

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Кафедра електроніки і комп'ютерної техніки

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**

до кваліфікаційної роботи бакалавра

на тему

«Пристрій габаритно-вагового контролю автомобіля»

Завідувач кафедри ЕКТ

А.С. Опанасюк

Керівник роботи

О.В. Бережна

Студент групи

ЕС-81 В.І. Юрченко

Суми

2022

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет \_\_\_\_\_ Електроніки та Інформаційні Технології

Кафедра \_\_\_\_\_ Електроніки та комп'ютерної техніки

Напрямок підготовки \_\_\_\_\_ 171 Електроніка

Освітня програма \_\_\_\_\_ Електронні системи та компоненти

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедрою Опанасюк А.С.

" \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ**

на кваліфікаційну роботу бакалавра

Юрченко Владислав Ігорович

1. Тема роботи «Пристрій габаритно-вагового контролю автомобіля» затверджено наказом по університету "12" квітня 2022р. №0242-VI
2. Термін подання студентом закінченої роботи 05.06.2022
3. Вихідні дані проекту: розробити пристрій габаритно-вагового контролю автомобіля, на 4 тензодатчика, з напругою живлення 24 В, з максимальним навантаження на автотранспорт 20 т, з навантаженням на вісь 8 т.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що належить розробити): 1. Огляд літератури та постановка задачі проектування. 2. Розроблення, обґрунтування алгоритму функціонування та структурної схеми пристрою, що проектується. 3. Розроблення принципової електричної схеми пристрою.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним значенням обов'язкових креслень): 1. Схема алгоритму. 2. Схема електрична структурна. 3. Схема електрична принципова.
6. Дата видачі завдання 21.03.2022

Керівник \_\_\_\_\_

Бережна О.В.

Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_

Юрченко В.І.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

<b>№ п/п</b>	<b>Назви етапів виконання дипломного проекту</b>	<b>Термін виконання</b>	<b>Примітка</b>
1.	Огляд літератури	01.04.22	
2.	Розробка алгоритму роботи пристрою	12.04.22	
3.	Розробка структурної схеми пристрою	16.04.22	
4.	Розробка принципової схеми пристрою	30.04.22	
5.	Оформлення пояснювальної записки	04.05.22	
6.	Розробка та оформлення графічної частини	14.05.22	
7.	Представлення роботи на рецензування	02.06.22	
8.	Представлення роботи для захисту	04.06.22	

Керівник кваліфікаційної роботи:

Бережна О.В.

Студент:

Юрченко В.І.

" \_\_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 2022 р.

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка містить: 52 аркушів, 30 рисунків, 14 таблиць, 14 джерел літератури.

Графічна частина роботи містить: схему алгоритму роботи пристрою, структурну та принципову електричні схеми.

Пояснювальна записка містить три розділи: огляд літератури і постановку завдання проектування, розробку структурної схеми пристрою та алгоритму його функціонування, розроблення принципової схеми пристрою.

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 присвячений розробці алгоритму функціонування та структурної схеми проектованого пристрою.

Третій розділ присвячений розробці принципової схем пристрою.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ПРОЕКТУВАННЯ.....	7
1.1 Принцип роботи.....	7
1.2 Огляд існуючих рішень.....	13
1.3 Постанова завдання проекту.....	22
2 РОЗРОБЛЕННЯ, ОБГРУНТУВАННЯ АЛГОРИТМУ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ ПРИСТРОЮ, ЩО ПРОЕКТУЄТЬСЯ.....	23
2.1 Вибір методу вимірювання.....	23
2.2 Розробка алгоритму роботи.....	24
2.3 Розробка структурної схеми.....	27
3 РОЗРОБЛЕННЯ ПРИНЦИПОВОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ СХЕМИ ПРИСТРОЮ.....	30
3.1 Вибір елементної бази.....	30
3.2 Розрахунки та синтез основних електричних вузлів.....	38
3.3 Розробка принципової схеми.....	46
3.4 Розробка програмного забезпечення для модуля НХ711.....	47
ВИСНОВКИ.....	49
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	51

					<i>ЕЛІТ 6.171.00.10.523 ПЗ</i>			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Пристрій габаритно-вагового контролю автомобіля	Літ.	Аркуш	Аркушів
Розробив.	Юрченко В.І.							
Перевірів	Бережна О.В.						3	52
Т. Контр.						СумДУ, гр. ЕС-81		
Н. Контр.	Бережна О.В.							
Затвердив	Опанасюк А.С.				Пояснювальна записка			

## ВСТУП

Пристрій габаритно-вагового контролю – це встановлюваний на транспортний засіб або спецтехніку електронно-вимірювальний пристрій чи система, який вимірює точну масу вантажу або використовується як пристрій контролю перевантаження. Як правило він інтегрується в механічну, пневматичну, гідравлічну або іншу систему автомобіля з використанням різноманітних датчиків, що визначають параметри навантаження і переводять в одиниці виміру маси відповідно до коефіцієнтів [1].

Як відомо автомобільні дороги це артерії життя будь якої держави. Розробка та будівництво високоякісних мереж доріг стимулює розвиток економіки, зменшує транспортні витрати, спрощує мобільність товарів, зменшує час пересування між різними регіонами та робить територію більш привабливою також є невід’ємною частиною забезпечення безпеки населення оскільки від якості доріг залежить рівень функціонування таких служб, як поліція, екстрена медична допомога, служба пожежної безпеки, служба газу, служба житлово комунальних послуг.

Тому дороги – це надзвичайно важлива інвестиція як в соціальному та в економічному плані. Саме це змушує захищати автомагістралі від зношування в наслідок впливу автомобілів [1].

Останні дослідження показують, що найбільший вплив на руйнування доріг мають автомобіль, що порушують правила дорожнього руху пов’язані з масо-габаритними нормами. А саме навантажують автомобіль не по правилам, а по максимально можливій вантажопідйомності на вісь автомобіля.

Статистичні дослідження впливу перевантаження на вісь автомобіля має наступні результати. При перевантаженні осі на 150 % одинарного, подвійної чи трьох вісного автомобіля кількість пошкодження зростає близько 500, 135 та 122% відповідно.

Результати дослідження з використанням VDF мають аналогічні результати, а саме 47,20, 10,30 та 7,99-кратність руйнувати дорожнього покриття відповідно з цього слідує, що кратність руйнування збільшується в декілька разів.

Отримані результати дозволяють зробити висновок, якщо дорога розрахована на 15 років використання втрачає свої експлуатаційні можливості в результаті період використання зменшується до 12,3, 10,27 та 7,25 років через перевантаження 5%, 10%, та 20% відповідно

					<b>ЕЛІТ 6.171.00.10.523 ПЗ</b>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>		4

Також було виявлено, якщо вантажний автомобіль з дозволеною вантажопідйомністю 21 тонна перевозить максимально можливі 30 тон тоді термін використання дороги з 15 років зменшується до 3,16 років. Оскільки вертикальний контакт навантаження шини у 2-3 рази перевищує коли шина не накачана чи перекачана.

Паралельно було проведено дослідження та було виявлено, що 10% перевантажених вантажівок пошкоджують дорожнє покриття більше ніж на 40% у порівнянні з не перевантаженим автомобілем також було виявлено, що глибина дій на дорожнє покриття при перевантаженні складає 6-14 метрів коли в звичайному стані 6-8 метрів. З чого були зроблені висновки, що перевантажений транспортний засіб збільшує витрати на 100 відсотків у порівнянні з не перевантаженим.

Проаналізувавши попередньо названі факти можна прийти до висновку, що для збереження цілісності доріг, зменшення економічних витрат на їх утримання та продовження періоду експлуатації необхідний метод постійного контролю за навантаженням транспортних засобів які пересуваються дорогами [1].

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

1. Пересувні (підкладні) ваги.

Це самий доступний із видів виміру навантаження на колесо або вісь. Вони представлені у вигляді невеликих платформ які переносяться в ручну однією або двома людьми. Зазвичай використовуються у парному комплекті. Перевагами даних ваг є низька ціна, невелика маса платформ, легкість монтаж. Недоліками є низька точність та використовуються тільки для не комерційного зважування.

2. Стаціонарні ваги для вимірювання навантаження на вісь.

Це найбільш точний метод вимірювання навантаження. Вони представлені у вигляді ваговимірювальної платформи розміщеної на тензодатчиках. Головною перевагою даних ваг є висока точність. Однак недоліком є висока вартість та можливість працювати в стаціонарному режимі або в активному який працює тільки при певній швидкості автотранспорту [1].

3. Бортові системи зважування.

На даний момент системи бортового зважування являються найбільш перспективними оскільки вони найбільш універсальні та мають достатню точність зважування

					<i>ЕЛІТ 6.171.00.10.523 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>		5

А універсальність існуючих вагових датчиків дає можливість інтегрувати їх у будь який транспортний засіб з різноманітними типами підвісками.

Метою даної роботи є розробка приладу для бортового зважування. Розробка пристрою габаритно-вагового контролю, відбувається за допомогою огляду матеріалів та вивчення пристроїв, які виконують аналогічні завдання, математичного розрахунку, підбору елементної бази та за допомогою отриманих знань під час навчання. Основні завдання даної роботи це досягнення максимальної простоти пристрою його надійності та мінімальних апаратних витрат [2].

					<i>ЕЛІТ 6.171.00.10.523 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>		6



# 1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ПРОЕКТУВАННЯ

## 1.1 Принцип роботи

Прилади зважування та контролю навантаження на вісь призначена для контролю навантаження на кожну вісь автотранспорту та визначення маси вантажу.

Принцип дії бортового зважування оснований на використанні даних від спеціалізованих датчиків, що фіксують зміни, які виникають в кожній з трьох можливих типів підвіски: пневматичну, механічну, гідравлічну. Ці данні використовуються для наступного налаштування приладів зважування та наступного вимірювання навантаження та вісі транспортного засобу [2].

Тому за типом датчиків на даний момент можна поділити на три типи:

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

В існуючих пневмно-мигістраль тягача або причіп за допомогою спеціалізованого перехідника встановлюється чутливий датчик який перетворює тиск повітря та передає на дисплей, в залежності від типу сигнал може передаватися за допомогою кабелю або радіо сигналу. Тиск в пневматичній підвісці на пряму залежить від маси вантажу.

Датчики фіксують найменші зміни тиску повітря в контурі та дозволяє системі відображати навантаження на вісь у границях 1% від загальної маси транспортного засобу після навантаження. Датчики мають лінійну залежність, що дозволяє виконувати налаштування за допомогою двох точок.

Пневматичні системи на транспортному засобі можуть бути одно контурні або двоконтурні (по одній на правій та лівій стороні автомобіля). З двома контурами повітря на вісь або групу осей, відповідно потрібно використовувати два датчика, що приводить до збільшення ціни однак збільшує точність та швидкість реагування у порівнянні з одним контуром повітря на аналогічній вісі [2].

2. Механічна підвіска

Механічна (ресорна) підвіска являється найбільш важким типом підвіски в рамках завдань зміни навантаження. За замовчуванням цей тип датчики

					ЕЛІТ 6.171.00.10.523 ПЗ	Лист
						7
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		

використовується на рублевій вісі більшості вантажівок. Сьогодні використовують датчики трьох типів:

- Тензодатчики;
- Датчики положення;
- Акселерометри.

Різні типи датчиків кріпляться на ресори або шасі за допомогою спеціалізованих кронштейнів, електрозварки або спеціального клею.

### 3. Гідравлічна підвіска

Кар'єрна багато-вантажна техніка та причіп для важкого транспорту оснащені гідравлічною підвіскою. Типові причіпи мають чотири та більше вісей. Вісі можуть бути згруповані в одну або декілька гідравлічних контурів, а відповідно гідравлічним датчиком повинен бути оснащений кожний контур. Робота датчиків основана на тиску мастила.[2]

З першого погляду така різноманітність змушує розробляти різні типи пристроїв габаритно-вагового контролю однак насправді це не так однією з переваг даного типу зважування є уніфікованість оскільки кожний прилад складається з кількох основних комплектуючих:

1. Дисплей який виводить результати.
2. Контролер який приймає данні та розраховує навантаження на осі і розраховує загальну масу вантажу використовуючи данні отримані від датчиків.
3. Датчики тип яких залежить від типу підвіски;
4. Набір кабелів.

Завдяки такої простоті та уніфікованості даний прилад можна встановити на будь який транспортний засіб тільки необхідно узяти необхідну кількість датчиків та замінити програмне забезпечення. Також це дозволяє легко модифікувати даний пристрій в залежності від потреб або інтегрувати в будь яку систему.

Однак на даний момент головною проблемою залишається місце встановлення та саме встановлення.

Оскільки кількість датчиків та їх розміщення залежить в першу чергу від кількості осей транспорту та типу підвіски.[3]

					<b>ЕЛІТ 6.171.00.10.523 ПЗ</b>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>		8

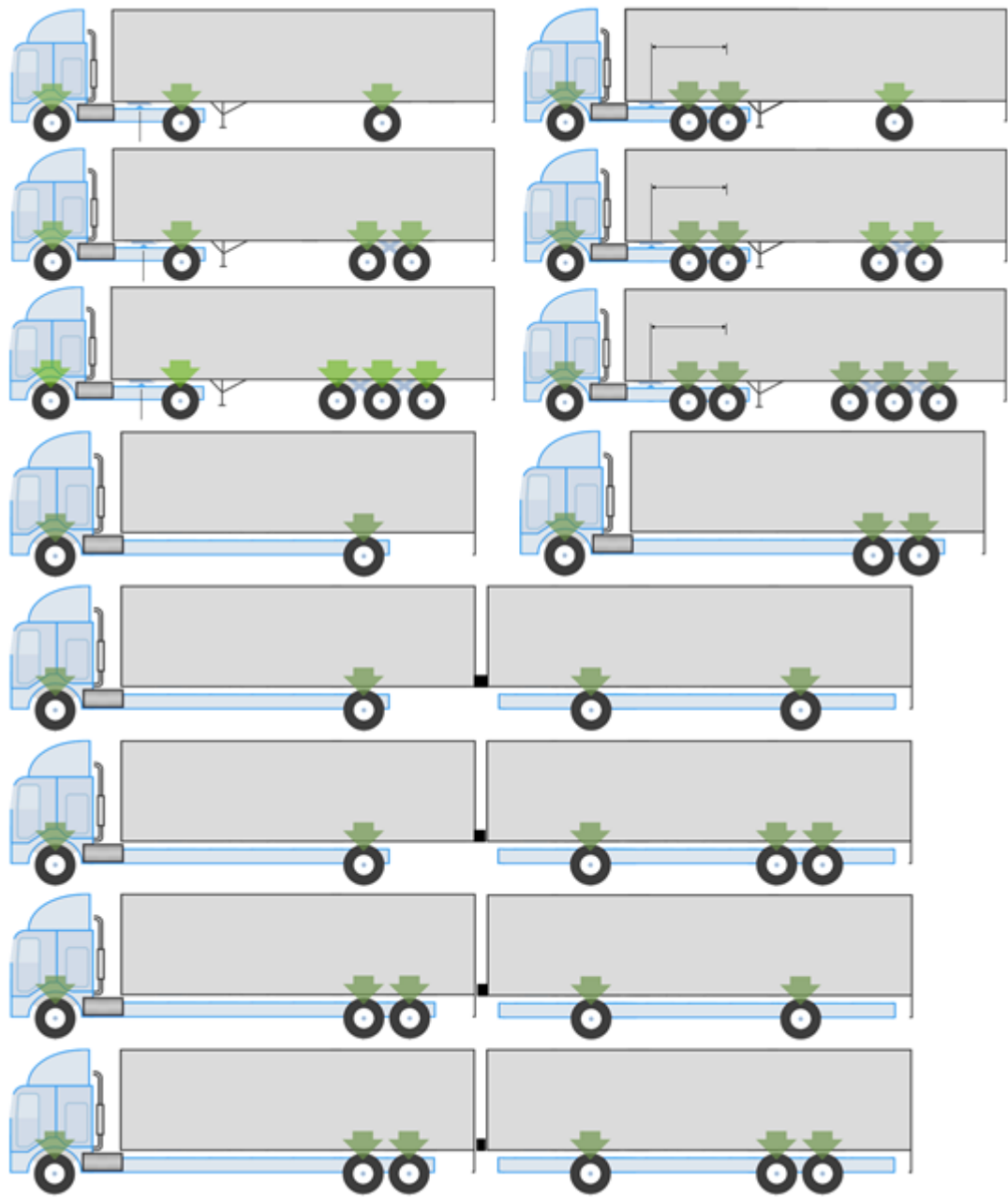


Рисунок. 1.1 – Можливі види конфігурації вантажного автотранспорту

Мінімальна кількість датчиків з урахуванням, що на кожен вісь необхідно встановити мінімум один датчик. Виключенням становлять конфігурації “ тягач + причіп” де на першу вісь датчик не ставиться. В даному випадку навантаження на передню вісь визначається з навантаження на задню вісь тягача, положення зачіпного механізму та відстані між передньою та задньою осями [3].

Використання мінімальної кількості датчиків в пристрої габаритно-вагового контролю автомобіля накладає певні обмеження при експлуатації. В першу чергу, маса вантажу та навантаження буде коректно відображатися тільки в тому випадку, якщо вантаж розташований так, що центр мас знаходиться посередині між правою стороною борту кузова та лівою. В другу чергу у випадку наявності під ємних осей, навантаження осі та маса вантажу буде відображатися невірно, якщо одна із осей піднята [3].

Тому необхідно визначити кількість під ємних осей оскільки на кожну вісь необхідно, як мінімум один датчик. При використанні одного датчика замість двох накладаються обмеження, а саме положення центру мас вантажу повинен знаходитись посередині від лівого до правого борту кузова.

Оскільки центр мас вантажу знаходиться не по середині відносно правої та лівої сторони борту, необхідно ставити два датчики на вісь. Виключанням є задня вісь тягача оскільки тут ставити два датчика з кожного боку немає сенсу оскільки виконується умова роз положення центру мас завдяки зчіпному пристрою який розміщений по центру відносно лівого та правого борту кузова.

Також достатньо одного датчика у випадку коли права та ліва пневмопідвіска мають загальний контур, тоді встановлювати два датчика не має сенсу.

В такому випадку оптимальний варіант кількості датчиків для трьох осьового тягача та трьох осьового причепа становить п'ять датчиків.(Рис.1.2)

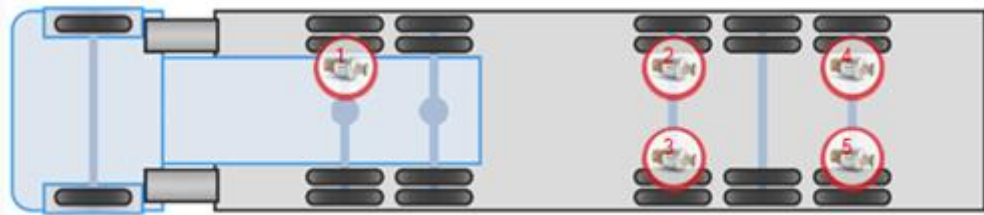


Рисунок 1.2

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



Рисунок 1.3

Конфігурація двох осьового тягача та трьох осьового причепа становить три датчика.(Рис.1.4)

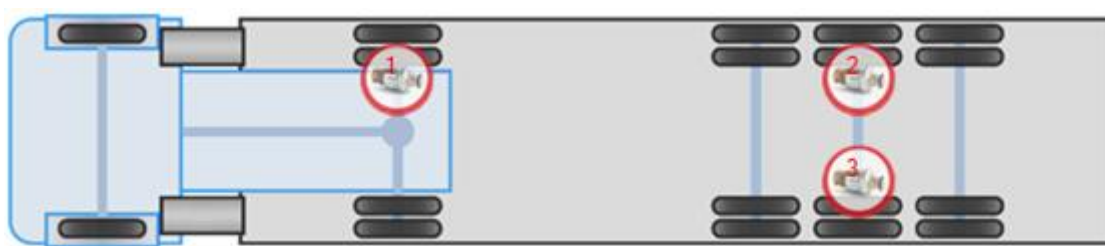


Рисунок 1.4

Для трьох осьової вантажівки без підйомної осі необхідно чотири датчика.(Рис.1.5)



Рисунок 1.5

Конфігурація для двох осьового причепа становить чотири датчика.(Рис.1.6)

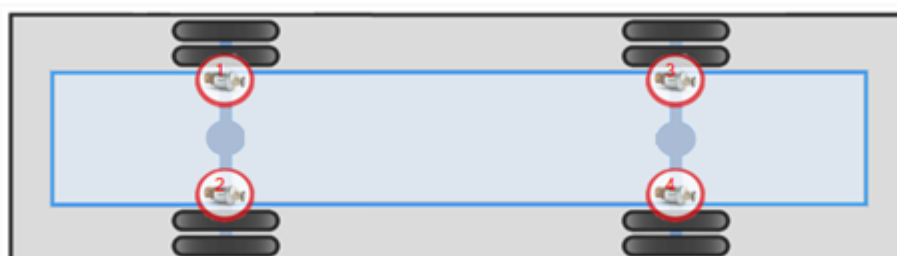


Рисунок 1.6

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат

Одна даний підхід не працює у випадку коли пристрій габаритно-вагового контролю автомобіля працює на основі тензодатчиків оскільки тензодатчики встановлюються не в підвіску автомобіля. Тензодатчики встановлюються в шасі корпус автомобіля (раму) та в каркас кузова [4].



Рисунок 1.7 – Встановлений тензодатчик між кузовом та рамою автомобіля.

Саме через таку особливість встановлення кількість датчиків може корелюватись від двох до восьми та більше тому число датчиків залежить від конструкції кузова на який вони встановлюються.

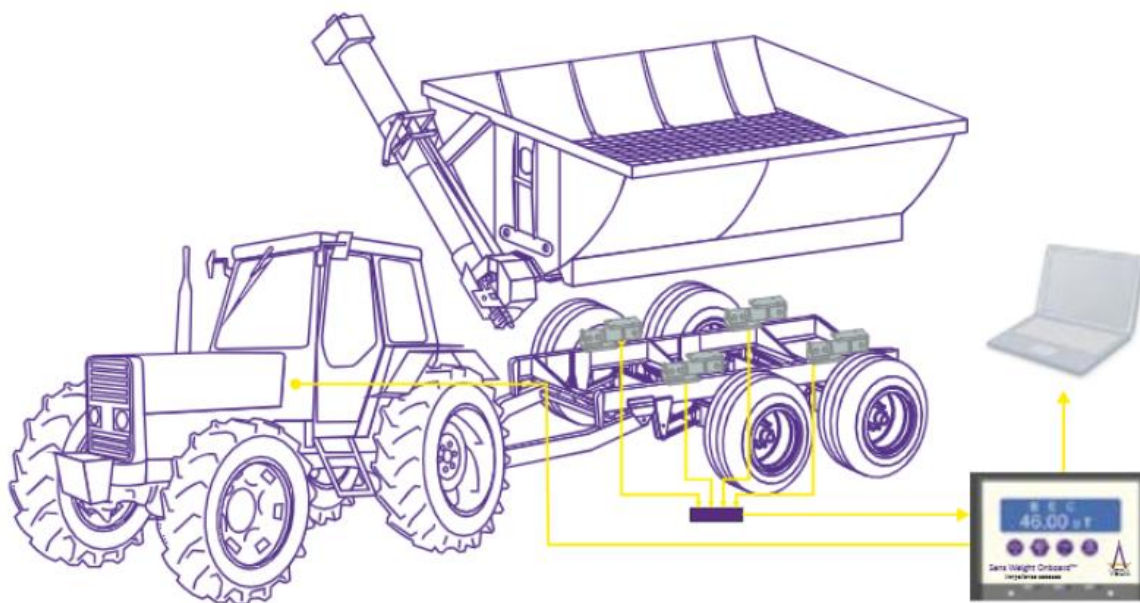


Рисунок 1.8 – Схема встановлення пристрою габаритно-вагового контролю на тензодатчиках.

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат

ЕЛІТ 6.171.00.10.523 ПЗ

Лист

12

## 1.2 Огляд існуючих рішень

Розглянемо пристрій габаритно-вагового контролю від компанії Eurosent  
 Пристрій складається з контролерів EUROSENT Difference-T датчиків навантаження на вісь EUROSENT Difference 01/02 або інший, дисплей EUROSENT Display RS та набір кабелів [4].

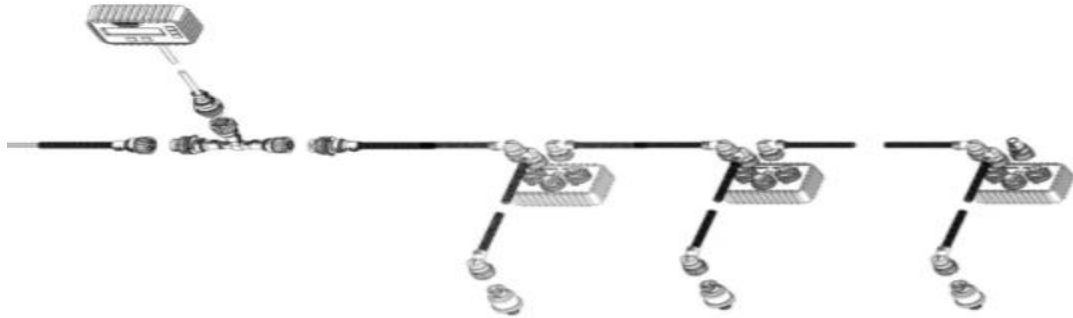


Рисунок 1.9 – Склад пристрою габаритно-вагового контролю від компанії EUROSENT

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

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат

ЕЛІТ 6.171.00.10.523 ПЗ

Лист

13

До даного пристрою можуть підключатися різні типи датчиків розглянемо деякі із них.

Розглянемо датчик EUROSENT Difference 01 який вимірює тиск 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°C

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 методи встановлення датчика в пневмосистему:

1. Встановлення у штатний отвір магістралі підводу повітря у подушку пневмопідвіска;
2. Встановлення в місце з'єднання магістралі підводу повітря з використанням трійника;
3. Встановлення у розріз магістралі підведення повітря.

Встановлення в штатний отвір виконується M16x1,5 без продовження пневмопідвіски. Для встановлення по даній схемі достатньо елементів, які надаються з датчиком [4].

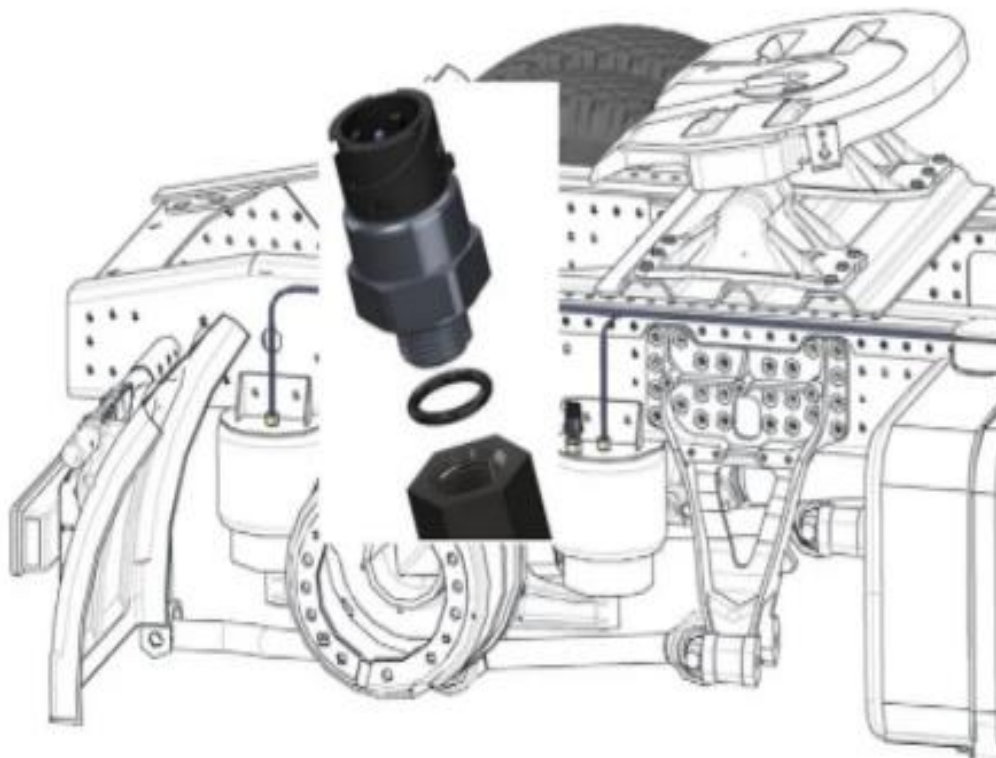


Рисунок 1.11 – Встановлення в стандартний отвір

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат

ЕЛІТ 6.171.00.10.523 ПЗ

Лист

15

Встановлення датчика тиску встановлюється в місце монтажу трубки 10 міліметрів (рис. 10).

Даний варіант встановлення датчику відбувається в продовження пневмомережі в отвір М16х1,5 [4].

При даному варіанті встановлення необхідне додаткове комплект монтажу.

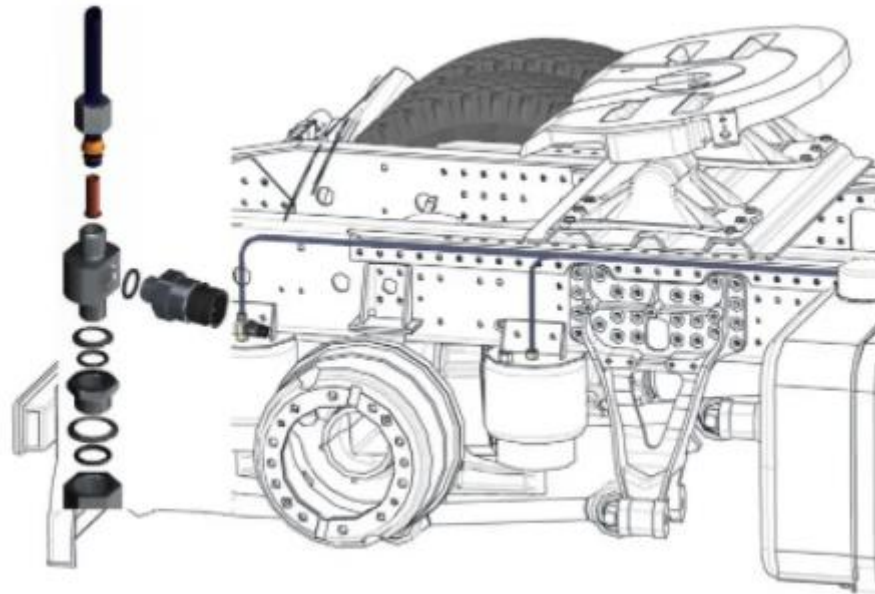


Рисунок 1.12 – Встановлення в продовження пневмомагістралі

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

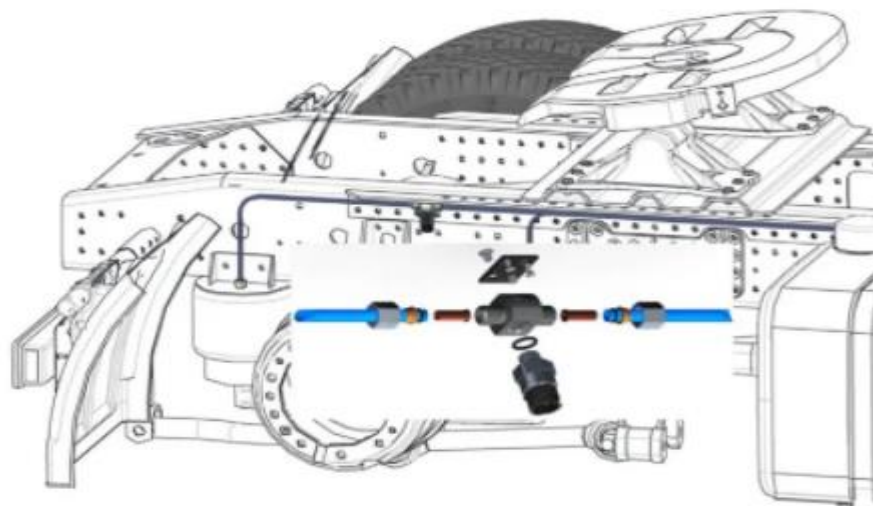


Рисунок 1.13 – Встановлення в розрив пневмомагістралі

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат

Таблиця 1.5 – Датчик переміщення EUROSENT Difference 02

Технічні характеристики EUROSENT Difference 02	
Напруга живлення	10-32 В
Рівень захисту корпусу	не нижче IP55
Маса,	не більше 0,8 кг
Вихідний сигнал	від 1,54 В до 3,46 В
Номінальна напруга живлення	24 В
Температурний діапазон	-40...+80°C

Таблиця 1.6 – Датчик переміщення EUROSENT Difference 02

Номінальна напруга живлення, В	Кут нахилу, град	Вихідна напруга датчика, В
24±0,5	-40	1,54
	-30	1,78
	-20	2,02
	-10	2,26
	0	2,50
	10	2,74
	20	2,98
	30	3,22
	40	3,46



Рисунок 1.14 – Датчик навантаження на вісь EUROSENT Difference 02

Для правильного встановлення датчика EUROSENT Difference 02 необхідно з'ясувати хід підвіски від повністю завантаженого до повністю пуского стану.

Датчик встановлюється таким чином, щоб кутове переміщення було максимальним при завантаженому транспортному засобі та мінімальним при порожньому. При цьому необхідно виключити можливість перевищення максимальних кутів. Виходячи з цього обираємо місце кріплення та довжину з'єднання з комплекту.[4]

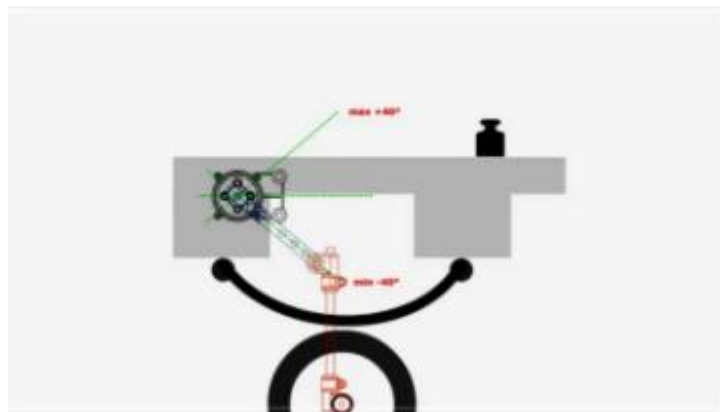


Рисунок 1.15 – Встановлення датчика переміщення

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат

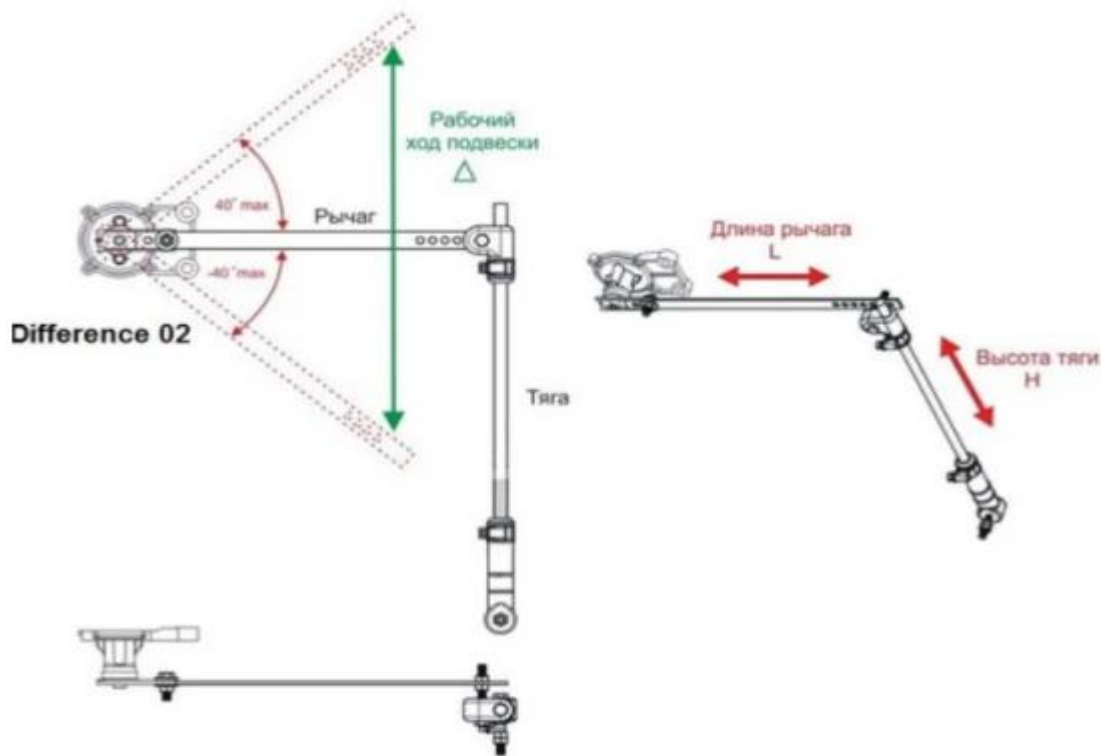


Рисунок 1.16 – Схема з'єднання рычагів датчика

Розглянемо пристрій габаритно-вагового контролю від компанії VEDA. Він складається з пристрою SENS WEIGHT ONBOARD з'єднувальна коробка та тензодатчиків TSWA-1 та набору кабелів [6].

## Sens Weight Onboard

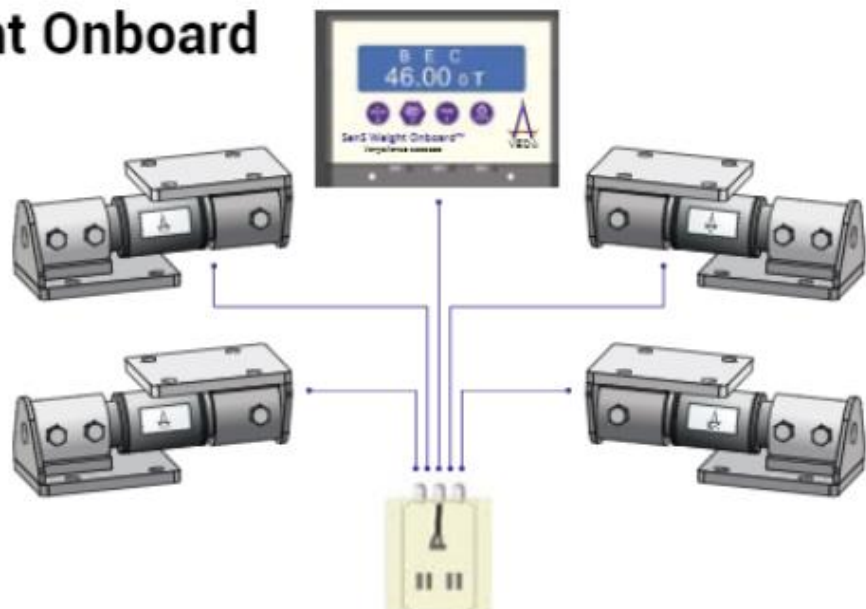


Рисунок 1.17 – Склад пристрою габаритно-вагового контролю від компанії VEDA

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат

ЕЛІТ 6.171.00.10.523 ПЗ

Лист

19

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



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

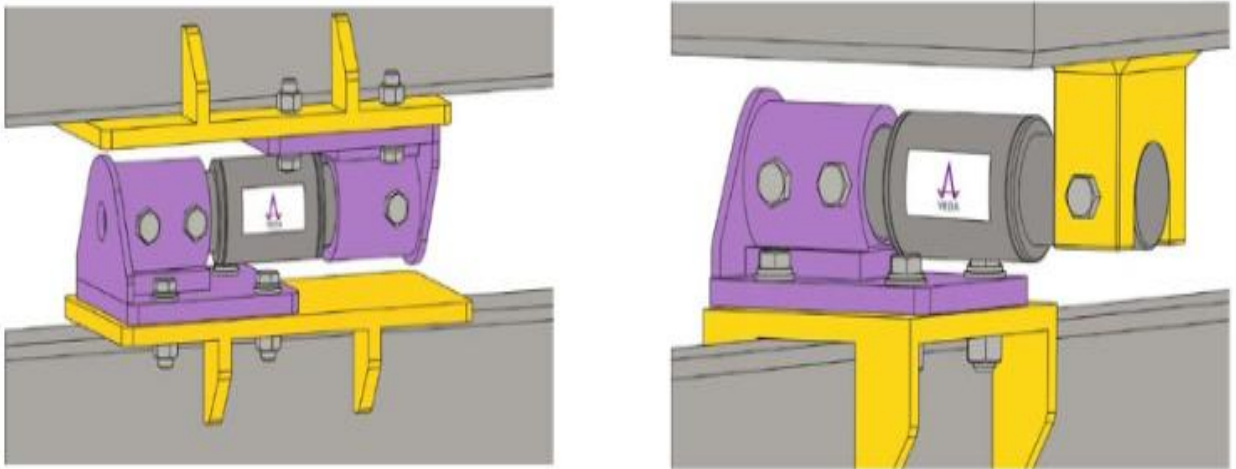


Рисунок 1.20 – Варіанти встановлення датчика TSWA-1

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат

ЕЛІТ 6.171.00.10.523 ПЗ

Лист

21

### 1.3 Постановка завдання проекту

Метою даної роботи є створення пристрою габаритно-вагового контролю. Який виконуватиме покладені на нього функції, а саме:

- Визначення маси вантажу;
- Порівняння з максимально допустимими;
- Вивід даних на дисплей.

Також необхідно підібрати метод виміру оскільки пристрій повинен відповідати критеріям:

- Надійний;
- Простий в експлуатації;
- Не дорога технічна база;

Щоб розробити даний пристрій необхідно:

- Скласти алгоритм за яким працюватиме пристрій;
- Розробити схему електричну структурну;
- Виконати вибір елементної бази;
- Розробити схема електричну принципову.

					ЕЛІТ 6.171.00.10.523 ПЗ	Лист
						22
	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		



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

### 2.1 Вибір методу вимірювання

Проаналізувавши інформацію в попередньому пункті було прийнято рішення розроблення пристрою саме на базі використання тензодатчиків. При порівнянні з іншими було визначено, що саме використання тензодатчиків дозволяє виконати необхідні умови.

Головною особливістю використання тензодатчиків, являється метод встановлення, а саме необхідність їх встановлення між корпусом автотранспорту та кузовом. Це є як перевагою так і головним недоліком оскільки інколи необхідно змінювати корпус автомобіля та кузова хоча зазвичай тензодатчики встановлюються у стандартні кріплення. Проте завдяки цьому ми маємо наступні переваги:

- 1) Високу точність оскільки датчики фактично працюють на пряму з вантажем;
- 2) Більший ресурс роботи у порівнянні з аналогами оскільки підвіска автомобіля зменшує навантаження при їзді;
- 3) Високу надійність;
- 4) Високе максимальне навантаження;
- 5) Невисока похибка при зміні кута поверхні на якій знаходиться транспортний засіб.

Також перевагою є можливість використання балансувальної коробки, яка дає можливість підключати необхідну кількість датчиків та регулювати їх. Це значно зменшує апаратні витрати оскільки при використанні інших типів датчиків для кожної групи датчиків необхідне використання свого мікроконтролера, який опитує датчики аналізує отримані данні та надсилає на головний мікроконтролер, що збирає данні з усіх підключених контролерів та аналізує після чого видає загальний результат вимірювань.

Такий підхід значно збільшує апаратні витрати оскільки в будь якому випадку мінімальна кількість буде становити три мікроконтролери на дві осі. Це значно підвищує собівартість приладу, збільшує енерговитрати та зменшує його надійність.

					ЕЛІТ 6.171.00.10.523 ПЗ	Лист
						23
	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		

Саме через вище названі причини було вирішено розробляти пристрій на основі тензодатчиків.

## 2.2 Розробка алгоритму роботи

Завдання даного приладу полягає у визначенні маси вантажу який перевозить транспортний засіб та попередженні про максимально допустиме навантаження чи перевантаження. Даний пристрій ставить ціль стати дешевою та надійною заміною, що може працювати у будь яких умовах експлуатації завдяки своїй простоті та універсальності, що дозволяє працювати на різних транспортних засобах. Ця універсальність досягається можливістю працювати з будь якою кількістю датчиків та простотою конструкції. Завдяки цьому налаштування та ремонт приладу може проводитися самостійно з використанням мінімальних зусиль, що полегшує його експлуатацію.

Згідно визначеного завдання була складена блок-схема алгоритму роботи пристрою.

Після початку роботи двигуна відбувається подача живлення на прилад. Після чого відбувається ініціалізація контролера та датчиків. Потім сигнали з датчиків йдуть на модуль підсилення сигналу який надсилає перетворений сигнал на мікроконтролера. Після чого мікроконтролер порівнює отримані данні з допустимими. У випадку якщо показники перевищують максимально допустимі на дисплей виводиться попередження про перевантаження, якщо дорівнюють тоді виводиться попередження про максимальне навантаження у всіх інших випадках на дисплеї показана маса вантажу. Блок-схема алгоритму роботи наведена на рисунку. 2.1.

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. Введення максимально допустимого навантаження на автомобіль;

Крок 7. Введення допустимих показань датчиків;

										Лист
										24
	Лист	№ докум.	Підпис	Дат						

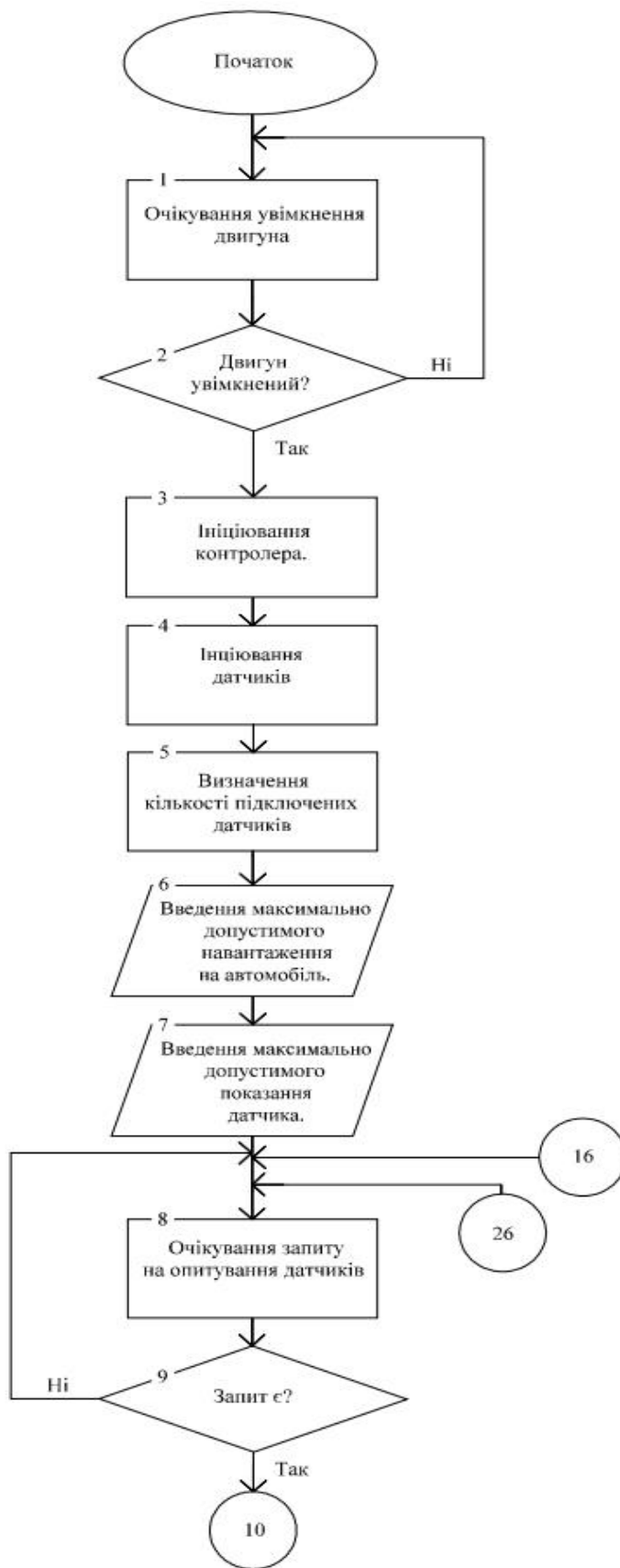
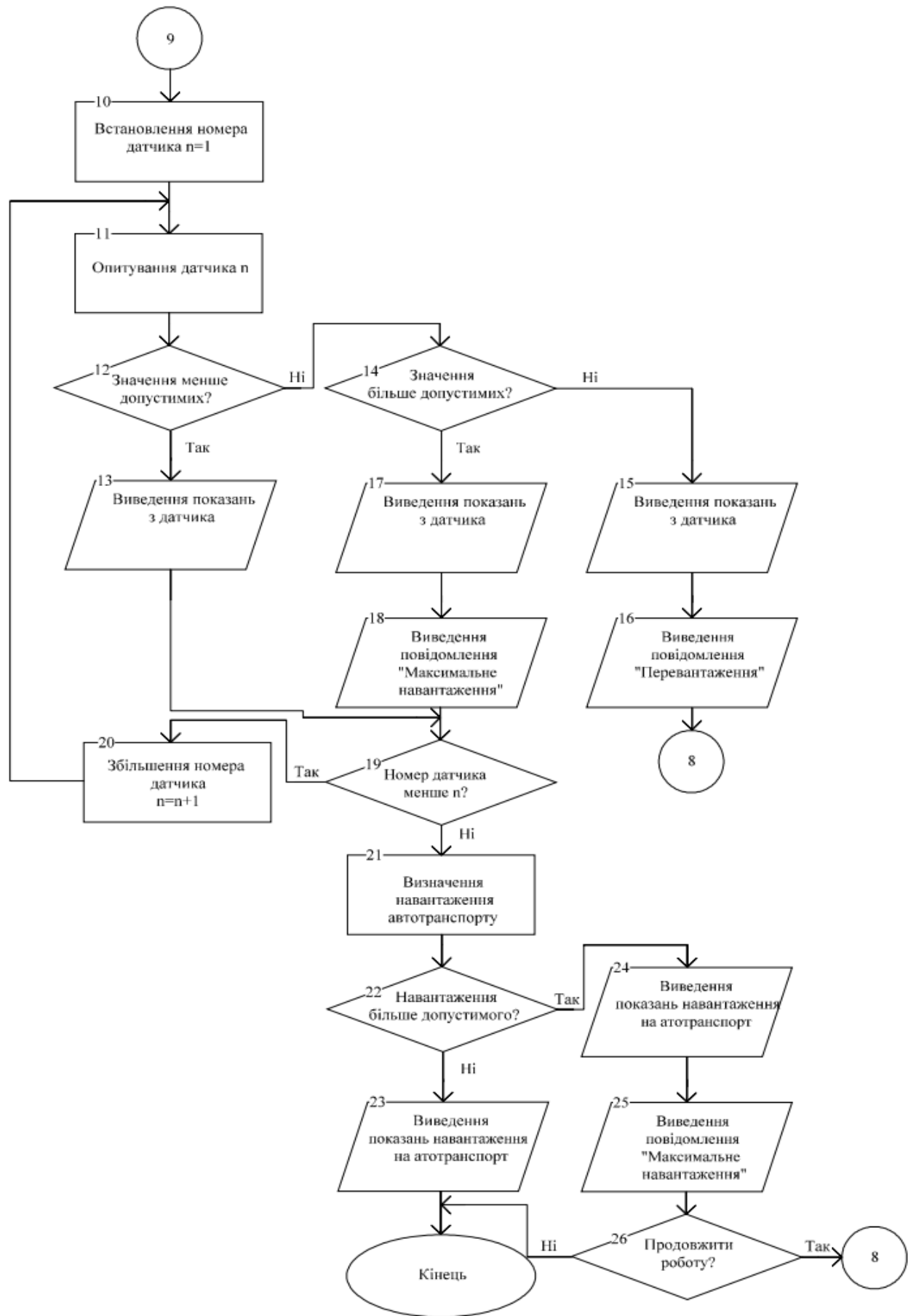


Рисунок 2.1 – Схема алгоритму роботи пристрою



Продовження рисунку 2.1

Крок 8. Очікування запиту на опитування датчиків;

Крок 9. Перевірка наявності запиту, якщо запит надісланий тоді відбувається встановлення номера датчика в іншому випадку відбувається повернення до кроку 8.

Крок 10. Встановлення номера датчика;

Крок 11. Опитування датчика.

Крок 12. Перевірка чи навантаження на датчик менше допустимих, якщо ні відбувається перехід до кроку 14 в іншому випадку відбувається перехід до кроку 13.

Крок 13. Виведення показань з датчиків;

Крок 14. Відбувається перевірка чи значення навантаження на датчик більше допустимого, якщо так тоді відбувається перехід до кроку 17, якщо ні тоді до кроку 15.

Крок 15. Виведення показань з датчиків;

Крок 16. Виведення повідомлення “Перевантаження” після чого відбувається повернення до кроку 8;

Крок 17. Виведення показань з датчика;

Крок 18. Виведення повідомлення “Максимальне навантаження”;

Крок 19. Перевірка номера датчика чи номер датчика менше зазначеного, якщо так то відбувається перехід до кроку 20, якщо ні тоді до кроку 21.

Крок 20. Збільшення номера датчика  $n = n+1$ ;

Крок 21. Визначення навантаження автотранспорту;

Крок 22. Перевірка чи навантаження на автомобіль більше допустимо, якщо так то відбувається перехід до кроку 24, якщо ні тоді до кроку 23;

Крок 23. Виведення показань навантаження та автотранспорту;

Крок 24. Виведення показань навантаження та автотранспорту;

Крок 25. Виведення повідомлення “Максимальне навантаження”;

Крок 26. Продовжити роботу? Якщо так тоді відбувається перехід до кроку 8, якщо ні тоді завершується процес роботи.

### 2.3 Розробка структурної схеми

При розробці структурної схеми пристрою габаритно-вагового контролю автомобіля до уваги беруться такі моменти як технічні завдання та критерії, які

					<i>ЕЛІТ 6.171.00.10.523 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						27
	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>		

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;

Для нормального функціонування пристрою необхідна відповідна робоча напруга. Це завдання виконує модуль живлення оскільки в різних автомобілях різна напруга живлення її необхідно перетворювати до необхідного значення.

Модуль керування виконує завдання аналізу та розрахунку навантаження на автомобіль на основі отриманої інформації.

Зв'язок між пристроєм та користувачем відбувається за допомогою панелі керування та дисплею.

За збирання даних з тензодатчиків відповідає модуль перетворення та підсилення даних. До даного модуля може підключатися від одного до двох тензодатчиків. Аналоговий сигнал з тензодатчиків надходить на модуль підсилюється та перетворюється в цифровий сигнал та надсилається на модуль керування.

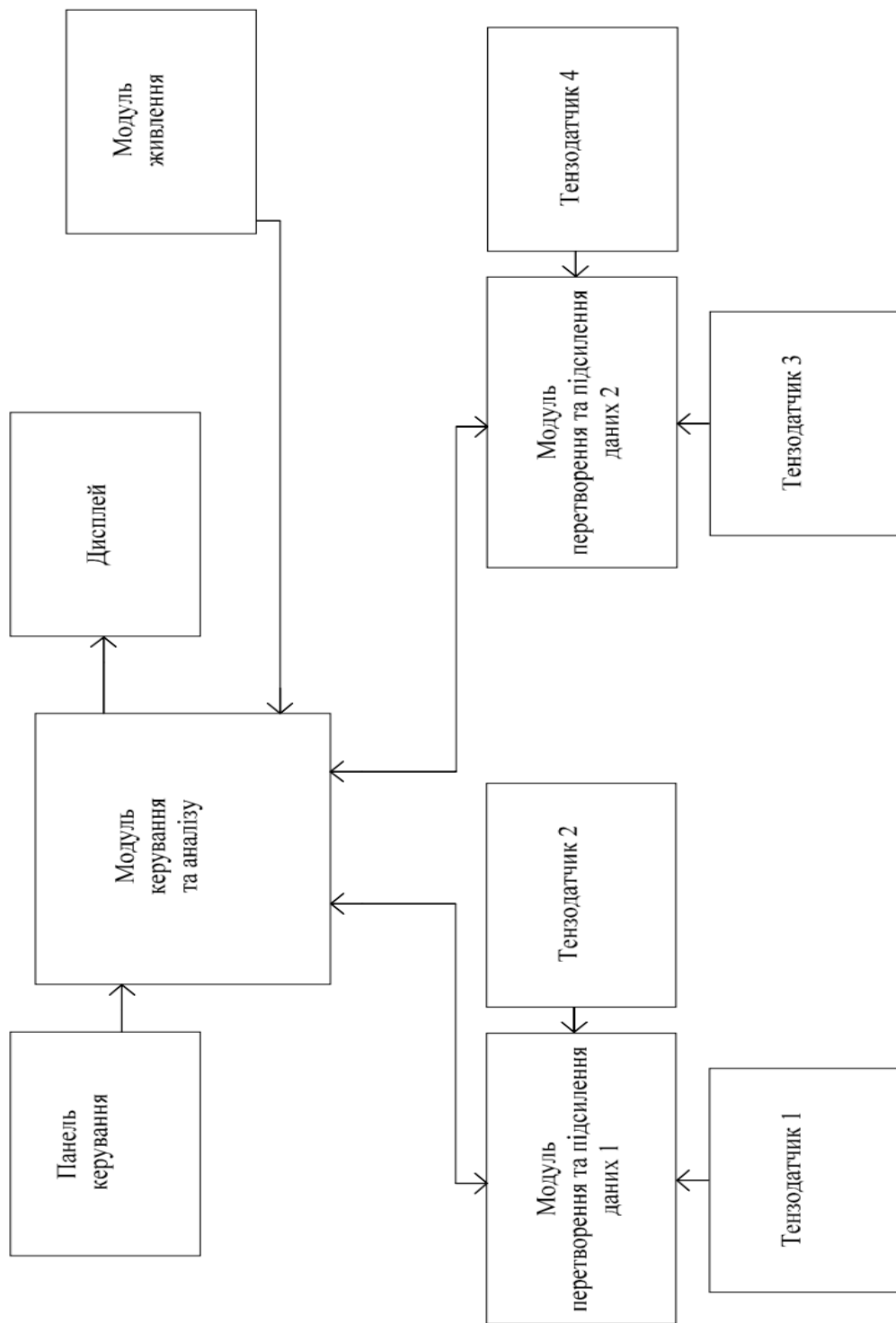


Рисунок 2.2 – Структурна схема пристрою габаритно-вагового контролю автомобіля

	Лист	№ докум.	Підпис	Дат

ЕЛІТ 6.171.00.10.523 ПЗ

## 3 РОЗРОБЛЕННЯ ПРИНЦИПОВОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ СХЕМИ ПРИСТРОЮ

### 3.1 Вибір елементної бази

Ядром пристрою є мікроконтролер оскільки він виконуватиме основні завдання, а саме збір даних з тензодатчиків їх аналіз, зв'язок та передача на дисплей користувача.

Через що мікроконтролер повинен відповідати певним вимогам а саме:

1. Компактний розмір;
2. Високу швидкодію;
3. Повинен бути доступним;
4. Мати середовище для програмування;
5. Мати відносно невисоку собівартість.

Під час розгляду пропозицій які доступні на даний момент та при їх порівнянні за зазначеними критеріями було вирішено використати мікроконтролер Atmel ATmega328P-PU, який є восьми бітним megaAVR, що оснований на архітектурі RISC, завдяки чому забезпечується дуже низький рівень енерговитрат також перевагою є flash пам'ять, яка становить 32 кілобайти, що дозволяє виконувати великий спектр завдань [10].

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 6.171.00.10.523 ПЗ	Лист
						30
	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		



Даний мікроконтролер знаходиться у складі відладочної плати Arduino NANO, яка являється однією з найменших плат з використанням мікроконтролера ATmega328P-PU, завдяки чому її зручно використовувати в проектах в яких необхідна компактність та швидкодія. Зручне розташування контактів спрощує монтаж на плату, а вбудована програма тор значно полегшує роботу з ним. Завдяки наявності таких переваг, як проста мова програмування, зручність, платформа стала розповсюджена та вельми популярна у світі [10].

Завдяки наявності в Arduino NANO вбудованої мікросхеми FT232RL є можливість не використовуючи додаткові апаратні засоби, оскільки з'єднуватися на пряму з комп'ютером можна за допомогою Mini-USB оскільки завдяки FT232RL, Arduino NANO визначається, як COM-порт [12].

Присутній ICSP-роз'єм, що дозволяє завантажувати програмне забезпечення до мікроконтролер через програма тор.

Також є можливість через контакти ICSP Nano обмінюватися даними с платами розширення за допомогою інтерфейсу SPI [12].

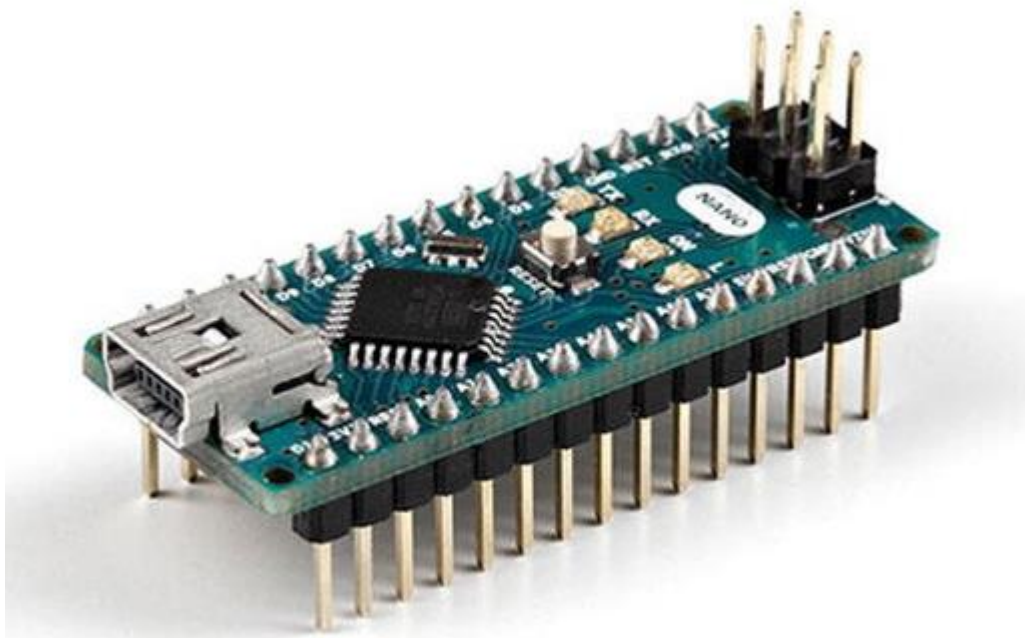


Рисунок 3.1 – Зображення Arduino NANO

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 данні збираються з тензодатчиків, через що необхідно використовувати підсилювач сигналу.

Тому було вирішено використати Arduino-модуль HX711 з підсилювачем сигналу. Сам модуль побудований на основі мікросхеми HX711, яка містить АЦП з роздільною здатністю 24 біт, завдяки чому досягається велика точність вимірювань оскільки роздільна здатність АЦП, вбудованого в Arduino NANO становить 10 біт, що недостатньо для отримання точних вимірювань. Модуль містить два канали А та В до яких можна під'єднати два тензодатчика. У каналі А коефіцієнт підсилення дорівнює 64 або 128, для каналу В коефіцієнт підсилення становить 32. Модуль працює з частотою вимірювання 80 Гц [13].

					ЕЛІТ 6.171.00.10.523 ПЗ	Лист
						32
	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		

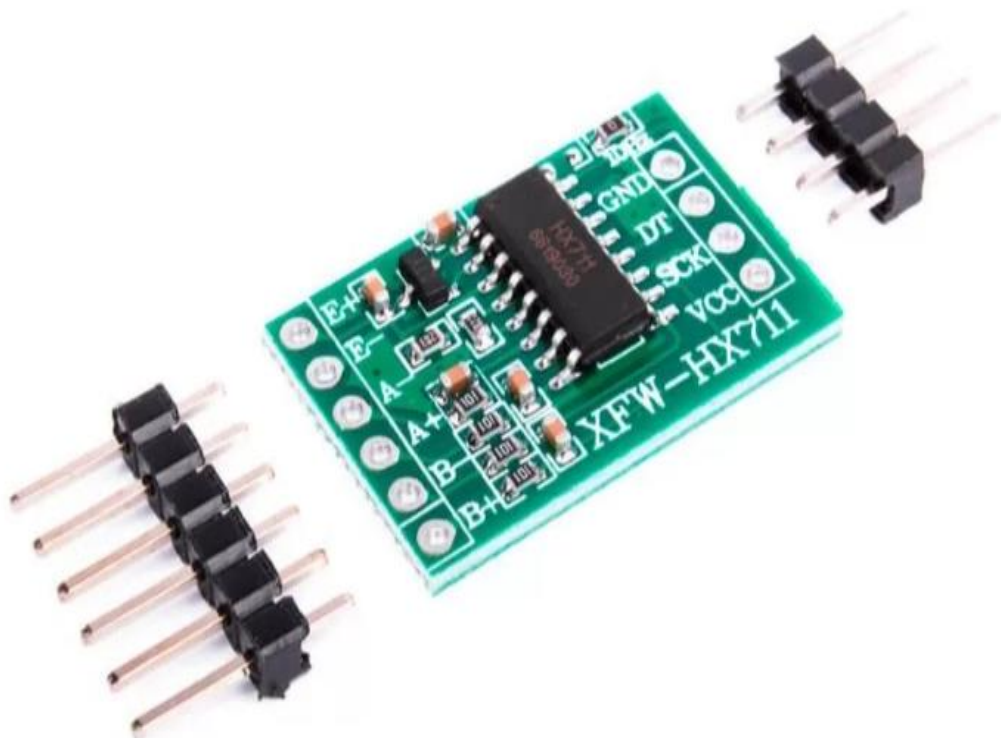


Рисунок 3.2 – Зображення Arduino-модуль HX711

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;
- Ширина: 21 мм

	Лист	№ докум.	Підпис	Дат

ЕЛІТ 6.171.00.10.523 ПЗ

Лист

33

Одним з головних питань залишалось питання живлення. Оскільки основним джерелом живлення систем автомобіля є генератор у робочому стані та акумулятор у вимкненому стані. Тому було вирішено подавати живлення на пристрій з акумулятора причиною такого вибору стали два фактори саме:

- 1) Можливість користуватися коротким періодом часу навіть при вимкненому двигуні;
- 2) При початку роботи генератора виникають великі пульсації, які негативно впливають на пристрій, тому для їх усунення було вирішено подавати живлення через акумулятор оскільки він повністю нівелює пульсації.

Однак виникає інша проблема, яка полягає в особливостях будови автомобіля. Оскільки в залежності від особливостей транспортного засобу на нього необхідні відповідний акумулятор який має відповідну напругу. Найбільш розповсюджена напруга акумулятора на вантажних автомобілях становить 24 вольти, що перевищує максимально допустиму напругу живлення на відладочну плату [11].

Тому для забезпечення необхідної напруги живлення було вирішено використати монолітну інтегральну схему DC-DC понижуючого конвертера побудовану на основі чипа LM2596S-ADJ, що дозволяє отримати необхідну напругу живлення у випадках коли напруга перевищує допустимі при цьому не маючи великих втрат [11].

Імпульсний регулятор напруги LM2596S-ADJ це понижуючий (Step-Down) DC-DC перетворювач постійної напруги, який має високий рівень ККД та набагато менше нагрівається у порівнянні з лінійними стабілізаторами. Він може використовуватися в широкому спектрі приладів. Завдяки можливості працювати в широкому діапазоні напруг, що дозволяє використовувати його в трансформаторах, джерелах світла, сонячних та вітряних генераторах та ін. Завдяки такій простоті та доступності він став дуже популярним. [11]

					<i>ЕЛІТ 6.171.00.10.523 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						34
	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>		



Рисунок 3.3 – 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  $+85$  C<sup>0</sup>;
- 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 6.171.00.10.523 ПЗ

Лист

35

Для відображення інформації був узятий дисплей LCD 1602A. Даний дисплей побудований на технології рідких кристалічних. LCD 1602A представлений у вигляді електронного модуля на драйвері HD44780 від Hitachi він має 16 контактів і може працювати у 6-бітному режимі з використанням тільки чотирьох ліній даних або 8-бітному режимі з використанням усіх восьми строк, також можливе 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 3.4 – Зображення LCD 1602A

Для керування пристроєм було вирішено взяти кнопки ТАСТ 6Х6-9,5 мм 2РІН 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 3.5 – Зображення ТАСТ 6Х6-9,5 мм 2РІ

					ЕЛІТ 6.171.00.10.523 ПЗ	Лист
						37
	Лист	№ докум.	Підпис	Дат		

### 3.2 Розрахунки та синтез основних електричних вузлів

#### Підключення імпульсного регулятора напруги.

Підключення імпульсного регулятора напруги представлено на рисунку 16. Від акумулятора клема плюс приєднується до входу IN+, а клема мінус до входу IN-. До імпульсного регулятора напруги може під'єднуватися будь-який акумулятор з номінальною напругою від 12 В до 40 В.

Під час подання на входи регулятора напруги завдяки структурі мікросхеми LM2596, відбувається стабілізація напруги ШІМ-контролером [11].

Далі напруга подається на стабілізуючу частину модулю в якій передбачено накопичення енергії ЕДС в дроселі L1. Завдяки високому ККД отримується високий ступінь стабілізації вихідної напруги, що під час вимикання модулю живлення розсіює накопичену енергію на дроселі та конденсаторах через діод Шоткі SS14. Такий спосіб дозволяє подовжити термін роботи елементів в контурі.

Регулювання напруги відбувається за допомогою резистора змінного супротиву, що дозволяє виставляти необхідну напругу при живленні від будь-якого акумулятора. А стан роботи модуля перевіряється за допомогою світло діоду VD2.[11]

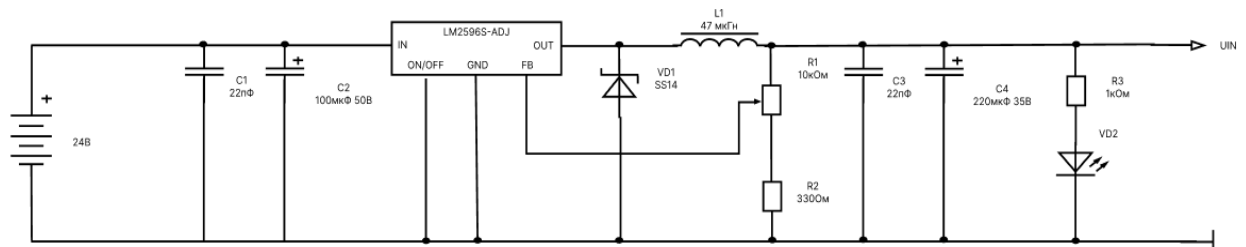


Рисунок 3.6 – Схема підключення LM2596S-ADJ.



Таблиця 3.1 – 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.

Розглянувши схему стає зрозуміло, що зв'язок модуля Arduino NANO відбувається за допомогою USB. Це можливо завдяки використанню мікросхеми FT232RL, яка відповідає за перетворення комп'ютерного інтерфейсу USB на інтерфейс UART, який є стандартним інтерфейсом сучасного мікроконтролера. Саме під'єднання ATmega328P-PU до FT232RL відбувається за допомогою виводі PD0 та PD1. Для захисту від несправностей, які може викликати перепади струму на виводи PD0 та PD1 додатково встановлюються резистори з номіналом 1 кОм [10].

Оскільки передача даних між комп'ютером та мікроконтролером ведеться з допомогою інтерфейсу UART, що працює в асинхронному режимі, через що для нормальної роботи необхідно задати тактову частоту. Щоб вирішити дану

проблему необхідно на виводи XTAL2 та XTAL1 встановити кварцовий резонатор з частотою роботи 16 МГц [10].

Таблиця 3.2 – 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)

Характеристик вказані виробником вказують, що напруга роботи плати Arduino NANO становить 5 В з чого можна зробити висновок про можливість живлення від USB-джерел. Також із схеми можна побачити, що в платі присутній стабілізатор напруги на 5 вольт та 3,3 вольта завдяки чому є можливість жити плату від напруги 12 В, але не повинна перевищувати граничне значення в 20 В [10]. Щоб

перевірити подачу живлення дивимося на індикатор, яким слугує світлодіод «POWER».

На платі Arduino NANO піни мають два режими роботи: вхід (INPUT) та вихід (OUTPUT), що дозволяє підключати до них зовнішні пристрої та працювати з ними. Плата має 14 цифрових входи з яких шість мають можливість використання функції ШІМ сигналу ця особливість дозволяє керувати потужністю, яка подається на підключений пристрій, в той же час піни в яких відсутня дана функція можуть приймати тільки значення LOW чи HIGH. Тобто логічний нуль у вигляді 0 В або логічну одиницю у вигляді 5 В [10].

Таблиця 3.3 – 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 А0-А7 призначені для підключення та знімання сигналів з аналогових пристроїв, що забезпечується аналогово-цифровим перетворювачем сигналу тобто АЦП. Розрядність АЦП на всій лінії модуля становить десять бітів. Опорна напруга на АЦП подається з додаткового піна AREF. Вхід RESET при подачі на нього низького сигналу виконує перезавантаження пристрою для цього

на платі є спеціальна кнопка для виконання даної операції або підключити до спеціально відведеного піна.[10]

Таблиця 3.4– 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	XCK (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)

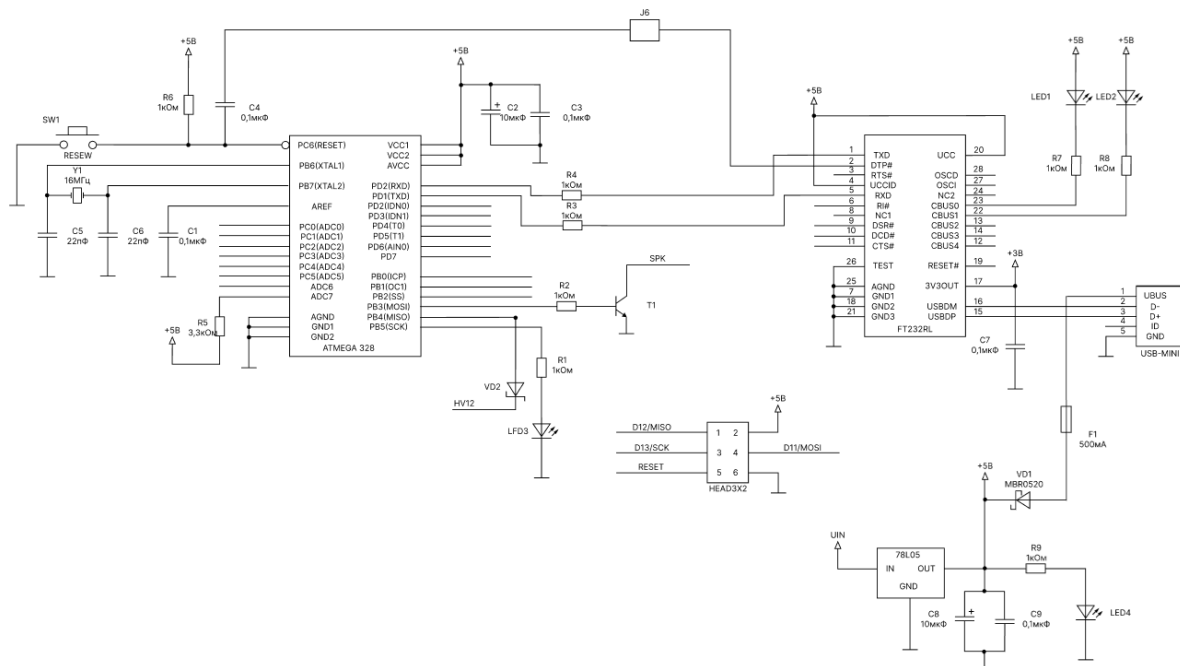


Рисунок 3.7 – Типова схема Arduino NANO

### Підключення модуля НХ711.

НХ711 легко з'єднати з будь-яким мікроконтролером. Спочатку виконується підключення живлення до VCC на модулі підключаємо VCC2 від Arduino NANO після чого GND модуля з'єднується з GND2 Arduino NANO [13].

Далі підключимо контакти SCK до PC0 для синхронізування роботи модуля та плати потім до DT підключаємо PC1, щоб був обмін даними між НХ711 та Arduino NANO.[13]

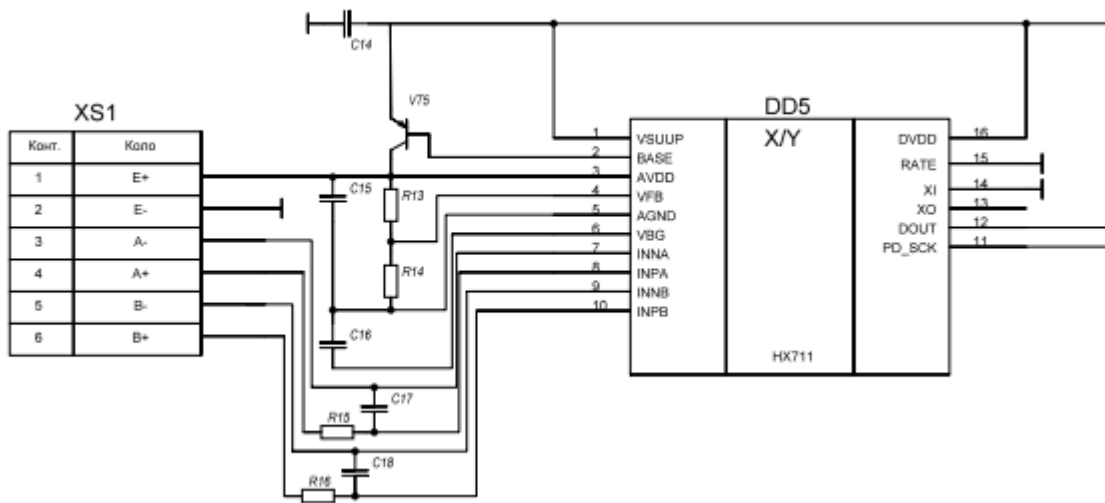


Рисунок 3.8 – Типова схема підключення НХ711

Таблиця 3.5 – Призначення виводів HX711

Позначення	Призначення
VSUP	Напруга регулятора: 2,7 ~ 5,5 В
BASE	Керуючий вихід регулятора (NC, якщо не використовується)
AVDD	Аналогове живлення: 2,6 ~ 5,5 В
VFB	Контрольний вхід регулятора (підключити до AGND, якщо не використовується)
AGND	Аналогове заземлення
VBG	Вихід опорного обходу
INA-	Від'ємний вхід каналу А
INA+	Позитивний вхід каналу А
INB-	Від'ємний вхід каналу В
INB+	Позитивний вхід каналу В
PD_SCK	Контроль вимкнення живлення (висока активність) і тактовий вхід
DOUT	Послідовний вихід даних
XO	Crystal вхід/вихід (NC, якщо не використовується)
XI	Crystal вхід/вихід вхідного зовнішнього сигналу 0: використовує вбудований генератор.
RATE	Контроль швидкості вихідних даних, 0: 10 Гц; 1: 80 Гц
DVDD	Цифрове живлення: 2,6 ~ 5,5 В

### Підключення дисплею LCD 1602A.

LCD 1602A є простим та легкодоступним дисплеєм, що працює з будь-яким мікроконтролером. Схема підключення даного дисплея наведена на рисунку 18. Для живлення дисплея з VCC1 подається напруга в 5 В. Також для налаштування контрастності необхідно використати резистор змінного опору номіналом в 10 кОм який під'єднується до VDD та VEE. Данні передаються по портам D2-D5 які

з'єднуються з D1-D5 відповідно. Також вихід обміну даних E підключається до D8, а вихід RS до D7.[14]

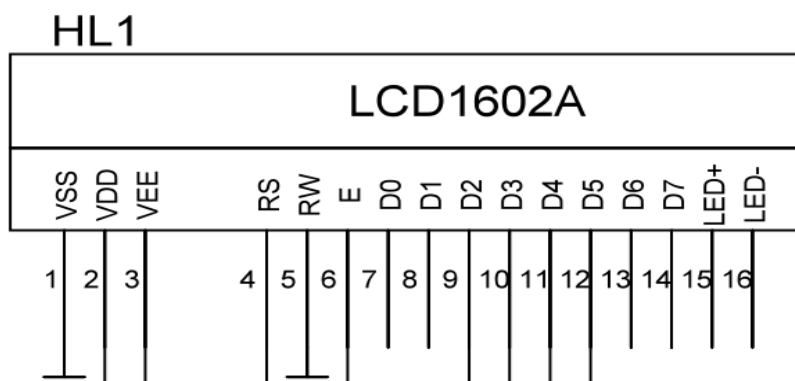


Рисунок 3.9 – Типова схема підключення LCD 1602A.

Таблиця 3.6 – 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-

### 3.3 Розробка принципової схеми

Після вибору елементної бази та синтезу електричних вузлів на основі структурної схеми відбувається побудова принципової схеми.

Пристрій габаритно-вагового контролю автомобіля складається з наступних модулів:

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

Живлення від акумулятора подається на імпульсний регулятор напруги LM2596S-ADJ, який перетворює напругу до необхідного рівня роботи модуля Arduino NANO. До модуля Arduino NANO до аналогових входів приєднуються кнопки керування. Дисплей приєднуються до цифрових входів та живиться від самого модуля для налаштування яскравості використовується резистор змінної напруги. Також до модуля Arduino NANO приєднуються два модуля HX711 до яких в свою чергу вже можуть приєднуються тензодатчики.

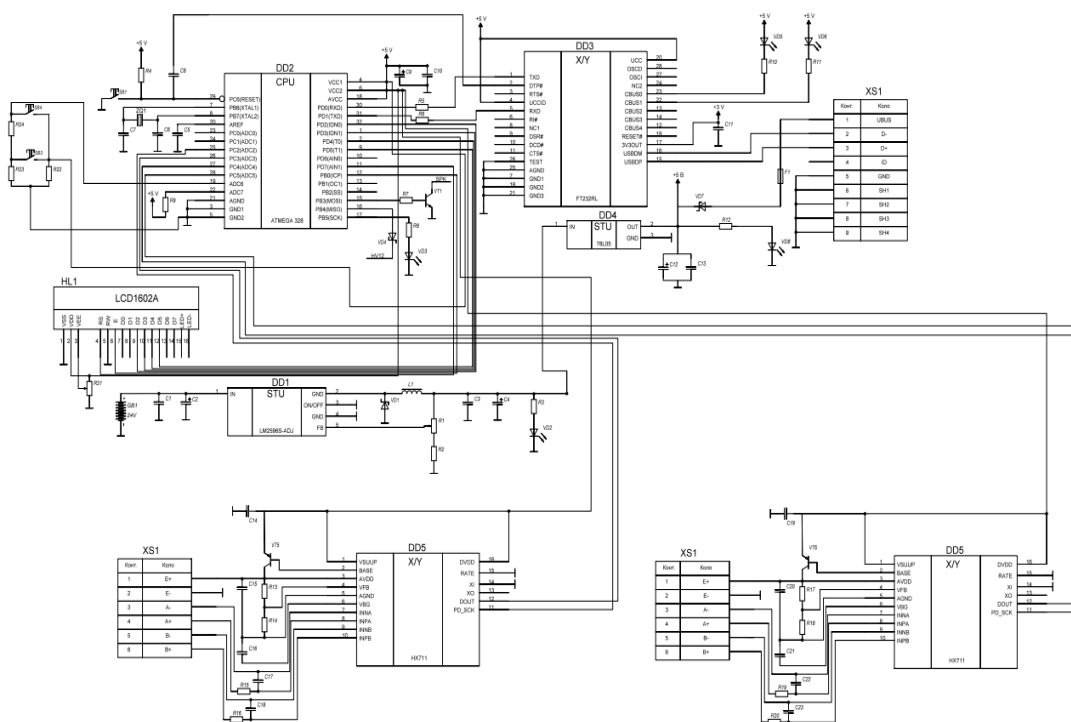


Рисунок 3.10 – Принципова схема пристрою габаритно-вагового контролю автомобіля

Лист	№ докум.	Підпис	Дат	



### 3.4 Розробка програмного забезпечення для модуля HX711

Одним з головних модулів є HX711 оскільки його основні завдання збір аналогових даних, підсилення та передача він не потребує додаткових налаштувань, що дає можливість встановити на нього базове програмне забезпечення.

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 низько
```

```

MOV      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

```

## ВИСНОВКИ

Метою кваліфікаційної роботи є розробка пристрою габаритно-вагового контролю автомобіля.

Причиною розробки даного приладу стала відсутність можливості якісного та постійного контролю правил дорожнього руху при перевезення вантажу оскільки це призводить до руйнування дорожньої інфраструктури, що несе не тільки збитки державі, також значно погіршує можливість пересування для громадян та значно збільшує рівень небезпеки на дорогах.

Для вирішення даного завдання була проведена аналітична робота, що дозволило знайти методи та вже готові рішення даної проблеми. Але детальний аналіз дав зрозуміти, що вже існуючі прилади не використовуються по причині вузько направленості та великої собі вартості.

Подальший огляд аналогів дозволив визначити вимоги для розробляемого пристрою, а саме: невисоку собі вартість, доступну апаратну базу та універсальність.

На основі визначених вимог був обраний метод вимірювання на основі тензодатчиків оскільки вони розповсюджені, мають високу точність, та можуть встановлюватися на будь який автотранспорт.

При виборі апаратної бази дотримувалися наступні вимоги: невисока собі вартість, доступність, універсальність та зручність використання. Тому було вирішено використовувати Arduino NANO на базі мікроконтролера ATmega328P-PU.

При розробці приладу на основі існуючого аналого було виявлено, що існуюча конструкція має надмірну апаратну базу. Однак завдяки мінімізації апаратна база була зменшена приблизно в п'ять разів. Хоча зменшилась максимальна кількість датчиків але дана проблема вирішується завдяки модульності пристрою, що не тільки дозволяє збільшувати кількість датчиків, а також дає широкий простір для модернізації.

Завдяки використанню імпульсного регулятора напруги LM2596S-ADJ стало можливе встановлення на транспортний з будь якою напругою роботи мережі транспортного засобу.

					<i>ЕЛІТ 6.171.00.10.523 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						49
	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>		

А використання модуля НХ711 дозволило забезпечити велику точність вимірювання завдяки високому коефіцієнту підсилення, що дозволяє використовувати різні тензодатчики.

Розроблений пристрій габаритно-вагового контролю автомобіля можна охарактеризувати наступним чином: простий, доступний, універсальний.

					<i>ЕЛІТ 6.171.00.10.523 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						50
	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>		

## 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.

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 6.171.00.10.523 ПЗ	Лист
						52
	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.

### 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>Сагун 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; FOOOCF<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. Такій 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, розміщуються сталеві пластини і вибухова речовина, яка при попаданні снаряда детонує, руйнуючи пластини динамічного захисту, осколки яких руйнують і саму кумулятивну струмінь, змінюючи напрямку 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.

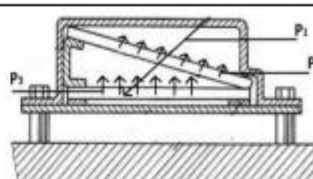


Рис. 1 – Конструкція динамічного захисту

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**

