методи та вже готові рішення для вирішення даної проблеми. Аналіз показав, що існуючі прилади не використовуються через їхню вузьку спрямованість та велику вартість.

Подальший огляд аналогів дозволив визначити вимоги до розроблюваного пристрою, зокрема, низьку вартість, доступну апаратну базу та універсальність.

На підставі встановлених критеріїв був вибраний метод вимірювання, що базується на тензодатчиках. Цей вибір обґрунтовується їх широким поширенням, високою точністю та можливістю встановлення на будь-який автотранспорт.

При виборі апаратної бази дотримувалися наступних критеріїв: низька вартість, доступність, універсальність та зручність використання. Саме тому було вирішено використовувати Arduino NANO, яка базується на мікроконтролері ATmega328P-PU.

Під час розробки пристрою на основі існуючого аналогу було виявлено, що конструкція має зайву апаратну базу. Однак шляхом мінімізації вдалося зменшити апаратну базу приблизно в п'ять разів. Навіть при зменшенні максимальної кількості датчиків, ця проблема вирішується завдяки модульності пристрою, що не лише дозволяє збільшувати кількість датчиків, але також надає широкі можливості для модернізації.

З використанням імпульсного регулятора напруги LM2596S-ADJ стало можливим встановлення на транспортний засіб з будь-якою напругою роботи мережі транспортного засобу.

					ЕЛІТ 8.171.00.10.591 ПЗ	Лист
						88
	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		



За допомогою модуля НХ711 досягнута висока точність вимірювання завдяки високому коефіцієнту підсилення, що дозволяє використовувати різні тензодатчики.

Для забезпечення зв'язку з автомобілем та зовнішніми носіями інформації було вирішено використовувати модулі НС-05 та НС-06, які забезпечують зв'язок за допомогою технології Bluetooth.

Розроблена система моніторингу навантаження на транспортному засобі може бути охарактеризована як проста, доступна та універсальна.

					ЕЛІТ 8.171.00.10.591 ПЗ	Лист
						89
	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. EFFECTS OF TRUCK SIZE AND WEIGHTS ON HIGHWAY INFRASTRUCTURE AND OPERATIONS: A SYNTHESIS REPORT / David Luskin and C. Michael Walton, 2001. – 72 с.
2. <http://truck-weigh.com/how/>
3. <https://docplayer.com/55820860-Vesovoe-oborudovanie-tenzodatchiki.html>
4. [https://www.researchgate.net/publication/278156831\\_Development\\_of\\_on\\_Board\\_Weighing\\_System\\_Using\\_Sensor\\_in\\_Static\\_Truck](https://www.researchgate.net/publication/278156831_Development_of_on_Board_Weighing_System_Using_Sensor_in_Static_Truck)
5. <https://docplayer.com/55820860-Vesovoe-oborudovanie-tenzodatchiki.html>
6. <https://www.slideshare.net/PawelElenski/ss-127772109>
7. <https://create.arduino.cc/projecthub/najad/interfacing-lcd1602-with-arduino-764ec4>
8. <https://create.arduino.cc/projecthub/mitov/arduino-and-visuino-measure-weight-with-hx711-and-load-cell-76de80>
9. <https://www.instructables.com/How-to-Use-DC-to-DC-Buck-Converter-LM2596/>
10. Datasheet ATmega328/P / Microchip Technology, 2018. – 445 с.
11. Datasheet LM2596 SIMPLE SWITCHER® Power Converter 150-kHz 3-A Step-Down Voltage Regulator / Texas Instruments, 2021. – 49.
12. FT232R USB UART IC Datasheet Version 2.16/ FTDI Chip 2016. – 40 с.
13. Datasheet HX711 / AVIA SEMICONDUCTOR 2016. – 9 с.
14. Datasheet LCD-1602A / Crystalfontz America, Inc. 2010. – 20 с.
15. Бережна О.В. Рівноважні коди в адаптивних завадостійких системах передачі інформації / Сердюк В.В, Мороз Н.В, Мазуркевич О.А, Борисенко О.А, Бережна О.В. // Фізика, електроніка, електротехніка (ФЕЕ-2022). Матеріали та програма науково-технічної конференції. – Суми: СумДУ, 2022. - С.64.
16. Лопаткін Ю.М. Молекулярні перемикачі: потенціальний бар'єр і електронегативність / Карапузова А.Г, Юрченко В.І, Лопаткін Ю.М, Кондратенко П.О, Сакун Т.М. // Фізика, електроніка, електротехніка (ФЕЕ-2019). Матеріали та програма науково-технічної конференції. – Суми: СумДУ, 2019. - С.61.
17. Білоус О.А. Геометрія та раціональні кути нахилу броні / Білоус О.А, Юрченко В.І. // Перший крок у науку – Суми: 2019 – С. 114

					ЕЛІТ 8.171.00.10.591 ПЗ	Лист
						90
	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		

18. Лопаткін Ю.М. Фізика динамічного захисту / Лопаткін Ю.М, Юрченко В.І. // Перший крок у науку – Суми: 2020 – С. 170.

19. Трофименко П.Є. Мотиви створення та розвиток комплексів динамічного захисту / Трофименко П.Є, Юрченко В.І. // Розвиток ракетних військ і артилерії вимога часу– Суми: Науково-дослідний центр РВіА 2021– С. 114

20. Vladuslav Yurchenko Причини створення та розвитку комплексів динамічного захисту // Scientific paradigm in the context of technologies and society development– Switzerland, Geneva 2021.

					ЕЛІТ 8.171.00.10.591 ПЗ	Лист
						91
	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		

## Додаток А

СЕКЦІЯ 5: Електронні системи, прилади  
і засоби кодування інформації

ФЕЕ :: 2022

### Застосування біноміальних чисел в адаптивних інформаційних системах

Борисенко О.А., *професор*; Бережна О.В., *доцент*;  
Горішняк А.О., аспірант; Кривоніс Ю.І., *студент гр. ЕС-81*;  
Юрченко В.І., *студент гр. ЕС-81*  
Сумський державний університет, м. Суми, Україна

В даний час актуальним завданням є розвиток методів кодування повідомлень як засобу підвищення ефективності роботи інформаційних систем із нестационарними каналами зв'язку.

Забезпечення необхідної достовірності передачі повідомлень у таких системах сьогодні досягається засобами завадостійкого кодування при виявленні та виправленні помилок. Однак при цьому зменшується швидкість передачі інформації. Підвищити її можна зменшенням надлишковості завадостійких кодових комбінацій, які підлягають передачі по каналу зв'язку в той час, коли завади невеликі. Компроміс досягається при використанні завадостійких кодів, параметри яких мають можливість адаптуватись при зміні рівня завад. В якості таких кодів пропонується застосовувати біноміальні коди, які за своєю природою дозволяють змінювати в залежності від потужності завад власну завадостійкість і відповідно власну довжину. В результаті застосування таких кодів з'являється можливість забезпечити більш високу швидкість передачі інформації при достатньому рівні її завадостійкості. Наприклад, якщо вночі рівень завад буде незначним, то довжина кодів зменшиться, а вдень, якщо рівень завад підвищиться, то довжина кодових комбінацій збільшиться.

Перевагами таких кодових комбінацій, сформованих на базі біноміальних чисел, є невелика складність процедур виявлення помилок відносно до інших адаптивних завадостійких кодів. Параметрами цих чисел є довжина  $n$  і контрольне число  $k$ . Крім того, на основі біноміальних чисел можливе створення спеціалізованих пристроїв кодування та декодування з функцією самоконтролю, що дозволить підвищити надійність приймально-передавальної апаратури.

Таким чином, запропоновані методи та алгоритми адаптивного біноміального кодування та декодування є достатньо ефективними при впровадженні інформаційних систем зі змінним рівнем завад у каналах зв'язку.

## Додаток Б

ФЕЕ :: 2019

СЕКЦІЯ 3: Матеріалознавство  
мікро- та наноелектроніки

### Молекулярні перемикачі: потенціальний бар'єр і електронегативність

<sup>1</sup>Карапузова А.Г., *аспірант*; <sup>2</sup>Юрченко В.І., *студент*;  
<sup>3</sup>Лопаткін Ю.М., *професор*; <sup>2</sup>Кондратенко П.О., *професор*;  
<sup>2</sup>Сакун Т.М., *доцент*  
<sup>1</sup>Сумський державний університет, м. Суми, Україна  
<sup>2</sup>Національний авіаційний університет, м. Київ

Особливий інтерес викликають електронні пристрої на основі молекул. Для забезпечення розробки і функціонування комп'ютерної техніки майбутнього важливе місце займає створення логічних молекулярних елементів.

З іншого боку, для формування молекулярних логічних елементів, що являють собою «цеглинки» молекулярної процесорної системи, необхідні бістабільні молекули, які характеризуються двома стійкими станами і здатні переключатися між ними під впливом світлових або електричних імпульсів. Зрозумівши як переводити їх з одного стану в інший за допомогою зовнішніх впливів фактично можна одержати вже готовий вентиль.

На перехід між цими станами істотно впливає потенціальний бар'єр, величина якого залежить від електронегативності замісника в молекулі. Дослідженню цих властивостей присвячена дана робота.

В дослідженнях використовувалися методи молекулярної динаміки та напівемпіричного методу MNDO/d.

Висота потенціального бар'єру (eV) залежить від величини заряду (в зарядах електрона) на атомі кисню в пероксиді фтору наступним чином: для FOOF – 0,85; FOONO<sub>2</sub> – 0,6; FOOCF<sub>3</sub> – 0,67; FOONClPhNO<sub>2</sub> – 0,6; FOON(NO<sub>2</sub>)PhNO<sub>2</sub> – 0,55; FOON(OCF<sub>3</sub>)PhNO<sub>2</sub> – 0,5. Величина заряду на атомі кисню, в свою чергу змінюється в залежності від електронегативності замісника, яка визначалася методом, запропонованим у роботі [1].

1. О.А. Коваленко, А.Г. Малашенко, Ю.М. Лопаткін, П.А. Кондратенко, *Методика оцінки електроотрицательности атомов и заместителей в молекуле*. В кн: ФЕЕ 2015, Суми, Сумський держ. університет, 2015, С. 66

## Додаток В

*X студентська конференція  
«Перший крок у науку», 24 лютого 2019 р., Суми, Україна*

---

### ГЕОМЕТРІЯ ТА РАЦІОНАЛЬНІ КУТИ НАХИЛУ БРОНІ

Юрченко В.І., *студент*; СумДУ, гр. ЕЛ-81

Раціональні кути нахилу броні або раціональне бронювання – це конструктивна схема бронювання, що розрахована на підвищення стійкості броні за рахунок розташування її під нахилом із урахуванням траєкторії польоту снаряду[1].

Технічний зміст полягає в тому, що при влучанні снаряд має пробити товщину броні, яка дорівнює товщина листа що поділена на косинус кута влучання:

$$L_e = \frac{L_a}{\cos k'} \quad (1)$$

де  $L_e$  – ефективна товщина броні,  $L_a$  – дана товщина броні,  $\cos k'$  – косинус кута влучання.

Відзначимо, що на теперішній час ця формула актуальна для захисту від бронебійних снарядів які не перевищують 45 мм та для всіх снарядів із кумулятивною дією.

Розрізняють два основні типи броні: багатошарова та динамічна[2]. Багатошарова броня захищає від кумулятивних снарядів під кутами зустрічі від  $60^\circ$  та більше, але погано діє проти бронебійного опереного підкаліберного снаряду (БОПС), які працюють по броні під кутом від  $55^\circ$  до  $65^\circ$ . Ефективніше проти БОПС розташовувати поверхню броні вертикально або під кутом зустрічі  $80^\circ$  та більше.

Динамічна броня (ДБ) однаково захищає проти всіх типів снарядів, проте ефективність захисту теж залежить від кута її нахилу до траєкторії влучання. Найкращі показники отримують при кутах зустрічі снаряду  $60^\circ$  та більше.

Можна зробити висновок, що кут нахилу броні залежить від типу броні та від снарядів проти яких вона буде застосовуватися.

1. Schwartz W. Military technology – 1991. – №8. – р.57-64.
2. Григорян В. А., Рототаев Д. А. [Методический подход к оценке уровня защиты зарубежных танков](http://btvt.info/5library/vbtt_1989_03_armor.htm)//Вестник бронетанковой техники, №3: 1989. [http://btvt.info/5library/vbtt\\_1989\\_03\\_armor.htm](http://btvt.info/5library/vbtt_1989_03_armor.htm).

Керівник: Білоус О.А., *доцент*



## Додаток Г

XI студентська конференція  
«Перший крок у науку», 23 лютого 2020 р., Суми, Україна

### ФІЗИКА ДИНАМІЧНОГО ЗАХИСТУ

Юрченко В.І, студент; СумДУ, гр. ЕС-81

Динамічний захист (ДЗ) – різновид захисту броньованих машин, який базується на використанні імпульсу зустрічного вибуху для захисту основної броні. Такий вихід був знайдений, коли інженери зрозуміли, що нескінченно збільшувати ані калібр снаряду, ані товщину броні не можна.

Справа в тому, що кумулятивна струмінь має швидкість в кілька кілометрів в секунду і знаходиться під гігантським тиском в сотні тисяч атмосфер, що значно перевищує межу текучості броні. Кумулятивну струмінь дуже складно погасити в напрямку осі її дії - занадто велика енергія. Зате набагато легше зруйнувати струмінь в бічному напрямку. Таким чином, завдання було таке – розфокусувати кумулятивну струмінь.

Для цього в пакети (рис.1), які розвішуються на броні танка, розміщаються сталеві пластини і вибухова речовина, яка при попаданні снаряда детонує, руйнуючи пластини динамічного захисту, осколки яких руйнують і саму кумулятивну струмінь, змінюючи напрямок імпульсу її частинок, і таким чином послаблюючи її потужність.

За принципом утворення імпульсу динамічний захист поділяється на два типи. Перший тип захисту, простіший та економний у виробництві, використовує імпульс вибуху.

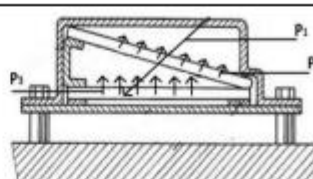


Рис. 1 – Конструкція динамічного захисту

Другий тип використовує для захисту імпульс кумулятивної струї яка утворюється за рахунок складної внутрішньої будови броні, цей тип броні більш дорожчий та складніший у виробництві. Щоб покращити ефективність захисту, у першому типі використовують потужнішу вибухівку, більш тверді сплави металів та збільшення маси сплавів. У другому типі броні використовують більшу кількість вибухівки.

Керівник: Лопаткін Ю.М., Професор кафедри електроніки, загальної та прикладної фізики.

## Додаток Д

Трофименко П. Є., к.військ.н., професор – НДЦ РВіА  
Юрченко В. І. – СумДУ

### **МОТИВИ СТВОРЕННЯ ТА РОЗВИТОК КОМПЛЕКСІВ ДИНАМІЧНОГО ЗАХИСТУ**

Динамічний захист – різновид бронювання бронетехніки, що базується на використанні спрямованого імпульсу зустрічного вибуху з метою захисту машини від засобів ураження, які основані на кінетичному або кумулятивному способі ураження.





**INTERCONF**  
Scientific Publishing Center

# Certificate of Participation

**12 hours**  
of correspondence  
research work

We are honored to present this certificate to

**Vladuslav Yurchenko**

for participation in the I International Scientific and Practical Conference  
SCIENTIFIC PARADIGM IN THE CONTEXT OF TECHNOLOGIES AND SOCIETY  
DEVELOPMENT held on November 18-19, 2021 in Geneva, Switzerland.

and for publishing a scientific article:

**Причини створення та розвиток комплексів  
динамічного захисту**



## Додаток Є

### Бортова система вагового контролю автомобіля

Бережна О.В., *доцент*; Горячев О.Є., *ст. викладач*;  
Юрченко В.І., *студент гр. ЕС.м-21*; Мельник Р.В., *студент гр. ЕС-91*;  
Мороз М.В., *студент гр. ЕС.м-21*  
Сумський державний університет, м. Суми, Україна

Для підвищення ефективності здійснення вантажоперевезень, для підвищення рівня безпеки на дорогах та для мінімізації надмірного зносу дорожнього полотна під впливом вантажівок, що порушують встановлені для них вагогабаритні норми, необхідно впровадження пристроїв та систем контролю навантаження на вісь автомобілів та оцінки ваги вантажу, що перевозиться.

Серед сучасних систем вагового контролю автомобілів виділяється три типи бортових систем зважування, таких як гідравлічна, пневматична та механічна. Системи, які базуються на вимірюванні тиску мастила в гідравлічній системі або повітря в пневматичній, мають загальні недоліки – складність налаштування системи та низька ремонтпридатність. Перспективним для створення бортових систем зважування бачиться універсальне рішення для багатьох типів автомобілів з використанням тензодатчиків та їх встановлення на кожную вісь вантажівки.

Аналіз показав, що таке рішення забезпечує незалежність від типу підвіски автомобіля, високу надійність, великий період експлуатації, високу точність, відсутність похибки від зовнішніх умов та стану підвіски. Для зменшення вартості такого рішення пропонується використовувати оптимальну кількість тензодатчиків, одного мікроконтролеру з необхідним програмним забезпеченням замість блоку аналізу і розподільної коробки та під'єднання тензодатчиків до мікроконтролеру за допомогою модуля підсилення сигналу, що спрощує експлуатацію, збільшує модифікаційні можливості системи та полегшує ремонт.

Системи вагового контролю, що базуються на тензодатчиках, можуть здійснювати контроль навантаження, що припадає на кожную з осей автомобіля, визначати вагу вантажу, що перевозиться автомобілем, сигналізувати про перевищення осьового навантаження. Параметри, що визначаються, можна відображати на дисплеї водія і передавати до відповідних систем контролю та моніторингу.