

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ

Кафедра мікроелектроніки та електроніки інформаційних систем
(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота (проєкт)

магістр

(рівень вищої освіти)

на тему "Дослідження та розробка пристрою автоматичного вимірювання навантаження на вісь вантажного автомобіля"

Виконав: студент 2 курсу, групи 8.1719-3 спеціальності 171 "Електроніка"
(код і назва спеціальності)

спеціалізації
(код і назва спеціалізації)

освітньої програми електроніка
(назва освітньої програми)

С.В. Лащенко
(ініціали та прізвище)

Керівник доц. каф. МЕЕІС, д.т.н. Алексієвський Д.І.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент Шершов С.А. заст. дир.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

ПП НВКФ "Екотех"

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерний навчально-науковий інститут _____
Кафедра МЕЕІС
Рівень вищої освіти магістр
Спеціальність 171 "Електроніка"
(код та назва)
Спеціалізація _____
(код та назва)
Освітня програма електроніка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____
« 07 » 09 2020 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ПРОЄКТ) СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

Лащенко Сергію Вікторовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

- Тема роботи (проєкту) "Дослідження та розробка пристрою автоматичного вимірювання навантаження на вісь вантажного автомобіля"
керівник роботи Алексієвський Д.Г., д.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом ЗНУ від «25» 05 2020 року № 601 - с
- Строк подання студентом роботи 30.11.2020р.
- Вихідні дані до роботи Напряг живлення бортової мережі 24В. Максимальна вага вимірювання 20т. Похибка вимірювань 1%.
- Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Аналіз проблеми, синтез мат. моделі, розробка пристрою, екологічна частка,
- Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
1) Аналіз проблеми та постановка завдання; 2) синтез моделі об'єкту вимірювань; 3) розробка пристрою вимірювання; 4) математичне моделювання; 5) реалізація моделі на ПК; 6) схема електрична принципова; 7) розробка друкованої плати; 8) розрахунок захисного заземлення; 9) Екологічна частка.

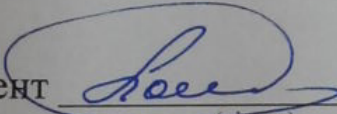
6 Консультанти розділів роботи

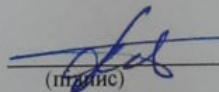
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Алексієвський Д.Т. доц. каф. МББІС	07.09	21.09
2	Алексієвський Д.Т. доц. каф. МББІС	09.09	9.10
3	Алексієвський Д.Т. доц. каф. МББІС	07.09	19.10
4	Алексієвський Д.Т. доц. каф. МББІС	07.09	2.11
5	Алексієвський Д.Т. доц. каф. МББІС	07.09	16.11

7 Дата видачі завдання 07.09.2020

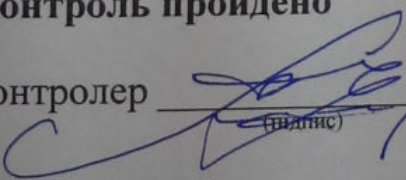
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
	Розробка розділу 1	21.09.2020	
	Розробка розділу 2	09.10.2020	
	Розробка розділу 3	19.10.2020	
	Розробка розділу 4	2.11.2020	
	Розробка розділу 5	16.11.2020	
	Розробка графічної частини	23.11.2020	

Студент  С.В. Демченко
(підпис) (ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проєкту)  Д.Т. Алексієвський
(підпис) (ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер  К.О. Турчишів
(підпис) (ініціали та прізвище)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота: 72 стор., 26 рис., 5 табл., 12 джерел.

Ціль роботи: дослідити методи та виявити недоліки вимірювання навантаження на вісь вантажного автотранспорту.

Метою роботи є розробка нового вимірювального приладу, у якому буде вирішено проблеми з точністю вимірювань.

Результати математичного моделювання показали, що розроблений алгоритм роботи функціонує адекватно.

МІКРОКОНТРОЛЕР, ДАТЧИК ТИСКУ, ТЕНЗОДАТЧИК, ДИСИПАТИВНІ ЗВ'ЯЗКИ, МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ, ОБЧИСЛЮВАЧ, УСЕРЕДНЮВАЧ, ДРУКОВАНА ПЛАТА, КОНТУР ЗАЗЕМЛЕННЯ, МАТРИЦЯ ВІДПОВІДАЛЬНОСТІ, СІТКОВИЙ ПЛАН.

ЗМІСТ

Зміст	5
Вступ.....	7
1. Аналіз проблеми та постановка завдання	8
1.1. Вимоги ПДР до перевезення вантажу.	8
1.2. Особливості і методи повісного зважування	9
1.3. Бортова система зважування.....	13
1.4. Сімейство мікроконтролерів STM32	16
1.4.1. Загальні відомості про STM32 мікроконтролери.....	16
1.4.2. Історія створення мікроконтролерів STM32	18
1.4.3. Особливості мікроконтролерів STM32	19
1.5. Датчики тиску	23
1.6. Тензодатчики	27
1.6.1. Види і сфера використання.	27
2. Аналіз об'єкту вимірювання.....	31
2.1. Синтез моделі механічної системи	31
2.2. Синтез обчислювача маси.	35
3. Моделювання.....	41
3.1. Реалізація моделі на ПК	41
3.2. Результати моделювання.....	42
4. Розробка пристрою.....	45
4.1. Розробка пристрою.	45
4.2. Охорона праці при випробуваннях.....	45
4.2.1. До роботи інженером-електроніком допускається особа:	45

4.2.2. Інженер-електронік відповідає за:	46
4.2.3. Інженер-електронік зобов'язаний:	46
4.2.4. Вимоги безпеки перед початком роботи	48
4.2.5. Перед початком роботи інженер-електронік повинен:.....	48
4.2.6. Забороняється допускати до роботи	48
4.2.7. Вимоги безпеки під час виконання роботи	48
4.2.8 Вимоги безпеки після закінчення роботи.....	49
4.2.9. Захисне заземлення.....	50
4.2.10. Розрахунок заземлення	53
5. Економіка.....	57
5.1. Робоча структура проекту WBS.....	60
5.2. Організаційна структура проекту – OBS.....	61
5.3. Структура затрат проекту – CBS	61
5.4. Система кодування проекту	63
Висновки	68
Список використаних джерел.....	69
Додатки	70

ВСТУП

На теперішній час посилюються вимоги контролю до відповідності вантажу вантажного транспорту [1]. Визначення ваги вантажу за допомогою існуючих технічних засобів має певні недоліки, головним з яких є затрата часу для здійснення процедури вимірювання. Головним чином це пов'язано з тим, що завантаження та вимірювання відбувається на різних технологічних об'єктах. Це відповідно ускладнює дозування вантажу.

Перспективним напрямком подолання цієї проблеми є застосування процедури вимірювання безпосередньо на самому об'єкті. Але це призводить до ускладнення технології завантаження, потребує наявності вимірювача ваги на ділянці завантаження вантажу.

Головною ідеєю розробки є технологія вимірювання безпосередньо на автомобілі. Дана технологія передбачає розміщення датчиків ваги на вузлах підвіски транспортного засобу з послідуною обробкою даних за допомогою мікропроцесорної техніки.

Проводячи моніторинг ринку мікроконтролерів, можна виділити сімейство STM32. За критеріями вартості та функціоналу ці мікроконтролери є лідерами в побудові вимірювальних пристроїв [2].

Система бортового контролю ваги тягача та причепу дозволяє рівномірно навантажувати транспортний засіб для безпечного перевезення вантажу, а також уникати штрафів за перевантаження.

Переваги даного обладнання:

- вимірювання загальної ваги, окремо ваги по вісям, ваги вантажу;
- підключення як до пневмопідвіски, так і до ресорної, або комбіноване рішення;
- тривога при загальному перевантаженні, чи при перевантаженні конкретної вісі [3].

1. АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

1.1. Вимоги ПДР до перевезення вантажу.

Маса вантажу, що перевозиться, і розподіл навантаження на осі не повинні перевищувати величин, визначених технічною характеристикою даного транспортного засобу.

За спеціальними правилами здійснюється дорожнє перевезення небезпечних вантажів, рух транспортних засобів та їх составів у разі, коли хоч один з їх габаритів перевищує за шириною 2,6 м (для сільськогосподарської техніки, яка рухається за межами населених пунктів, дорогами сіл, селищ, міст районного значення, - 3,75 м), за висотою від поверхні дороги - 4 м (для контейнеровозів на встановлених Укравтодором і Національною поліцією маршрутах - 4,35 м), за довжиною - 22 м (для маршрутних транспортних засобів - 25 м), фактичну масу понад 40 т (для контейнеровозів - понад 44 т, на встановлених Укравтодором і Національною поліцією для них маршрутах - до 46 т), навантаження на одиночну вісь - 11 т (для автобусів, тролейбусів - 11,5 т), здвоєні осі - 16 т, строєні - 22 т (для контейнеровозів навантаження на одиночну вісь - 11 т, здвоєні осі - 18 т, строєні - 24 т) або якщо вантаж виступає за задній габарит транспортного засобу більш як на 2 м.

Осі слід вважати здвоєними або строєними, якщо відстань між ними (суміжними) не перевищує 2,5 м.

Рух транспортних засобів та їх составів з навантаженням на одиночну вісь понад 11 т, здвоєні осі - понад 16 т, строєні осі - понад 22 т або фактичною масою понад 40 т (для контейнеровозів - навантаження на одиночну вісь - понад 11 т, здвоєні осі - понад 18 т, строєні осі - понад 24 т або фактичною масою понад 44 т, а на встановлених Укравтодором і Національною поліцією для них маршрутах - понад 46 т) у разі перевезення подільних вантажів автомобільними дорогами забороняється.

Забороняється рух транспортних засобів з навантаженням на вісь понад 7 т або фактичною масою понад 24 т автомобільними дорогами загального користування місцевого значення.[1]

1.2. Особливості і методи повісного зважування

Зважування вантажних автомобілів - один з перспективних напрямків розвитку ваговимірювальної техніки, що забезпечує вимір маси транспортних засобів в різних галузях промисловості і сільського господарства для комерційного обліку сировини або готової продукції.

Вибираючи вагове обладнання для зважування вантажного автотранспорту, в першу чергу необхідно визначитися для яких цілей воно необхідне. За цільовим призначенням автомобільні ваги підрозділяють на два типи:

- 1) для комерційного обліку перевезених вантажів.
- 2) для вимірювання осьових навантажень та завантаженості транспортного засобу.

1.2.1. Коли необхідне повісне зважування?

Повісне зважування автомобілів здійснюється з метою визначення загальної маси транспортного засобу і вимірювання осьових навантажень, що передаються на дорожнє полотно, і перевірки їх відповідності встановленим нормам.

Інтенсивність руху по транспортних магістралях і обсяг вантажоперевезень зростає щорічно. З точки зору ПДР експлуатація автотранспортного засобу з порушеннями вагогабаритних параметрів може привести до його передчасного зносу і деформації, виникнення аварійної ситуації на дорозі. Транспортні засоби, що мають перевантаження по масі, в більшій мірі розбивають асфальтове покриття автомобільних доріг.

На сьогоднішній день штрафи за перевищення загальної маси або осьового навантаження залишаються надмірно високими. Попередити перевантаження легше, ніж оскаржити порушення і домогтися скасування штрафу. Автомобільні ваги дозволяють контролювати оптимальне завантаження транспортного засобу з дотриманням параметрів по загальній масі і осьовим навантаженням відповідно до вимог чинного законодавства, а це особливо актуально в світлі останніх змін розмірів штрафів за порушення вимог Міністерства транспорту.

Основна вимога до автоматичних пристроїв для вимірювань маси транспортних засобів у русі, полягає в забезпеченні відповідності характеристик ваг обов'язковим метрологічним вимогам, встановленим у нормативних документах до даного вагового устаткування. Доповнюють і уточнюють вимоги характеристики з опису типу на конкретну модифікацію ваг.

1.2.2. Методика повісного статичного зважування.

При повісному зважуванні в статиці вимірювання навантаження на вісь виконується методом прямих одночасних або послідовних вимірювань кожної осі транспортного засобу при повній його зупинці на вантажо-приймальній платформі, а повна маса автомобіля визначається підсумовуванням всіх показників осьових навантажень. Метод одночасного повісного зважування дорожчий і тривалий за часом. Одночасно під усіма осями автомобіля повинні відповідно перебувати пари вагових платформ, при цьому платформи переміщуються згідно мінливих міжосьовим відстаням кожного нового транспортного автомобіля. В процесі вагового контролю методом послідовного повісного зважування на стаціонарних вагах по черзі фіксуються величини осьових навантажень. В результаті ми отримуємо ряд значень навантажень на кожен з осей.

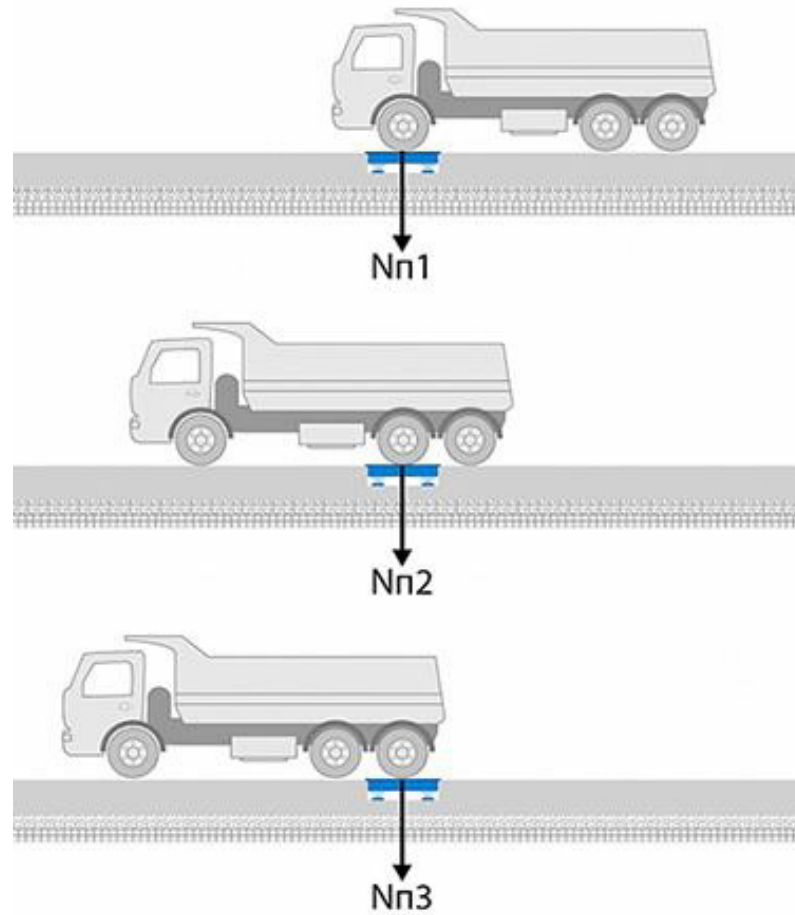


Рис. 1.2.1. Метод послідовного повісного зважування

При послідовному наїзді на вагову платформу кожної з осей автомобіля на похибку устаткування впливають ряд факторів: тип підвіски, перепад висот зони зважування, положення центра ваги вантажу і перерозподіл навантажень на осі при переміщенні АТС в процесі вимірювань.

1.2.3. Область застосування ваг для зважування вантажівок в русі.

На великих промислових майданчиках, розподільних центрах вантажоперевізників, будівництвах і магістралях для вимірювання маси вантажу застосовується обладнання для зважування в русі. Інтенсивність і обсяги перевезення вантажів на таких об'єктах мають потребу в максимальній швидкості обробки результатів вимірювань. Суміщення процесів зважування та руху об'єктів дає можливість визначати вагові параметри при безперервному потоці автомобілів. Зважування

автотранспорту в цьому випадку дає можливість оцінити вантажопотік в цілому і забезпечити контроль за оптимальним розподілом навантаження по осях при русі по дорогах загального користування, згідно з нормами чинного законодавства.

1.2.4. Методика повісного зважування вантажного автотранспорту в русі.

В процесі вагового контролю на автомобільних вагах при зважуванні в русі по черзі фіксуються величини осьових навантажень. В результаті ми отримуємо ряд значень навантажень на кожну з осей. Якщо підсумувати ці дані, ми отримаємо лише орієнтовний результат. І це не прямі, а непрямі виміри, які повинні проводитися в суворій відповідності до затверджених методик.

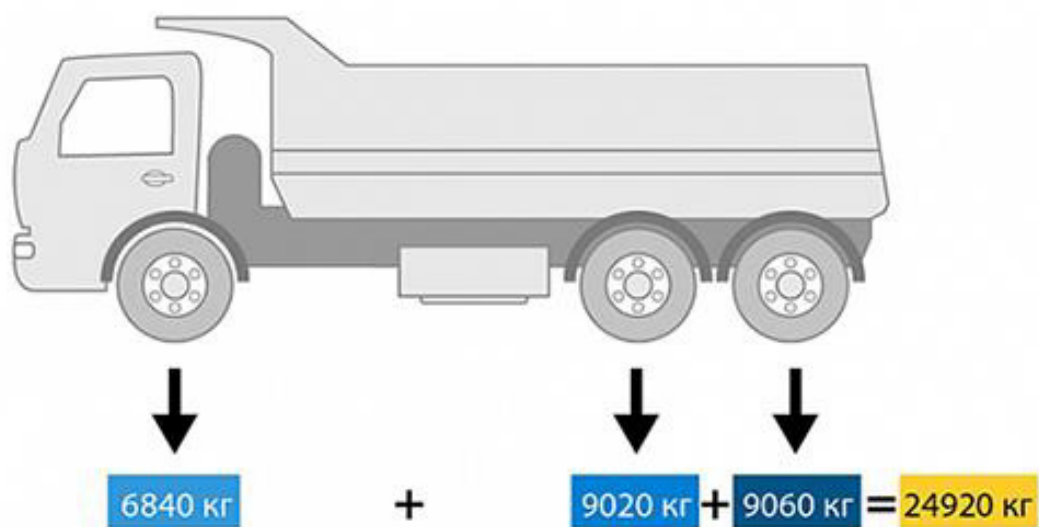


Рис. 1.2.2. Метод повісного зважування в русі

Точність такого результату буде залежати від ряду параметрів: повної маси автомобіля і кількості осей, довжини транспортного засобу і конструктивних особливостей підвіски; характеристик під'їзних шляхів; похибки самого використовуваного ваговимірювального засобу та його

програмного забезпечення; якості роботи персоналу, задіяного в процесі вимірювань.

Для отримання достовірних результатів повісного зважування необхідно проводити, суворо дотримуючись вимог інструкції з експлуатації ваг і методик виконання вимірювань [10].

1.3. Бортова система зважування

Установка ваг на вантажний автомобіль дозволяє визначити вагу вантажу, що перевозиться і правильного розподілу вантажу по осях автомобіля, таким чином з'являється можливість контролювати осьові навантаження.

Бортові системи зважування автомобіля необхідні з наступних причин:

- 1) Посилення контролю за перевантаження вантажних автомобілів;
 - 2) Установка державними службами вагових контрольних пунктів «Ваговий контроль»;
 - 3) Підвищення штрафів за перевантаження (загальна вага вантажного автомобіля і осьові навантаження);
 - 4) Можливість контролю ваги при завантаженні / розвантаженні вантажного автомобіля;
 - 5) Виняток необхідності встановлення стаціонарних або підкладних терезів;
 - 6) Точність системи бортового зважування - від 1 до 2,5% від загальної ваги автомобіля;
- Існують два найпоширеніші варіанти установки системи бортового зважування на автомобілі:
- 7) З використанням тензометричних датчиків;
 - 8) З використанням датчиків тиску.

Бортові системи зважування автомобілів встановлюється на такі типи підвіски:

- механічна;
- пневматична;
- гідравлічна.

Системи бортового зважування автомобілів мають наступний функціонал:

- Передача інформації про загальну вагу вантажу і осьові навантаження на дисплей вагового контролера;
- Друк чека з результатами зважування;
- Передача даних в режимі реального часу через термінал моніторингу (GPS) на пульт диспетчера або власника транспортного засобу.

Системи бортового зважування монтуються в:

- Ваги для довгомірів;
- Ваги для самоскидів;
- Ваги для причепів;
- Ваги для автопоїздів.

Застосування бортової системи зважування, спільно з системами GPS / GSM моніторингу має ряд переваг, а саме:

- Зручний контроль рівня завантаження на дисплеї бортового вагового контролера;
- Моніторинг недовантаження автомобіля (особливо актуально при перевезенні дорогих вантажу);
- Відсутність штрафів за перевантаження (тому що навантаження здійснюється в рамках дозволених обмежень);
- Захист транспортного засобу від передчасного зносу, пов'язаного з перевантаженням або нерівномірним завантаженням;
- Проста установка на автотранспорт з будь-яким типом підвіски;

- Вимірювання ваги будь-яких вантажів (рідких, сипучих, негабаритних і ін.);
- Вимірювання маси нетто (всередині кузова);
- Можливість фіксації інформації накопичувальним підсумком і передачі даних про кількість перевезеного або навантаженого вантажу за певний період для загальної звітності;
- Можливість роздрукування результатів зважування на борту транспортного засобу за допомогою портативного принтера;
- Економія часу (немає необхідності зважуватися на стаціонарних вагах);
- Більш низька вартість (у порівнянні зі стаціонарними і підкладним вагами);
- Висока точність вимірювань і робота в умовах критичних температур.

Як працює система вагового контролю автомобіля?

Принцип дії бортових ваг для вантажівок побудований на використанні даних від датчиків, які фіксують зміни, що відбуваються в підвісці. Ці дані використовуються для калібрування системи зважування та подальшого вимірювання навантаження (ваги) на осі транспортних засобів. Найбільш доцільне використання бортових систем зважування автомобілів для 3-х основних категорій вантажів:

- Сипучих вантажів (щебінь, пісок, керамзит і ін.);
- Необробленого лісу і пиломатеріалів;
- Промислового і побутового сміття.

1.4. Сімейство мікроконтролерів STM32

Однокристальні мікроконтролери знаходять широке застосування в найрізноманітніших сферах: від вимірювальних приладів, фотоапаратів і відеокамер, принтерів, сканерів і копіювальних апаратів до виробів електронних розваг і різноманітної домашньої техніки.

Перші мікроконтролери з'явилися в 70-х роках минулого століття, з того часу найбільше поширення отримали 8-бітні мікроконтролери, розробка 32-х розрядних затяглася на довгі роки. Ситуація змінилася з бурхливим розвитком мікропроцесорної архітектури ARM. Проста й дешева у виготовленні, вона стала широко використовуватися у вбудованих пристроях.

Мікроконтролери ARM Cortex-M стали сьогодні одними із самих популярних процесорів, застосовуваних при розробці й виготовленні електронної техніки. Висока обчислювальна потужність, широкий набір периферії й низька вартість роблять ці пристрої привабливими для самого широкого кола розробників. При цьому кожний бажаючий може вибрати найбільш підходящий варіант для розв'язку конкретного завдання. Виробники пропонують величезну кількість різноманітних мікросхем, загальним для яких залишається тільки процесорне ядро.

1.4.1. Загальні відомості про STM32 мікроконтролери

Процесори ARM використовуються в різноманітних пристроях. Використання RISC-архітектури (архітектура зі скороченим набором команд) дозволило ARM створювати ядра з малою кількістю транзисторів, що позитивно вплинуло на енергоспоживання та ціну. Широке поширення даної архітектури обумовлено тим, що компанія ARM займається тільки проектуванням процесорів та продає ліцензії на використання технології третім фірмам. При цьому гарантується сумісність коду на рівні інструкцій процесора, тобто один і той же код буде працювати на мікроконтролерах

різних виробників. Однією з таких компаній є STMicroelectronics, її сімейство STM32 засноване на архітектурі Cortex-M.

Загалом ARM працює в трьох напрямках:

- А («Application»)– Ядра для класичного застосування
- R («Real-Time») – Ядра для вбудованих систем, працюючих у режимі реального часу.
- M («Microcontroller»)– Ядра для мікроконтролерів

В свою чергу досліджувана Cortex-M поділяється на підсімейства:

Cortex-M0 – позиціонуються в якості заміни 8-ми розрядних моделей, в основі лежить архітектура ARMv6-M. Використовуються набір команд Thumb (16-розрядні) та деякі команди з більш сучасного набору Thumb2. Це дуже спростило процесор при невеликій втраті потужності. Швидкодія ядра складає 0.84 DMIPS/МГц (DMIPS – кількість операцій за секунду (MIPS) виконаних в синтетичному тесті Dhrystone).

Cortex-M1 – реалізований лише у вигляді програмної моделі, призначений для використання в програмованих логічних матрицях.

Cortex-M3 – найбільш популярний і збалансований варіант. В основі лежить архітектура ARMv7-M, з повним набором команд Thumb і Thumb2. Особливістю є апаратне множення 32-розрядних чисел всього за 1 цикл та ділення, за 2-12 циклів. Енергоспоживання виросло в два рази порівняно з M0, але виросла і потужність – 1.25 DMIPS/МГц

Cortex-M4 – відмінність цього підсімейства від попереднього полягає лише доповненням DSP-інструкціями. Вони дозволяють суттєво прискорити швидкість обробки потокових даних – можна паралельно виконувати чотири операції додавання/віднімання 8-ми розрядних чисел або дві операції множення/ділення 16-розрядних. Також реалізовано множення за один цикл, при цьому для 16-ти розрядних чисел можливе виконання двох операцій паралельно. Це робить вигідним їх використання в системах управління і

обробки інформації. В даному під сімействі є ще одна модифікація Cortex-M4F, яка крім DSP має блок операцій для чисел з плаваючою комою – FPU.

1.4.2. Історія створення мікроконтролерів STM32

Історію розвитку STM32 доцільно розглянути з боку розвитку процесора, оскільки це основна частина МК.

Історія сімейства Cortex-M починається з осені 2003 року, тоді ARM вперше використало слово «Cortex». Першим представником нового сімейства M став Cortex-M3, оснований на архітектурі ARMv7-M, він має потужність 1.25 DMIPS/МГц. Цим ARM підкреслила свою направленість на розробку дешевої, якісної та потужної продукції. Дешевим цей процесор зробило використання порівняно невеликої кількості транзисторів та простота виготовлення. STMicroelectronics заявила про продаж 32-розрядних контролерів STM32F100C4T6B на ядрі M3 за ціною всього 0.99\$. Енергоживлення процесорів складає 0.19 мВт/МГц

В 2009 році з'явився Cortex-M0 – дешевий 32-розрядний процесор з низьким рівнем енергоспоживання та невеликою кількістю виводів. Він призначений для використання в тих пристроях, де потужності 8-ми та 16-ти бітних процесорів вже не вистачало. Процесор добре зарекомендував себе в медіа-програвачах, цифрових камерах, побутовій апаратурі.

Через рік на світ з'явився новий продукт Cortex-M4. Цей потужний високоефективний 32-розрядний RISC процесор призначений для вирішення задач складної обробки цифрових сигналів в промислових та вбудованих системах.

STMicroelectronics почала випуск мікроконтролерів Cortex-M3 2007 року. Вона швидко стала домінуючим виробником в цій ніші.

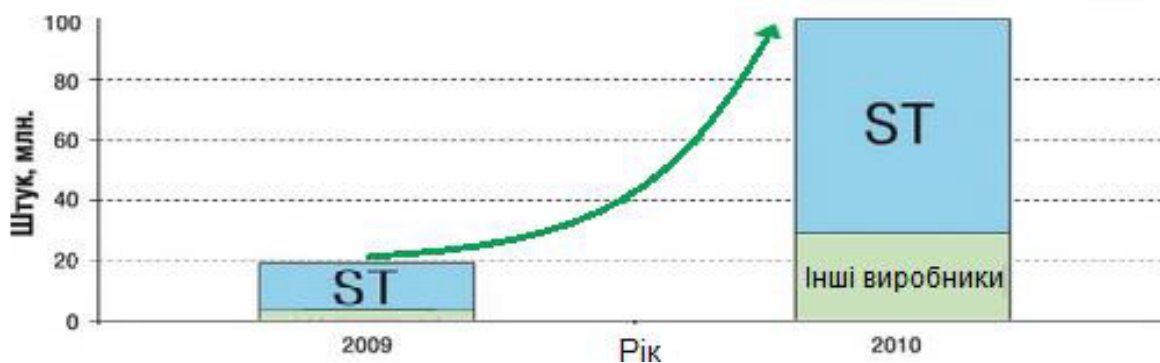


Рис. 1.4.1. Продажі мікроконтролерів на ARM Cortex-M3 у світі [5].

1.4.3. Особливості мікроконтролерів STM32

Повністю 32-бітна архітектура: усі регістри 32-бітні, арифметичні операції працюють із 32-бітними даними; множення $32 \times 32 \rightarrow 32$ виконується за 1 такт, ділення — за 2-12 тактів. Завдяки цьому CM3 за той же час встигає зробити більше, ніж 8-ми та 16-бітні МК.

Велика кількість (від 16) регістрів загального призначення, характерне для архітектури RISC. Оскільки регістри працюють на частоті процесора, а RAM — на меншій, завжди переважніше працювати з даними в регістрах, а чим їх більше, тим довше можна обійтися без використання RAM. Тут змагатися з CM3 можуть хіба що AVR.

Відмінна підтримка режимів енергозбереження. Можна відправити в режим сну як увесь МК, так і окремі його підсистеми.

24-бітний таймер SysTick. Цей таймер без ШИМ, зате 24-бітний: можна задавати інтервал спрацьовування в широких межах, не особливо затруднюючись. Саме те для організації кінцевих автоматів і планувальника RTOS.

Повноцінне налагодження по JTAG або SWD навіть на молодших кристалах. Повноцінна — означає, можна ставити точки зупинки (breakpoints), переглядати вміст змінних і регістрів, виконувати програму покроково.

NVIC — Nested Vectored Interrupt Controller. Контролер переривань, який підтримує до 240 переривань на всі випадки життя, до 256 їх пріоритетів, і забезпечує швидку реакцію на переривання.

Контролера DMA — Direct Memory Access. Дуже корисна річ — дозволяє периферії (UART, SPI, I2C та ін.) читати/писати дані в RAM без участі МК. Тобто, можна дати завдання контролеру DMA зчитати в зазначений буфер 100 байт по SPI, і це завдання буде виконуватися в фоні, не завантажуючи МК.

Висока щільність коду. Для більшості нескладних проектів розмір коду буде меншим, чим для багатьох інших МК. Це досягається за рахунок спеціально розробленого для цих цілей набору інструкцій Thumb-2.

Загальна орієнтованість набору інструкцій на компілятори C — наприклад, наявність команд для табличних переходів (для switch/case), бітових маніпуляцій, умовного виконання інструкцій. Усе це призводить до більш ефективної оптимізації коду компіляторами C, а значить і до більш високої швидкості роботи.

Хороші засоби розробки: компілятор та середовище розробки Keil від ARM Limited, IAR Embedded Workbench for ARM, зв'язка компілятора GCC і Eclipse IDE. Для користувачів Windows є зовсім проста у використанні CoIDE на базі GCC + Eclipse. Варіації з Eclipse найкращі, тому що в ній є підтримка всього, що потрібно для зручного програмування: підсвічування синтаксису, розумне автодоповнення й автозавершення коду, спливаючі підказки з коментарями до функцій і змінних та ін.

Було розглянуто особливості Cortex-M3 взагалі, а тепер розглянемо STM32, зокрема STM32F10x, які мають ряд своїх особливостей, по-перше це багата периферія:

Декілька багатоканальних швидкісних 12-бітних АЦП, до мільйона вимірів у секунду, режим безперервного вимірювання.

Двоканальний ЦАП, що вміє працювати в 8-мі й в 12-бітному режимах.

12-канальний контролер DMA, обслуговує до 12 запитів, має 4 рівня пріоритетів, незалежні розміри блоків даних для приймання й передачі (8, 16 і 32 біта), підтримка кільцевого буферу, передача даних у режимах пам'ять>пам'ять, пам'ять>периферія, периферія>пам'ять і периферія>периферія.

Декілька 16-бітних таймерів з довільними дільниками (не тільки степені двійки, як в AVR), які вміють генерувати переривання по переповненню, по порівнянню, генерувати ШИМ, вимірювати довжину й число вхідних імпульсів, запускати ЦАП, і навіть автоматично рахувати імпульси з енкодерів та датчиків Холла.

NVIC, крім усього іншого, підтримує до 20 переривань від зовнішніх джерел.

Модуль RTC (Real-Time Clock) — годинник реального часу з лічильником і будильником.

FSMC — Flexible Static Memory Controller. Забезпечує прозорий доступ до декількох видів пам'яті — SRAM, ROM, NOR Flash, NAND Flash, PSRAM і 16-бітних PC Card-сумісних пристроїв.

SDIO — Secure Digital I/O interface. Виконує велику частину роботи із читання/запису на карти пам'яті MMC і SD, що дає можливість легко й просто прикрутити підтримку FAT і повноцінно працювати з файлами на картах.

USB. Повна підтримка стандарту USB 2.0 Full-speed, до 8 ендпоінтів.

USB OTG (On-The-Go). Ця технологія дозволяє зв'язувати usb-пристрої з її підтримкою без участі хоста — наприклад, цифрову камеру із принтером.

Ethernet. Можна зв'язуватися з ПК по локальній мережі. Із зовнішнім PHY-мікросхемою можна отримати 10/100 Мбіт/с.

Шина I2S — шина цифрового зв'язку аудіо-пристроїв.

I, звичайно, стандартний набір: UART, SPI, I2C, CAN.

По-друге, в STM32 дуже гарно структурована документація:

Один Reference manual з описом усієї периферії на всю лінійку STM32F10x

Докладна документація по кожній окремій серії МК — розпіновка, корпуси, найменування й т.п.

Пристойна кількість аппноутів (Application Notes) — рекомендацій із застосування: правильний вибір джерела тактування, живлення, приклади роботи з LCD, Sd-Картами, RTC і багато чого іншого.

По-третє, сумісність — і по розташуванню ніг на кристалі, і по коду. Тобто, якщо не вистачає продуктивності, Flash, RAM або периферії, то можна без модифікації коду й без переробки плати просто поставити на плату потужніший МК з тією ж кількістю ніг.

По-четверте, ціна. Самий молодший контролер із серії — STM32F100C4T6B — можна купити за 1-2 \$, при цьому він має 48 ніг, 16 КБ Flash, 4 КБ SRAM і може працювати на частоті 24 МГц, ну й UART-и та інші інтерфейси в наявності. Переваги STM32 наглядно можна побачити з порівняльної таблиці 1.1.

Ще одна цікава функція — перепризначення виводів. Вона дозволяє перепризначити виводи периферії зі звичайних на альтернативні, теж фіксовані — втім, це не применшує цінності даної функції: наприклад, для USART1 можна перепризначити TX з PA9 на PB6 [5].

Таблиця 1.1

Порівняльна таблиця параметрів розповсюджених мікроконтролерів

Параметр	STM32 F100C4T6B	ATmega 48PA-PU	ATtiny 13A-SSU	PIC16 F505-I/SL
Середня ціна*	36 грн.	60 грн.	24 грн.	27 грн.

Обсяг флеш пам'яті (ROM, пам'яті програм)	16 кБайт	4 кБайта	1 кБайт	1 кБайт
Обсяг оперативної пам'яті (RAM, пам'яті даних)	4096 Байт	512 Байт	64 Байта	72 Байта
Тактова частота	24 МГц, 30 DMIPS	20 МГц	20 МГц	20МГц
Ліній введення/виведення	37	23	6	12
АЦП	16-каналів 12-біт	8-каналів 10-біт	4-каналу 10-біт	0
ЦАП	12-бітний	0	0	0
USART	2	1	0	0
SPI	1	1	1	0
I2C	1	1	0	0
Кількість таймерів	5	3	1	1
DMA	7 каналів	0	0	0

1.5. Датчики тиску

Датчики тиску, або перетворювачі тиску - є одними з найпоширеніших датчиків для вимірювання фізичних величин. Вони використовуються в різних галузях – від медицини та метеорології до промисловості, енергетики і систем озброєнь.

Для вимірювання тиску рідин та газів існують різні способи. Найбільш поширеним в промислових датчиках є спосіб вимірювання деформацій пружного елемента під дією сили тиску. Для розділу робочого та зовнішнього середовища використовуються пружні циліндричні мембрани, на які нанесені чутливі до мікродеформацій елементи. Під дією різниці тисків в середовищах перед мембраною та за нею, відбувається її деформація, яка призводить до зміни електричних характеристик чутливого елемента. Електричний сигнал чутливого елемента перетворюється модулем електроніки в нормований аналоговий або цифровий сигнал.

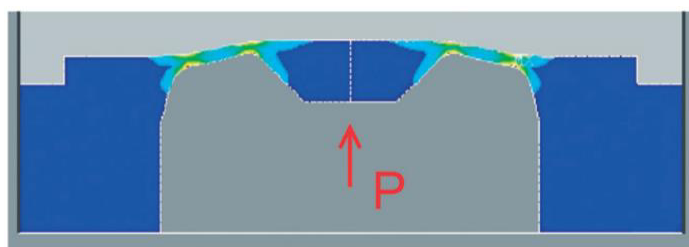


Рис. 1.5.1. Деформація мембрани з жорстким центром під дією тиску [6]

В датчиках абсолютного тиску відбувається вимірювання деформації мембрани, яка розділяє вимірюване середовище і камеру з нульовим тиском. В датчиках відносного тиску вимірюються деформації мембрани, яка розділяє робоче та зовнішнє середовище. Для того, щоб залежність деформації від тиску була більш лінійною, центр мембрани роблять потовщеним (рис. 1.4.1).

Найбільш поширеними серед промислових перетворювачів тиску є технології, які використовують чутливі до мікродеформацій п'єзорезистивні сенсори, тонкоплівкові тензорезистивні сенсори на сталі і товстоплівкові сенсори на кераміці. П'єзорезистивні датчики є досить популярними, але значно кращу стабільність мають датчики з тензорезистрами.

Існують різні технології нанесення чутливих елементів на мембрану – від дифузійного до приклеювання. Зазвичай, 4 чутливі елементи наносяться в певних місцях на діафрагму і з'єднуються за схемою вимірювального мосту.

Мікродеформація мембрани під дією тиску складає одиниці мікрон, наприклад, 5-6 мкм для перетворювача заводу «Манометр» [6]. Зміна опору тензорезисторів і п'єзорезисторів теж є досить малою, тому важливою складовою датчика є модуль електроніки, який повинен підсилити корисний вхідний сигнал, компенсувати систематичну похибку та забезпечити ефективне фільтрування шуму.

Існують і інші способи вимірювання мікродеформацій, наприклад, індуктивний, ємнісний, резонансний. Резонансний спосіб використовують, наприклад, в перетворювачах Yokogawa, вимірюючи зміну власної частоти коливань пружного елемента під дією тиску. Ємнісний спосіб, при якому поверхня мембрани є однією з обкладинок конденсатора, вже значний час використовується компанією Rosemount [6].

При нанесенні металевих тензорезисторів на мембрану виникають технологічні проблеми, які пов'язані з якістю та стабільністю клею. Крім того, необхідно нанести проміжний шар діелектрика. Рівень технологій при виробництві механоелектричного чутливого елемента, яким є мембрана з тензорезисторами, суттєвим чином визначає такі параметри датчика, як дрейф та довготривала стабільність. Одним з провідних розробників цих технологій є компанія Trafag.

Промислові датчики тиску працюють в середовищах з широким діапазоном температур вимірюваного та оточуючого середовища - 40...+125°C і більше. Зазвичай, точність датчика в технічних характеристиках вказується при температурі +25°C. Для врахування та компенсації похибки від температури застосовується контур температурної компенсації.

Додаткові похибки можуть вносити деформації мембрани від дії агресивного середовища, гідроударів, механічних вібрацій та ударів,

зовнішнього електромагнітного випромінювання. Всі ці похибки мають бути мінімізовані за рахунок матеріалів, механічної конструкції датчика та електронного модуля. В датчиках тиску Trafag для чутливих елементів використовуються пружні мембрани двох типів – керамічні та сталеві. Керамічні сенсори мають меншу ціну, високу стійкість до агресивного середовища, ідеально підходять для низьких тисків. Сталеві сенсори мають більшу стійкість до гідроударів та перевантажень, дуже високу довгочасну стабільність характеристики, стійкість до високих температур середовища [7]

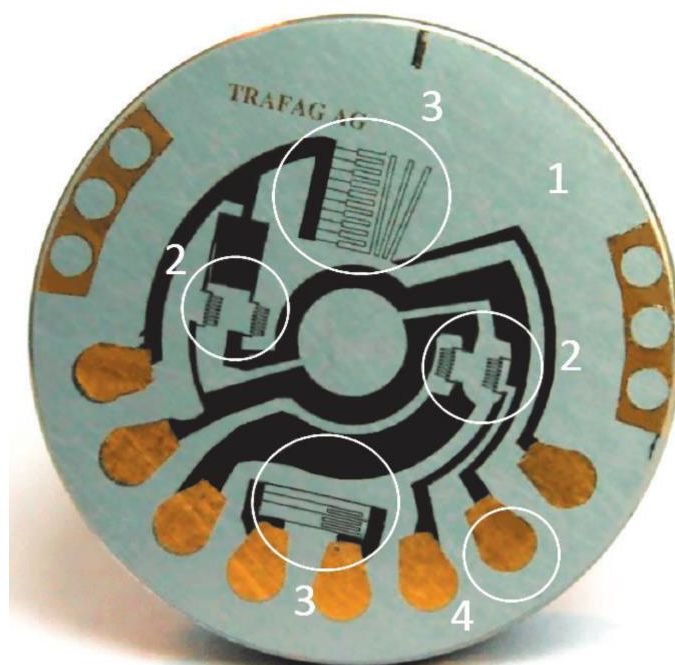


Рис 1.5.2. Чутливий елемент датчика тиску Trafag

Технології Trafag забезпечують нанесення металевих тензорезисторів, як на керамічну мембрану, так і на сталеву, з проміжним шаром діелектрика. Для компенсації похибок від температури, вона вимірюється температурними датчиками, які також наносяться на мембрану.

На (Рис. 1.5.2) зображений чутливий елемент датчика тиску Trafag, який виконаний за тонкоплівковою технологією на металевій мембрані. На мембрану [6] з нержавіючої сталі нанесені чотири тензорезистори [7], які

з'єднуються за схемою вимірювального мосту, елементи контуру компенсації температури, провідники та позолочені контактні площадки [8].

Модуль електроніки розроблений з урахуванням високих вимог до вібро- та ударостійкості. Електричні з'єднання між частинами датчика відбуваються через контактні площадки мембрани та штиркові контакти модуля електроніки без паяних провідників.

1.6. Тензодатчики

Для вимірювання тиску і ваги на виробництві та в побутовій електроніці використовуються тензометричні датчики. Це пристрої, основне завдання яких перетворити механічний вплив в електричний сигнал. У цій статті ми розглянемо, що таке тензодатчик, який у нього принцип роботи і схема підключення.

1.6.1. Види і сфера використання.

При впливі на тіло зовнішніх сил воно деформується, протидіє доданої силі. За рахунок деформацій корпусу датчика відбувається вплив на вимірювальний елемент тензодатчика. В результаті пристрій видає електричний сигнал, зчитуючи який система обробки видає результат вимірювань.

Тензометричні датчики використовуються для:

- Вимірювання ваги. При цьому в залежності від конструкції вимірювального вузла можуть використовуватися на стиск або на розтягнення. Відповідно їх призначення - вимірювання ваги на платформах (наприклад, ваги в магазинах) або на підвісі (крани та інше).
- Вимірювання тиску. Наприклад, в трубопроводах газів і рідких речовин.
- Вимірювання крутного моменту (на двигунах автомобілів або верстатів).
- Визначення прискорення.

- Контролю переміщення.

За типом вимірювального елемента і принципу роботи тензодатчики діляться на:

- Тензорезистивні.
- П'єзоелектричні.
- Оптико-поляризаційні.
- Волоконно-оптичні.
- П'єзорезистивні.

Конструктивні особливості тензодатчика визначає то де він застосовується, адже конструкція визначає наявність монтажних отворів і векторів можливого докладання зусиль, відповідно і самого процесу вимірювання. За формою також тензометричні датчики бувають різних типів:

- Консольні. Призначення таких пристроїв - вимірювання кількості речовин в дозаторах, конвеєрних, платформних, бункерних і підлогових вагах.
- Циліндричні. Застосовуються для зважування вагонів, автомобілів, баків і ємностей - там, де потрібно вимірювати великі ваги.
- S-подібні, спрацьовують на розтягнення, підходять для вимірювання ваги, що піднімається краном і в інших подібних конструкціях.



Рис. 1.6.1. Конструкція тензометричних датчиків:

- а) консольний;
- б) циліндричний;
- в) S-подібний.

На практиці тензометричні датчики можуть виготовлятися в абсолютно різноманітному виконанні.

1.6.2. Принцип роботи.

Для вимірювання тиску або ваги використовується тензодатчик, всі вони видають електричний цифровий або аналоговий електричний сигнал при зміні форми чутливого елемента.

Основа або корпуси бувають різних типів, від цього залежить, куди ви зможете встановити датчик. А також те, в якому напрямку він працює - на стиск, розтяг або на вигин.

У корпусі тензодатчика крім чутливого елемента можуть перебувати і додаткові блоки, наприклад, АЦП, формувачі харчування та ін. Якщо тензометричний датчик цифрової, то і блок для перетворення аналогового сигналу (АЦП). Розглянемо принцип роботи чутливого елемента тензометричного датчика на прикладі тензорезистивного компонента - вони знайшли найбільш широке застосування.

Тензометричний датчик резистивного типу являє собою гнучку плівку або підкладку, на яку нанесений резистивний шар (рис. 1.5.2). Якщо це плівковий датчик - тонке напилення або фольга, якщо дротяний - на гнучкій підкладці розміщено дріт. Напилення або дріт укладаються в звивисту лінію.

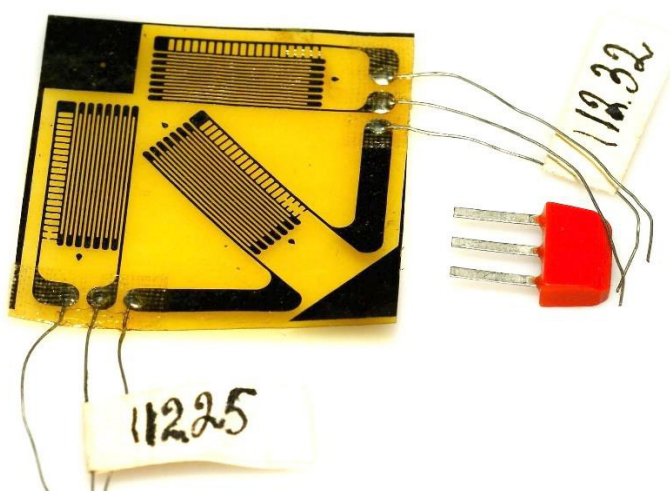


Рис. 1.6.2. Тензометричний датчик резистивного типу.

При механічному впливі на підкладку він згинається, в результаті чого плівка, фольга або дріт розтягується. Відповідно в натягнутому стані змінюється (зменшується) її площа поперечного перерізу і опір збільшується. При зниженні тиску підкладка повертається у вихідне положення, резистивний шар теж, а його опір починає зменшуватися і повертатися до норми.

П'єзоелектричні чутливі органи працюють навпаки. При тиску на п'єзокристал виникає ЕРС, тоді як у п'єзорезистивних датчиків з тонких плівок напівпровідників також змінюється опір.

Ще можна зустріти і ємнісні датчики - це прилади, принцип роботи яких полягає у вимірюванні ємності між гнучкими пластинами. А також електромагнітні пристрої, в яких під впливом на магнітопровід змінюються характеристики контуру [9].

2. АНАЛІЗ ОБ'ЄКТУ ВИМІРЮВАННЯ

2.1. Синтез моделі механічної системи

Розглянемо загальну спрощену схему кінематичної системи.

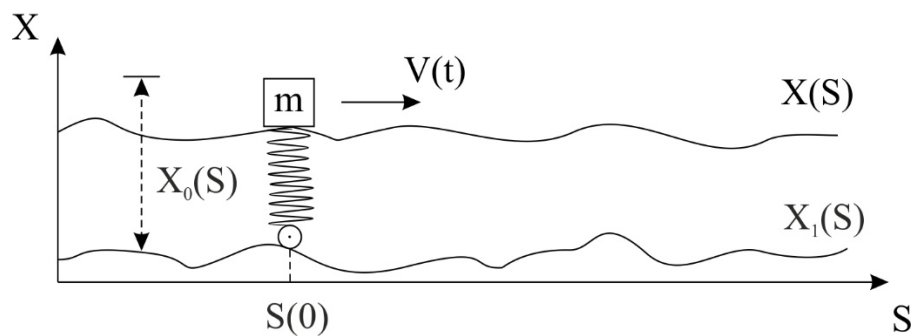


Рис. 2.1.

На рисунку автомобіль з вантажем масою m рухається по дорозі S зі швидкістю $V(t)$ із пункту $S(0)$. Рельєф дороги відповідає положенню вісі автомобіля і описується функцією $X_1(S)$. Вантаж m з'єднаний з віссю пружним зв'язком (пружиною або пневмоподушкою). Під-час руху по нерівній дорозі тіло m здійснює рух у просторі по траєкторії $X(S)$.

Для отримання динамічної моделі необхідно перейти в координати $X(S) \rightarrow X(t)$. Шлях це інтеграл по швидкості

$$S(t) = \int_0^t V(t) dt + S(0) \quad (2.1)$$

Виразу (2.1) відповідає наступна блок-схема:

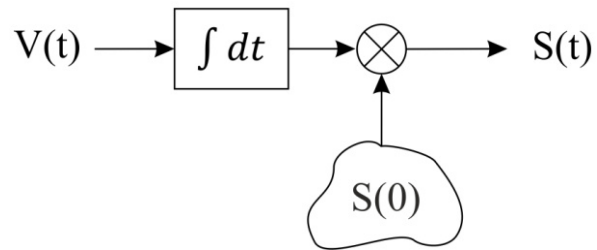


Рис. 2.2.

де $V(t)$ – поточна швидкість руху автомобіля.

З іншої сторони функція $X_1(S)$ задана за умовою (рельєф дороги).
Таким чином, об'єднуючи моделі:

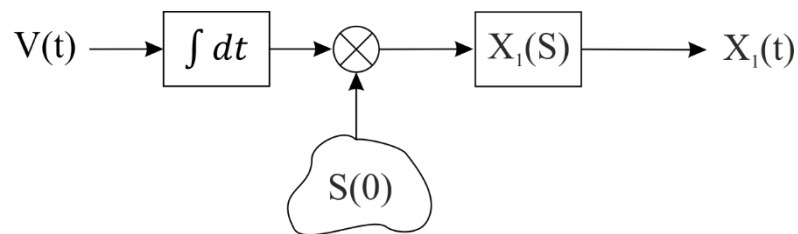


Рис. 2.3.

Отримуємо залежності $X_1(V)$.

Динамічна система описується диференціальним рівнянням 1-го порядку

$$m \frac{dx}{dt} = F_{\text{пружн}} - F_{\text{тяж}}, \quad (2.2)$$

які відображують баланс сил в системі

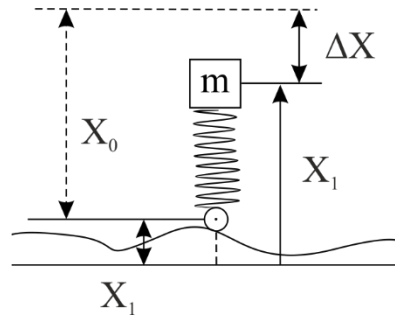


Рис. 2.4.

де: m – маса вантажу;

x_1 – положення вісі (дороги);

x_0 – довжина пружного елемента без навантаження на вісь;

x – положення вантажу відносно нерухомої, у вертикальній площині, системи координат;

$F_{\text{пружн}}$ – сила створювана пружним елементом;

$F_{\text{тяж}}$ – сила тяжіння.

Сила тяжіння визначається

$$F_{\text{тяж}} = mg \quad (2.3)$$

де m – маса;

g – прискорення вільного падіння.

Сила пружного елемента визначається за формулою:

$$F_{\text{пружн}} = k\Delta x \quad (2.4)$$

де k – коефіцієнт пружності пружного елемента;

Δx – деформація пружного елемента див. (рис. 2.4).

Таким чином:

$$\Delta x = x_0 + x_1 - x \quad (2.5)$$

Таким чином сила пружності:

$$F_{\text{пружн}} = k(x_0 + x_1 - x) \quad (2.6)$$

При підстановці (2.6) і (2.3) в (2.2) отримаємо:

$$m \frac{dx_1}{dt} = k(x_0 + x_1 - x) - mg$$

при спрощенні

$$\frac{dx_1}{dt} = \frac{k}{m}(x_0 + x_1 - x) - g \quad (2.7)$$

Приведемо (2.7) в інтегральну форму

$$\int dx = \int \left(\frac{k}{m}(x_0 + x_1 - x) - g \right) dt$$

$$x_1(t) = \int_0^t \left(\frac{k}{m}(x_0 + x_1 - x) - g \right) dt + x_1(0) \quad (2.8)$$

Формулі (2.8) буде відповідати блок-схема (рис. 2.5).

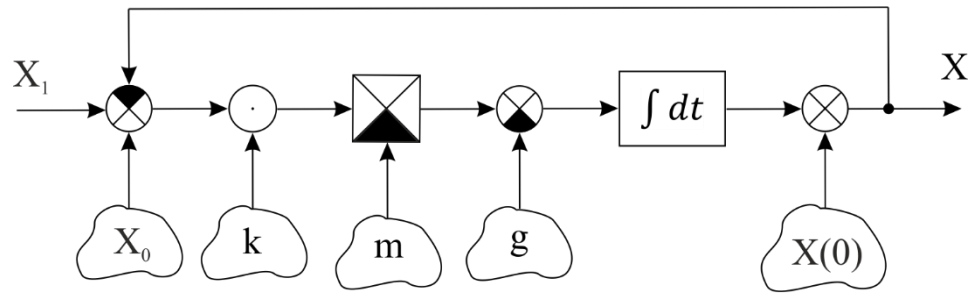


Рис. 2.5

Враховуючи (рис. 2.3) отримаємо загальну модель:

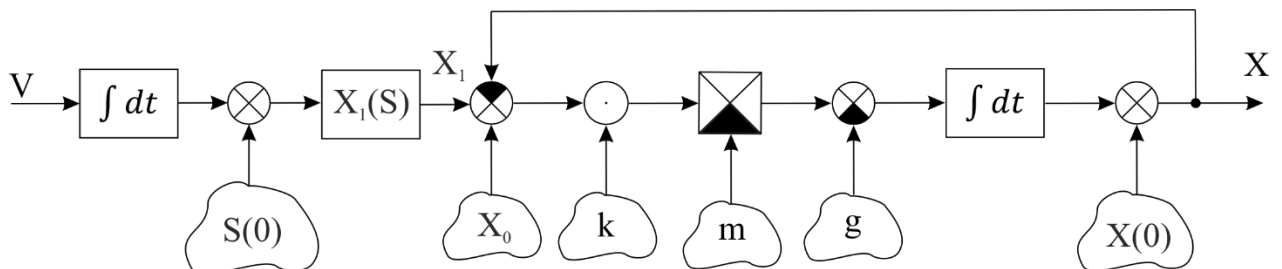


Рис. 2.6.

де $x(0)$ – положення вантажу у початковий момент часу відносно нерухомої, у вертикальній площині, системи координат.

2.2. Синтез обчислювача маси.

Маса може бути розрахована за допомогою диференціального рівняння (2.7):

$$\frac{dx}{dt} = \frac{k}{m}(x_0 + x_1 - x) - g$$

ТАКИМ ЧИНОМ:

$$\frac{dx}{dt} + g = \frac{k}{m}(x_0 + x_1 - x)$$

$$\frac{\frac{dx}{dt} + g}{k(x_0 + x_1 - x)} = \frac{1}{m}$$

$$m = \frac{k(x_0 + x_1 - x)}{\frac{dx}{dt} + g} \quad (2.9)$$

Так як технічно доцільно визначати силу пружного елемента за допомогою датчика тиску, то (2.9) можна записати:

$$m = \frac{F_{\text{пружн}}(t)}{\frac{dx}{dt} + g} \quad (2.10)$$

Величину $\frac{dx}{dt}$ (прискорення) можна визначати за допомогою акселерометра:

$$\frac{dx}{dt} = a(t) \quad (2.11)$$

ТАКИМ ЧИНОМ

$$m(t) = \frac{F_{\text{пружн}}(t)}{a(t) + g} \quad (2.12)$$

Для усереднення значень $m(t)$ введемо інерційну ланку першого порядку в модель

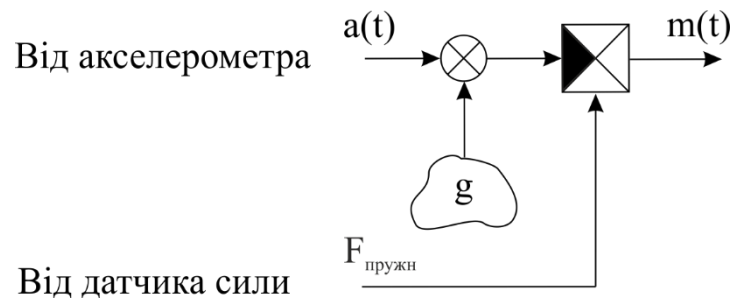


Рис. 2.7.

Датчик сили можна отримати із датчика тиску

$$F_{\text{пружн}} = S_{\text{порш}} \cdot P \quad (2.13)$$

де S – площа поршня пневматичної системи;

P – покази датчика тиску.

Тоді блок-схема обчислювача маси:

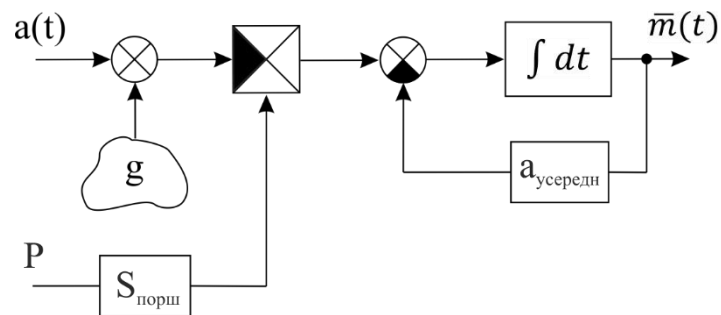


Рис. 2.8. Обчислювач і усереднювач маси вантажу.

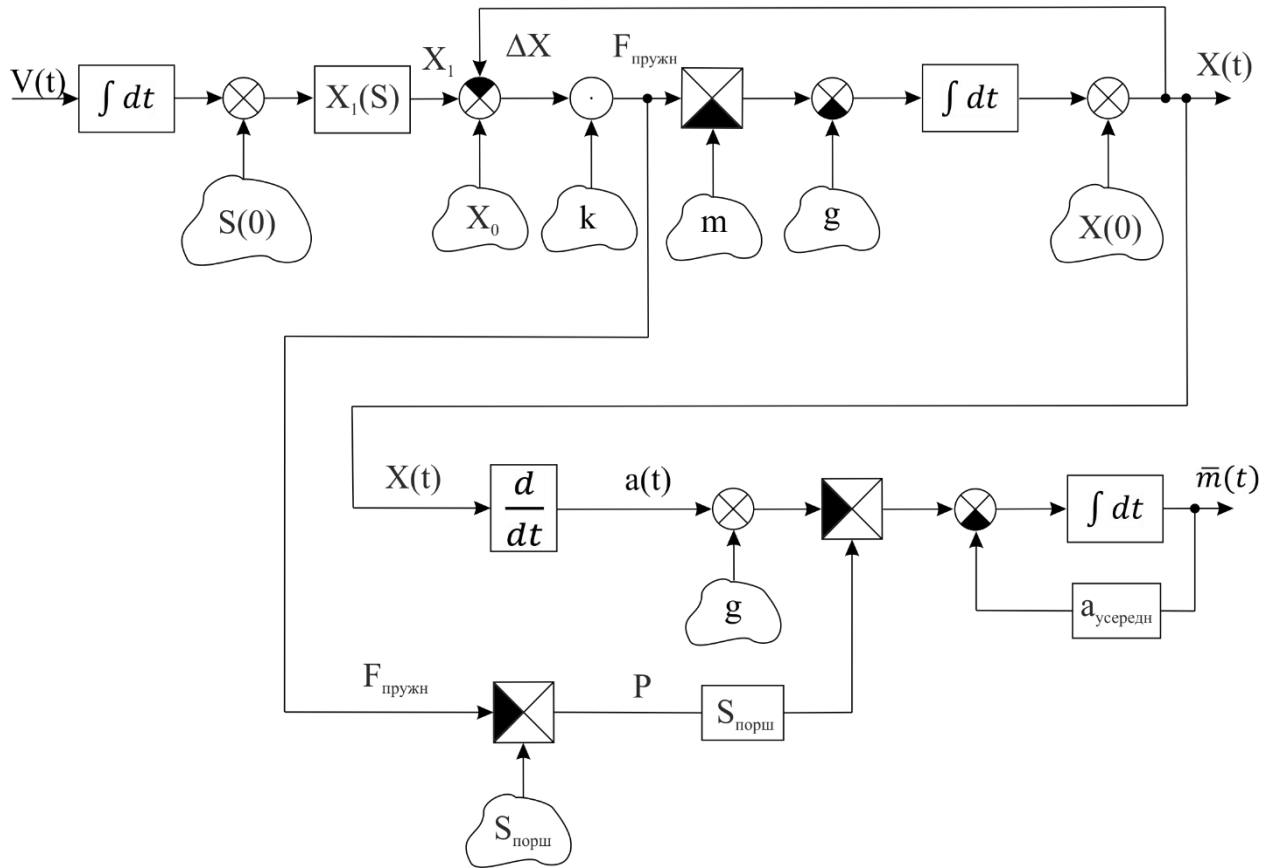


Рис. 2.9. Загальна модель для перевірки адекватності обчислювача

Остаточно розглянемо інерційну систему відліку зв'язану з нерухомою системою координат відносно вісі x (рис. 2.10).

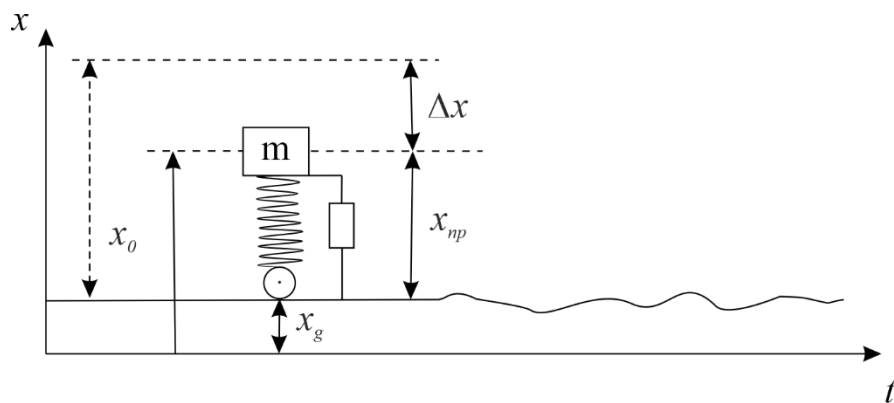


Рис. 2.10. Інерційна система відліку

де x – положення тіла відносно нерухомої системи координат;

x_0 – довжина розслабленої пружини;

x_{np} – довжина пружини;

Δx – деформація пружини;

x_d – рівень дороги.

Основні співвідношення:

1. $\Delta x = x_0 - x_{np}$;

2. $x_{np} = x - x_d$;

3. $m \frac{dv}{dt} = F_{np} - F_{mg} - F_c$ – рівняння балансу сил, діючих на тіло;

4. $v = \frac{dx}{dt}$ – швидкість зміни положення тіла відносно нерухомої системи координат;

5. F_{mg} – сила тяжіння;

6. $F_{np} = k_{guk} \cdot \Delta x$ – сила пружності пружини,
де k_{guk} – коефіцієнт Гука пружини;

7. $x = \int v dt + x(0)$;

8. $v = \frac{1}{m} \int (F_{np} - F_{mg} - F_c) dt + v(0)$ – швидкість

9. $F_c = k_c \cdot v_{np}$,

де v_{np} – швидкість зміни положення тіла відносно дороги. Це швидкість стискування пружини;

10. $v_{np} = \frac{dx_{np}}{dt}$.

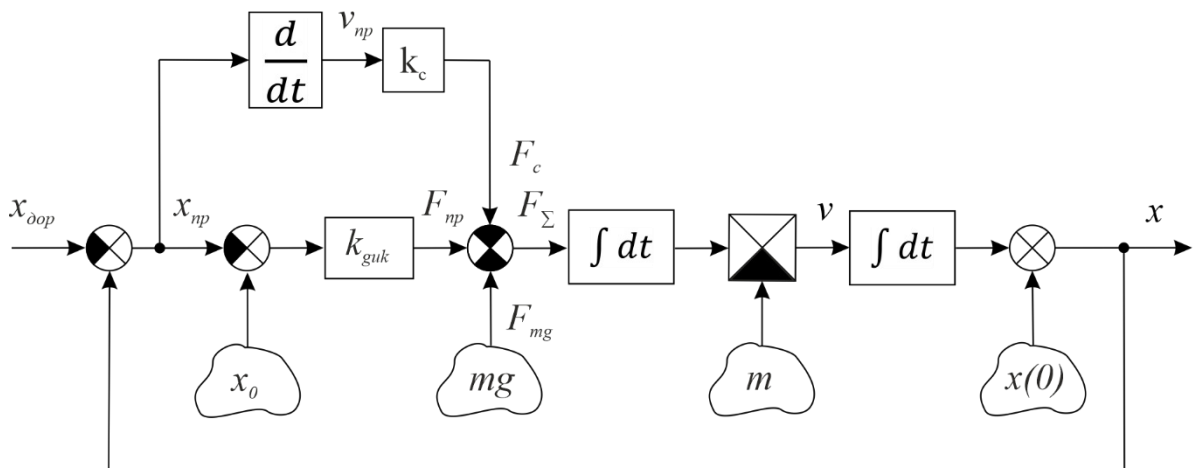


Рис. 2.11.

Обчислювач маси вантажу

1. $F_{sum} = m \cdot \frac{dv}{dt}$;
2. $F_{sum} = F_{пр} - mg$;
3. $F_{пр} - mg - m \cdot \frac{dv}{dt} = 0$;
4. $F_{пр} - m \left(g - \frac{dv}{dt} \right) = 0$;
5. $m \left(g - \frac{dv}{dt} \right) = F_{пр}$;
6. $m = \frac{F_{пр}}{g - \frac{dv}{dt}}$ – обчислювач.

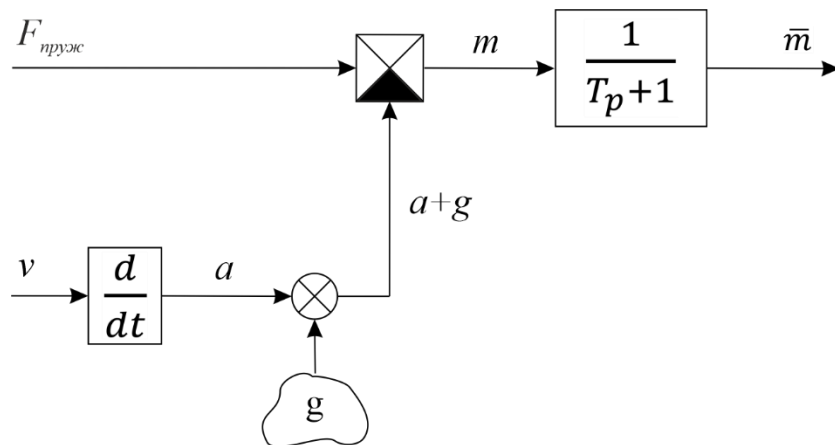


Рис. 2.12. Модель обчислювача,
де $F_{пруж}$ – сила з якою вантаж тисне на вісь;
 a – прискорення вантажу відносно вісі.

Створення алгоритму для обчислення маси завершено.

3. МОДЕЛЮВАННЯ

3.1. Реалізація моделі на ПК

Для підтвердження працездатності розробленої моделі обчислювача в роботі було проведено математичне моделювання розроблюваного обчислювача. Для його перевірки необхідно створити модель усієї системи, а для цього ще необхідно створити безпосередньо модель самого автомобіля з підвіскою. Реалізація математичної моделі зображена на (рис. 3.1).

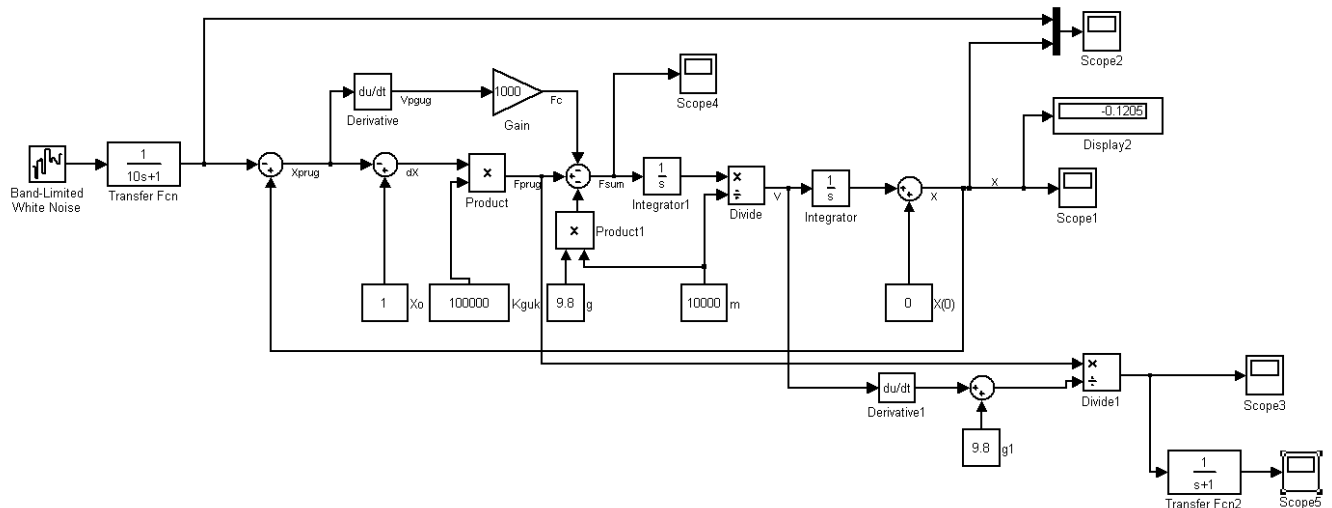


Рис. 3.1. Математична модель роботи вагів.

Входом моделі являється координата x дороги (генератор псевдовипадкових чисел). Як правило це ступінчата функція з фіксованою частотою дискретизації і випадковою амплітудою. Але так як таких доріг не існує, після генератора псевдовипадкових чисел було встановлено інерційну ланку першого порядку для згладжування даних генератора. Це дозволяє зімітувати більш реальну модель дороги. Для роботи обчислювача необхідно два параметра: швидкість тіла відносно нерухомої системи координат і жорсткість пружного елемента підвіски автомобіля. Швидкість необхідна для

визначення прискорення. Але прискорення доцільно визначати не шляхом диференціювання, а отримуючи готові дані із акселерометра, встановленого підвішеній частині конструкції автомобіля, який відразу дає похідну швидкості у виді прискорення, див. (рис. 2.12).

3.2. Результати моделювання

Для того, щоб отримати результат необхідно набрати певну статистику динамічних характеристик в процесі визначення маси (рис. 3.2).

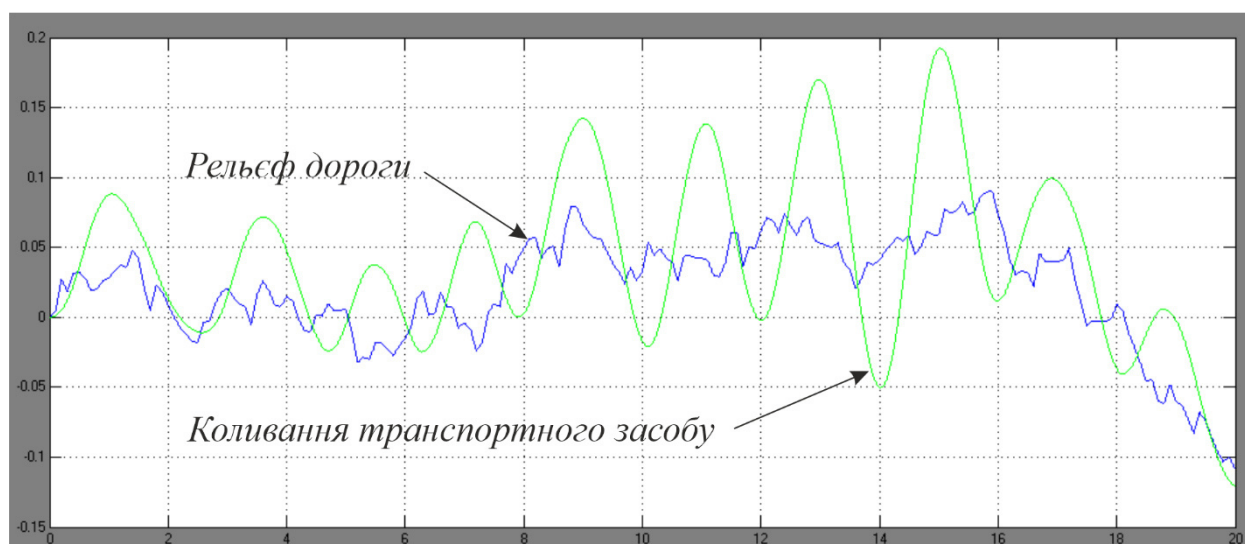


Рис. 3.2. Рельєф дороги та крива коливання транспортного засобу відносно дороги.

Як правило під-час динаміки з'являються різного роду обурення, але їх середнє значення на виході обчислювача як раз і являється необхідними даними (рис. 3.3).

Тому на виході обчислювача встановлено інерційну ланку першого порядку в якості фільтра верхніх гармонік. Таким чином відбувається усереднення даних. Для аналізу було вказано масу 10 тон при відповідній жорсткості пружини, яка забезпечує амортизацію в статиці. Запускаємо

відповідний імітатор дороги, отримуємо деякі сигнали від обчислювача і усереднюємо їх за допомогою інерційної ланки першого порядку.

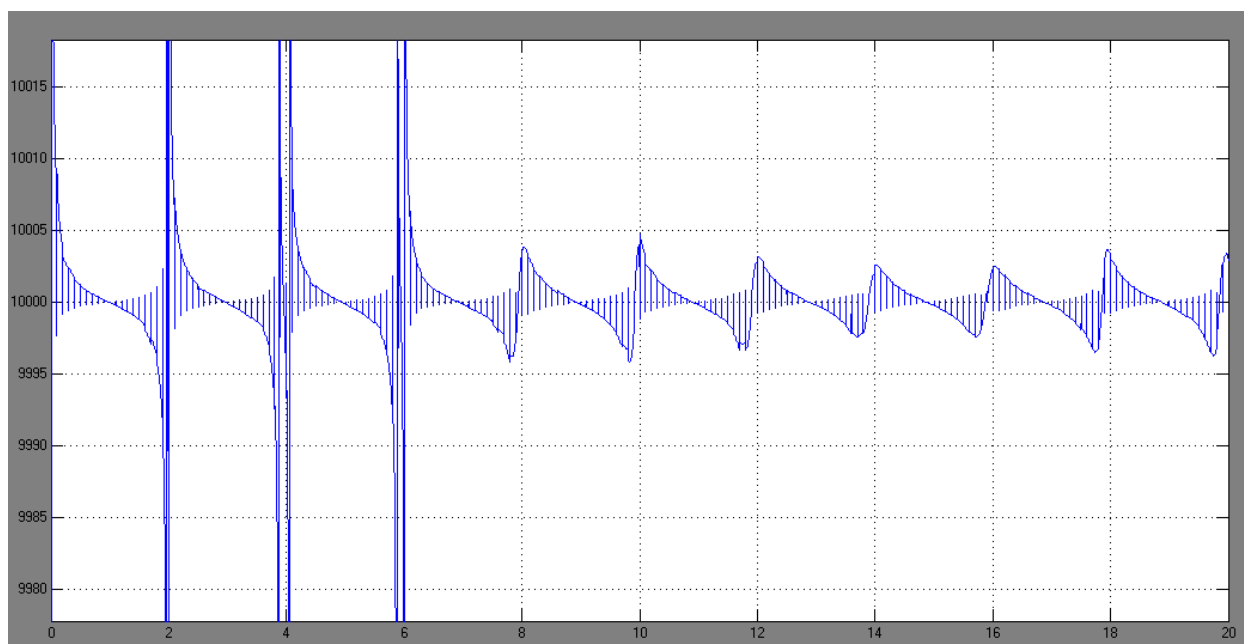


Рис. 3.3. Вихід обчислювача маси.

В результаті ми можемо бачити деяку зростаючу функцію, яка виходить на стабілізовані значення через 10 секунд (рис. 3.4). Таким чином приблизно через 10 секунд після початку руху водій на дисплеї вагів може бачити реальні значення навантаження на вісь.

Після запуску аналізу моделі на графіку дійсно видно, що відбувається стабілізація показників. Спостерігаються цілком об'єктивні коливання навколо точного значення. Якщо змінювати коефіцієнт дисипативності k_c видно, що він не впливає на результат. Тому недоліки вагів побудованих тільки на основі датчиків тиску (підвіска автомобіля має дисипативні зв'язки) у нашому випадку долаються. Таким чином значно збільшується точність визначення маси. Звичайно, самі датчики тиску вносять свою похибку, але обчислювач працює достатньо точно.

Результати моделювання показали працездатність обчислювача, основним призначенням якого є подолання похибки вимірювань яку вносять дисипативні зв'язки (сили тертя у вузлах підвіски транспортного засобу).

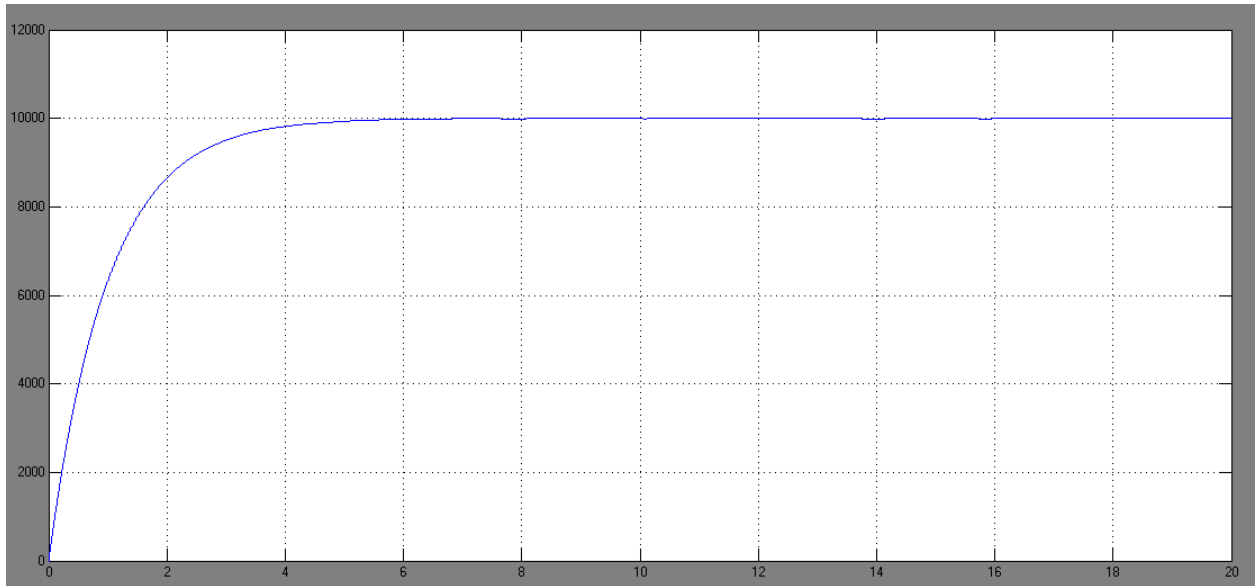


Рис. 3.4. Результат роботи обчислювача з усередненням даних.

Таким чином працездатність обчислювача підтверджено. Поставлена задача виконана, що підтверджується результатами моделювання.

4. РОЗРОБКА ПРИСТРОЮ

4.1. Розробка пристрою.

За основу роботи вагів було обрано мікроконтролер STM32103F. Живиться пристрій від бортової системи живлення 24В. На вході встановлено плавкий запобіжник 0,5А та ємнісний фільтр.

За стабілізацію напруги живлення відповідають три мікросхеми – стабілізатори LM7812, LM7805 та LM7833. LM7812 перетворює бортову напругу живлення з 24В на 12В. LM7805 є джерелом живлення для дисплею, датчиків тиску, а також виконує роль опорної напруги для АЦП мікроконтролера. LM7833 служить для живлення мікроконтролера.

Для здійснення можливості керування приладом передбачено чотири кнопки: «ОК», «МЕНЮ», «+», «-».

Конденсатори С8 – С11 встановлено в якості фільтрів завад, які можуть виникати у сигнальних кабелях від датчиків тиску.

Також було спроектовано друковану плату для зборки приладу. Плата виготовлена із двостороннього фольгованого стеклотекстоліту товщиною 1,5 мм і має розміри 60x100 мм. Усі отвори мають металізацію.

4.2. Охорона праці при випробуваннях електричних машин, апаратів і приладів.

4.2.1. До роботи інженером-електроніком допускається особа:

- не молодше 18 років, яка має відповідну повну або базову вищу освіту відповідного напрямку підготовки (спеціаліст або бакалавр);
- володіє достатніми теоретичними знаннями і професійними навичками;
- не має протипоказань до роботи за станом здоров'я;

- пройшла попередній (при вступі на роботу) і періодичний (під час трудової діяльності) медичні огляди (проводяться згідно з Порядком проведення медичних оглядів працівників певних категорій, затвердженим наказом Міністерства охорони здоров'я від 21 травня 2007 року № 246);

- пройшла навчання безпечним методам і прийомам виконання робіт, а також вступний інструктаж з охорони праці та інструктаж з охорони праці на робочому місці, перевірку знань вимог охорони праці, стажування на робочому місці (за необхідності) і має відповідну групу з електробезпеки. Повторні інструктажі проводяться не рідше одного разу на півроку.

4.2.2. Інженер-електронік відповідає за:

- правильну оперативну технічну експлуатацію електронного устаткування для забезпечення його безперервного і високопродуктивного функціонування;

- проведення перевірок роботи обладнання для забезпечення своєчасного виявлення та усунення несправностей;

- виконує інші функціональні обов'язки згідно з посадовою інструкцією.

4.2.3. Інженер-електронік зобов'язаний:

- дотримуватись правил внутрішнього трудового розпорядку;
- забезпечувати безпечну експлуатацію обладнання, комп'ютерних систем і телекомунікацій, безаварійну роботу електромережі, систем освітлення, вентиляції і кондиціонування та іншого обладнання на дорученій ділянці роботи (профілактичний огляд, оцінка технічного стану, технічне обслуговування, попереджувальний поточний ремонт тощо);

- знати і виконувати вимоги нормативно-правових актів з питань охорони праці, що стосуються правил безпечної експлуатації та технічного обслуговування електронного устаткування;

- дбати про особисту безпеку і здоров'я, а також про безпеку і здоров'я інших людей у процесі виконання будь-яких робіт чи під час перебування на території підприємства;
- підтримувати порядок і чистоту на робочому місці та стежити за особистою гігієною;
- не допускати порушень правил пожежної безпеки;
- використовувати за призначенням інструменти, устаткування та засоби індивідуального захисту, а також вміти користуватися первинними засобами пожежогасіння;
- зберігати і вживати їжу в установлених і обладнаних для цього місцях;
- вміти надавати домедичну допомогу потерпілим від нещасних випадків та в інших ситуаціях;
- знати місця зберігання аптечки, пожежного інвентаря, гідрантів, шляхи евакуації людей, а також номери телефонів для виклику екстрених аварійних служб;
- знати способи звільнення потерпілого від враження електричним струмом;
- не виконувати вказівок, які суперечать правилам охорони праці та пожежної безпеки;
- проходити за затвердженими графіками навчання, інструктажі та перевірку знань з питань охорони праці та пожежної безпеки;
- негайно повідомляти безпосередньому керівнику на підприємстві (установі) про ситуації, що загрожують життю і здоров'ю людей;
- пропонувати керівництву шляхи та способи вирішення завдань і проблем з питань охорони праці у випадку недостатності власних повноважень і ресурсів.

4.2.4. Вимоги безпеки перед початком роботи

До оперативного обслуговування електронного устаткування допускаються працівники, які знають оперативні схеми, експлуатаційні інструкції, інструкції з охорони праці, особливості обладнання і пройшли відповідне навчання.

4.2.5. Перед початком роботи інженер-електронік повинен:

- ознайомитися зі станом та режимом роботи устаткування на своїй ділянці в обсязі, встановленому відповідною інструкцією;
- у разі проведення робіт позмінно, одержати від працівника попередньої зміни інформацію про стан устаткування, за яким необхідно вести ретельний нагляд, а також про стан устаткування, що перебуває в ремонті або резерві;
- перевірити і прийняти інструмент, матеріали, ключі від приміщень, засоби захисту, оперативну документацію тощо;
- ознайомитись з усіма записами та розпорядженнями, зробленими за період, який минув з його останньої зміни;
- підготувати необхідні засоби індивідуального захисту;
- оформити, якщо це передбачено відповідною інструкцією, приймання зміни записом у журналі, а також в оперативній схемі власним підписом та підписом працівника, який її здає;
- доповісти старшому зміни про початок роботи та про неполадки, виявлені під час прийняття зміни.

4.2.6. Забороняється допускати до роботи працівника з ознаками алкогольного або наркотичного сп'яніння, а також з явними ознаками захворювання.

4.2.7. Вимоги безпеки під час виконання роботи

Під час роботи інженер-електронік зобов'язаний:

- утримувати електронне обладнання у справному технічному стані;

- використовувати безпечні прийоми праці, що відповідають вимогам правил охорони праці;
- утримувати в порядку і чистоті своє робоче місце, за необхідності правильно застосовувати засоби індивідуального та колективного захисту;
- звертати увагу на поведінку інших працівників, стан їхнього здоров'я, стежити за дотримання вимог виробничої санітарії та пожежної безпеки;
- вести затверджену у встановленому порядку технічну та оперативну документацію.

Інженеру-електроніку заборонено:

- працювати за умов недостатнього освітлення;
- курити в приміщеннях;
- залишати без нагляду електронагрівальні прилади.

Під час роботи потрібно здійснювати постійний контроль за справністю обладнання, інструментів, блокувальних пристроїв, сигналізації, електропроводки.

Після ремонту електронного устаткування інженер-електронік зобов'язаний у присутності працівників, що працюють на ньому, перевірити його справність і передати обладнання в роботу.

4.2.8 Вимоги безпеки після закінчення роботи

Після закінчення роботи необхідно навести лад на робочому місці;

Відключити і знеструмити обладнання, оргтехніку, вимкнути світло.

Прибрати інструменти і матеріали, що використовувались під час виробничого процесу, в місце, призначене для їхнього зберігання;

Перевірити зроблені за час роботи записи в експлуатаційних журналах.

Повідомити безпосередньому керівництву про виявлені під час роботи неполадки і несправності обладнання та про інші фактори, що впливають на безпеку праці.

Здійснити інші заходи, передбачені посадовою інструкцією чи іншими локальними актами.[11]

4.2.9. Захисне заземлення

Металеві корпуси усього устаткування повинні бути заземлені. Якщо за умовами випробувань прилад або об'єкт випробування заземленню не підлягає, то він повинен бути огорожений.

Розрахунок заземлення проводиться для того, щоб визначити опір споруджуваного контуру заземлення при експлуатації, його розміри і форму. Як відомо, контур заземлення складається з вертикальних заземлювачів, горизонтальних заземлювачів і заземлюючого провідника. Вертикальні заземлювачі забиваються в ґрунт на певну глибину.

Горизонтальні заземлювачі з'єднують між собою вертикальні заземлювачі. Заземлювальний провідник з'єднує контур заземлення безпосередньо з електрощитом.

Розміри і кількість цих заземлювачів, відстань між ними, питомий опір ґрунту - всі ці параметри безпосередньо впливають на опір заземлення.

Заземлення служить для зниження напруги дотику до безпечної величини. Завдяки заземленню небезпечний потенціал йде в землю тим самим, захищаючи людину від ураження електричним струмом.

Величина струму стікання в землю залежить від опору заземлюючого контуру. Чим опір буде менше, тим величина небезпечного потенціалу на корпусі пошкодженої електроустановки буде менше.

Заземлювальні пристрої повинні задовольняти певні вимоги, що покладено на них, а саме величині опору розтікання струмів і розподілу небезпечного потенціалу.

Тому основний розрахунок захисного заземлення зводиться до визначення опору розтікання струму заземлювача. Цей опір залежить від розмірів і кількості заземлюючих провідників, відстані між ними, глибини їх закладення і провідності ґрунту.

Вихідні дані для розрахунку заземлення

1. Основні умови, яких необхідно дотримуватися при спорудженні заземлюючих пристроїв це розміри заземлювачів.

1.1. Залежно від використовуваного матеріалу (куточок, смуга, кругла сталь) мінімальні розміри заземлювачів повинні бути не менше:

- а) смуга 12x4 - 48 мм²;
- б) куточок 4x4;
- в) кругла сталь - 10 мм²;
- г) сталева труба (товщина стінки) – 3,5 мм.

Мінімальні розміри арматури застосовуються для монтажу заземлюючих пристроїв.

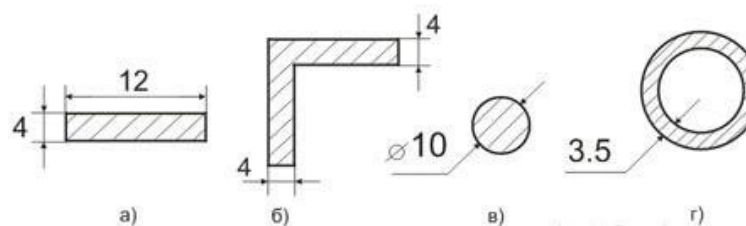


Рис. 6.2.1. Мінімальні розміри арматури:

а) смуга; б) куточок; в) кругла сталь; г) сталева труба.

1.2 Довжина стрижня, що заземлює повинна бути не менше 1,5 - 2 м.

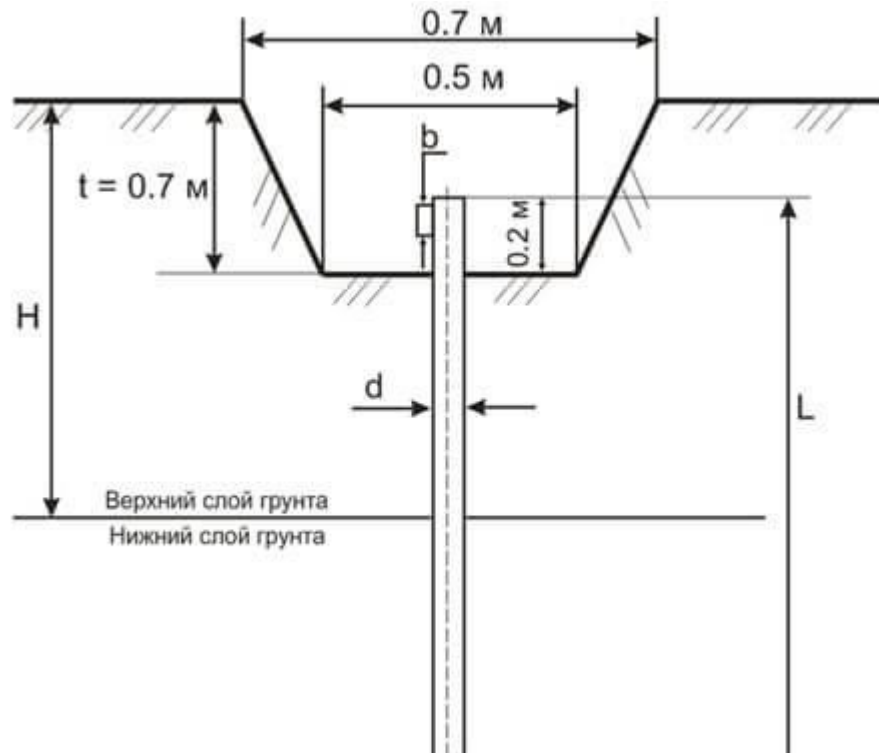


Рис. 6.2.2. Заземлюючий пристрій.

1.3 Відстані між заземлювальними стрижнями беруться зі співвідношення їх довжини, тобто: $a = 1 \times L$; $a = 2 \times L$; $a = 3 \times L$

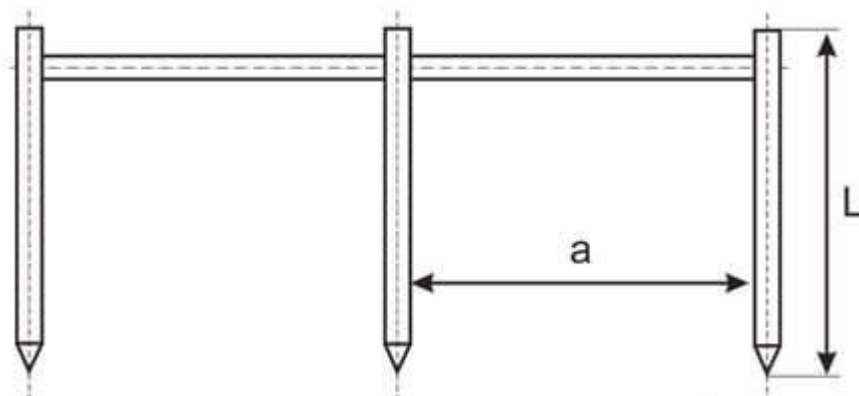


Рис. 6.2.3. Відстань між стрижнями.

Залежно від площі, що дозволяє площі і зручності монтажу заземлення стрижні можна розміщувати в ряд, або у вигляді який не будь фігури (трикутник, квадрат і т.п.).

Мета розрахунку захисного заземлення. Основною метою розрахунку заземлення є визначити число заземлюючих стрижнів і довжину смуги, яка їх з'єднує.

4.2.10. Розрахунок заземлення

Опір розтікання струму одного вертикального заземлювача (стрижня):

$$R_0 = \frac{\rho_{\text{екв}}}{2\pi \cdot L} \left(\ln \left(\frac{2L}{d} \right) + 0.5 \cdot \ln \left(\frac{4T+L}{4T-L} \right) \right) \quad (6.4.1)$$

де – $\rho_{\text{екв}}$ - еквівалентний питомий опір ґрунту, Ом · м; L - довжина стрижня, м; d - його діаметр, м; T - відстань від поверхні землі до середини стрижня, м.

$$R_0 = \frac{130,5}{2 \times 3,14 \times 3,5} \times \left(\ln \left(\frac{2 \times 3,5}{0,01} \right) + 0,5 \ln \left(\frac{4 \times 2,45 + 3,5}{4 \times 2,45 - 3,5} \right) \right) = 41,3 \text{ Ом}$$

У разі установки заземлювального пристрою в неоднорідний ґрунт (двошаровий), еквівалентний питомий опір ґрунту знаходиться за формулою:

$$\rho_{\text{екв}} = \frac{\omega \cdot \rho_1 \cdot \rho_2 \cdot L}{(\rho_1(L-H+t_r) + \rho_2(H-t_r))} \quad (6.4.2)$$

де - ω - сезонний кліматичний коефіцієнт (1,9); ρ_1, ρ_2 - питомий опір верхнього і нижнього шару ґрунту відповідно, Ом (60,350); H - товщина верхнього шару ґрунту, м; t - заглиблення вертикального заземлювача (глибина траншеї) t = 0.7 м.

$$\rho_{\text{екв}} = \frac{1,9 \times 60 \times 350 \times 3,5}{60 \times (3,5 - 2 + 0,7) + 350 \times (3,5 - 0,7)} = 130,5 \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

Так як питомий опір ґрунту залежить від його вологості, для стабільності опору заземлювача і зменшення на нього впливу кліматичних умов, заземлювач розміщують на глибині не менше 0,7 м.

Заглиблення горизонтального заземлювача (T) можна знайти за формулою:

$$T = \left(\frac{L}{2}\right) + t \quad (6.4.3)$$

$$T = \frac{3,5}{2} + 0,7 = 2,45 \text{ м}$$

Монтаж і установку заземлення необхідно проводити таким чином, щоб заземлюючий стрижень пронизував верхній шар ґрунту повністю і частково нижній.

Кількість стрижнів заземлення без урахування опору горизонтального заземлення знаходиться за формулою:

$$n_0 = \frac{R_0 \cdot \omega}{R_H} \quad (6.4.4)$$

R_H - нормований опір розтікання струму заземлюючих пристроїв, які визначається виходячи з правил ПТЕЕС (15 Ом).

$$n_0 = \frac{41,3 \times 1,9}{15} = 5,23 \approx 6 \text{ шт.}$$

Опір розтікання струму для горизонтального заземлювача:

$$R_{\Gamma} = 0,366 \left(\frac{\rho_{\text{екв}} \cdot \omega}{L_{\Gamma} \cdot n_{\Gamma}} \right) \cdot \lg \left(\frac{2 \cdot L_{\Gamma}^2}{b \cdot t} \right) \quad (6.4.5)$$

L_{Γ} , b - довжина і ширина заземлювача; Ψ - коефіцієнт сезонності горизонтального заземлювача; η_{Γ} - коефіцієнт попиту горизонтальних заземлювачів (0,65).

$$R_z = 0,366 \times \left(\frac{130,5 \times 1,9}{17,5 \times 0,65} \right) \times \lg \left(\frac{2 \times 3,5^2}{0,004 \times 0,7} \right) = 22,3 \text{ Ом}$$

Довжину самого горизонтального заземлювача знайдемо виходячи з кількості заземлювачів:

$$L_{\Gamma} = a \cdot (n_0 - 1) \quad (6.4.6)$$

a - відстань між заземлювальними стрижнями.

$$L_{\Gamma} = 3,5 \times (6 - 1) = 17,5 \text{ м}$$

Визначимо опір вертикального заземлювача з урахуванням опору розтікання струму горизонтальних заземлювачів:

$$R_B = \frac{R_{\Gamma} \cdot R_H}{(R_{\Gamma} - R_H)} \quad (6.4.7)$$

$$R_B = \frac{22,3 \times 15}{22,3 - 15} = 41,8 \text{ Ом}$$

Загальна кількість вертикальних заземлювачів визначається за формулою:

$$n = \frac{R_0}{R_B \cdot \eta_B} \quad (6.4.8)$$

Де: η_B - коефіцієнт попиту вертикальних заземлювачів $\eta = 0,73$.

$$n = \frac{41,3}{41,8 \times 0,73} = 1,37 \approx 2 \text{ шт.}$$

Коефіцієнт використання показує, як впливають друг на друга струми розтікання з одиночних заземлювачів при різному розташуванні останніх. При з'єднанні паралельно, струми розтікання одиночних заземлювачів роблять взаємний вплив один на одного, тому чим ближче розташовані один до одного заземлюючі стрижні тим загальний опір заземлюючого контуру більше.

Отримане при розрахунку число заземлювачів округляється до найближчого більшого.

Загальний опір заземлювача:

$$R_u = \frac{R_g}{R_r} \quad (6.4.9)$$

$$R_u = \frac{41,3}{13,7} = 3,01 \text{ Ом}$$

Таким чином:

$$R_u(3,01 \text{ Ом}) < R_d (4 \text{ Ом})$$

Розрахунок вірний.

5. ЕКОНОМІКА

Таблиця 5.1

Формуляр проекту

Завдання	№ проекту <u>1</u> Дата замовлення <u>04.01.2021</u> Назва проекту <u>Побудова бортових вагів для вантажного автомобіля</u> Замовник <u>ФОП «Зуб»</u> Адреса: <u>Запорізька обл., с. Мар'ївка, вул. Шкільна 21</u> Контактна особа ПІП <u>Гудков Олександр Іванович</u> Тел. <u>+38050 937 99 92</u>
Договірна ціна	Усього <u>160000</u> грн. План оплати <u>попередня оплата - 50%</u> Додаткові умови <u>-</u>
Строки	Початок <u>01.02.2021</u> кінець <u>15.07.2021</u> Проміжні строки <u>-</u>
Партнери	Кооперація <u>-</u> Субпідрядники <u>ФОП «Лащенко»</u> Завдання <u>Розробка програмного забезпечення</u>
Персонал	Керівник <u>Лащенко С.В.</u> Заступник <u>Вовк О.І.</u> Співробітники <u>Титаренко І.В., Кушнар'єв Є.П.</u>
Проект	Скорочена назва <u>"Truck weight"</u> Цілі <u>Розробка та побудова вагів</u> Критичні строки 1. <u>25.05.2021 (завершення дослідної експлуатації)</u> 2. <u>15.06.2021 (завершення проекту)</u> 3. <u>15.07.2021 (поставка готової продукції)</u>

Особливості та проблеми <u>Проблеми адаптації персоналу до розробки нового продукту</u>

Таблиця 5.2

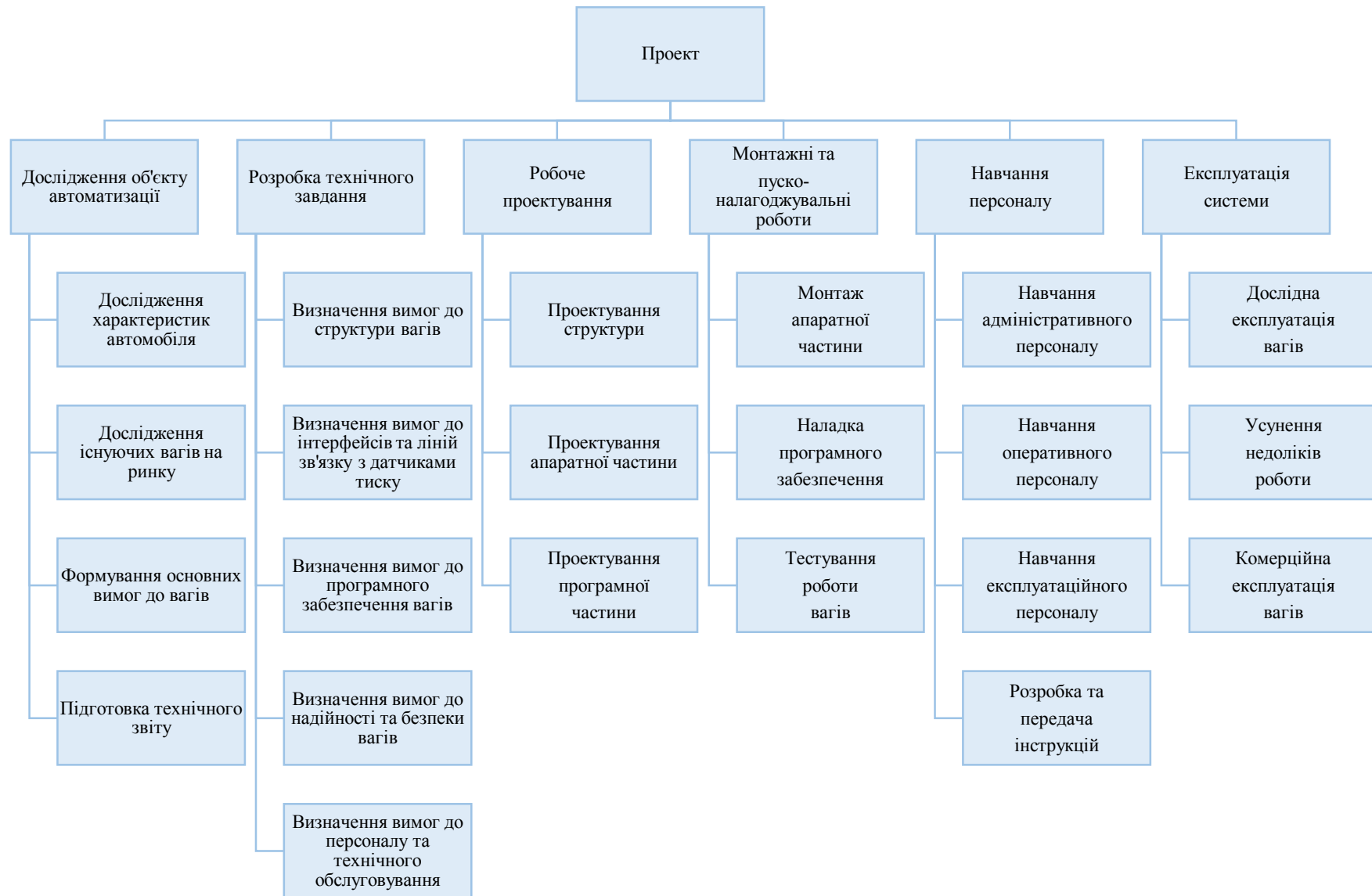
Характеристика робіт за проектом

Код робіт	Назва чи зміст роботи	Безпосередньо попередня робота	Тривалість, діб
1.1.1	Дослідження характеристик автомобіля	-	10
1.1.2	Дослідження існуючих вагів на ринку	-	5
1.1.3	Формування основних нормативних вимог до вагів	-	5
1.1.4	Підготовка технічного звіту	1.1.1, 1.1.2, 1.1.3	3
1.2.1	Визначення вимог до структури вагів	1.1.4	5
1.2.2	Визначення вимог до інтерфейсів та ліній зв'язку з датчиками тиску	1.1.4	5
1.2.3	Визначення вимог до програмного забезпечення вагів	1.1.4	5
1.2.4	Визначення вимог до надійності та безпеки вагів	1.1.4	3
1.2.5	Визначення вимог до персоналу та технічного обслуговування	1.1.4	3
1.3.1	Проектування структури	1.2.1, 1.2.4, 1.2.5	10

Продовження таблиці 5.2

1.3.2	Проектування апаратної частини	1.2.2, 1.3.1, 1.2.3	20
1.3.3	Проектування програмної частини	1.2.3, 1.3.1	25
1.4.1	Монтаж апаратної частини	1.3.2, 1.3.3	10
1.4.2	Наладка програмного забезпечення	1.4.1	15
1.4.3	Тестування роботи вагів	1.4.2	5
1.5.1	Навчання адміністративного персоналу	1.4.3	10
1.5.2	Навчання оперативного персоналу	1.4.3	30
1.5.3	Навчання експлуатаційного персоналу	1.4.3	20
1.5.4	Розробка та передача інструкцій	1.5.1, 1.5.2, 1.5.3	20
1.6.1	Дослідна експлуатація вагів	1.5.4	10
1.6.2	Усунення недоліків роботи	1.6.1	10
1.6.3	Комерційна експлуатація вагів	1.6.2	10

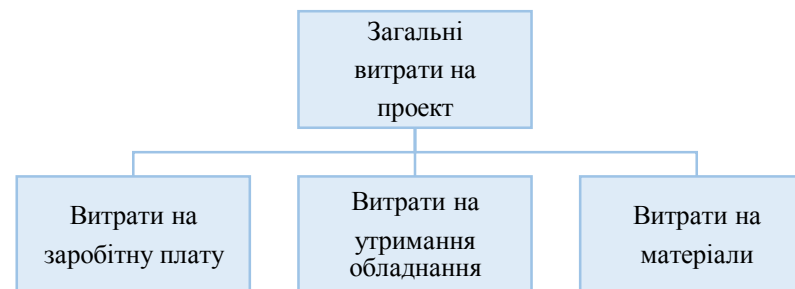
5.1. Робоча структура проекту WBS



5.2. Організаційна структура проекту – OBS



5.3. Структура затрат проекту – CBS

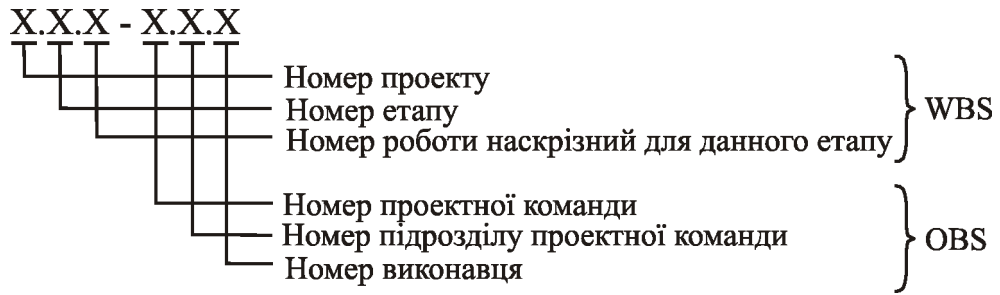


Таблиця 5.3

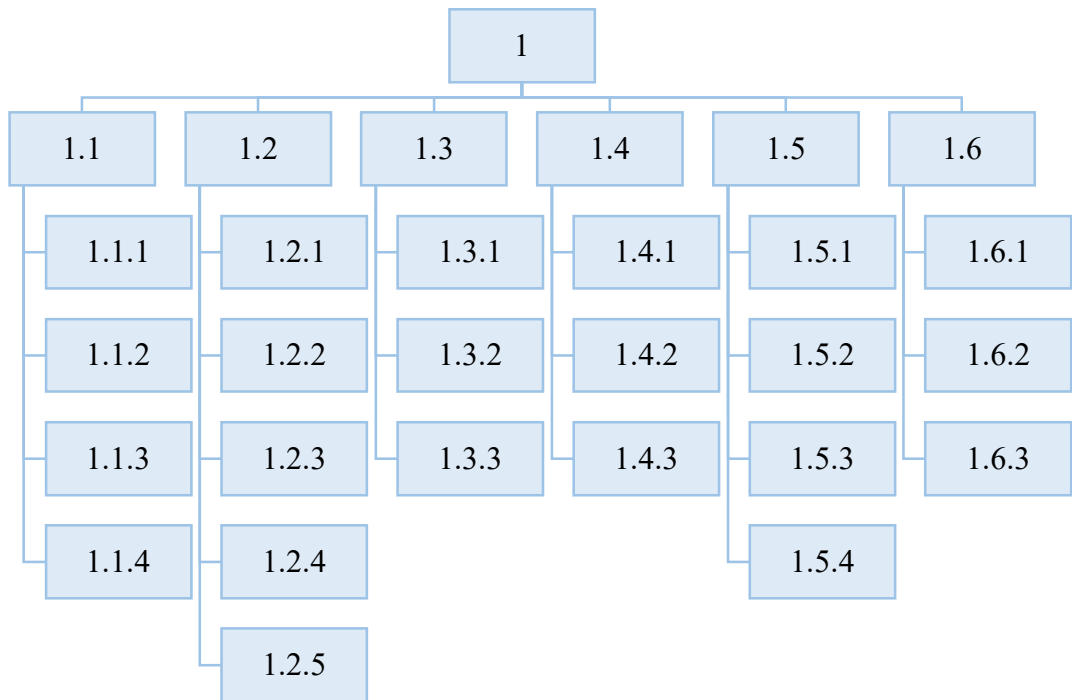
Матриця відповідальності

Виконавці	Роботи																						
	Дослідження характеристик автомобіля	Дослідження існуючих вагів на ринку	Формування основних нормативних вимог вагів	Підготовка технічного звіту	Визначення вимог до структури вагів	Визначення вимог до інтерфейсів та ліній зв'язку	Визначення вимог до програмного забезпечення вагів	Визначення вимог до надійності та безпеки вагів	Визначення вимог до персоналу та технічного забезпечення	Проектування структури	Проектування апаратної частини	Проектування програмної частини	Монтаж апаратної частини	Наладка програмного забезпечення	Тестування роботи вагів	Навчання адміністративного персоналу	Навчання оперативного персоналу	Навчання експлуатаційного персоналу	Розробка та передача інструкцій	Дослідна експлуатація вагів	Усунення недоліків роботи	Комерційна експлуатація вагів	
Менеджер проекту				p					p	p							p	p	p	p	p		p
Старший аналітик	p	p	p	s	p			p															
Аналітик	+	+	+	+	+	p																	
Старший електронник						+	p				p		p								s	p	
Електронник													+										
Інженер - конструктор										+	+					s				s		s	
Старший програміст								+	+			p		p	p				s		s		
Програміст												+		+	+						+	+	+
Фахівець підготовки персоналу										+								+	+	+			
p - первинна відповідальність s - вторинна відповідальність + - виконавець																							

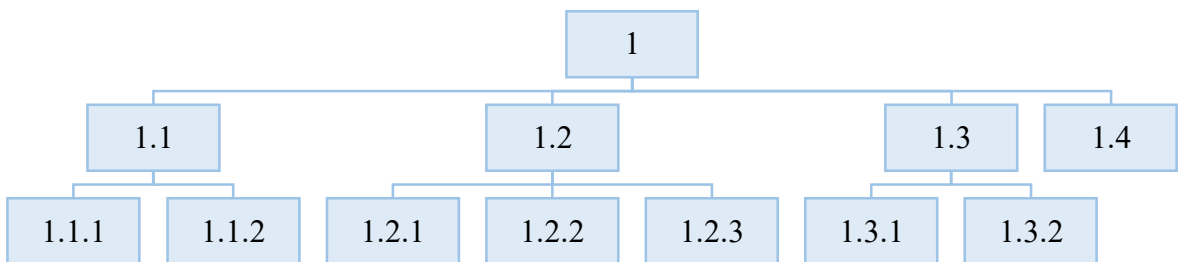
5.4. Система кодування проекту



WBS



OBS



Таблиця 5.4

CTR – каталог

Но ме р	Код роботи	Зміст роботи	Затрати, грн	Трива лість, дні	Необхідні ресурси
1	1.1.1-1.1.2	Дослідження характеристик автомобіля	3000	10	Аналітики 2 особи
2	1.1.2-1.1.2	Дослідження існуючих вагів на ринку	1500	5	Аналітики 2 особи
3	1.1.3-1.1.2	Формування основних нормативних вимог до вагів	1500	5	Аналітики 2 особи
4	1.1.4-1.1.2	Підготовка технічного звіту	1500	3	Аналітики 2 особи
5	1.2.1-1.1.2	Визначення вимог до структури вагів	1500	5	Аналітики 2 особи
6	1.2.2-1.23.1	Визначення вимог до інтерфейсів та ліній зв'язку з датчиками тиску	1500	5	Аналітик 1 особа Електронник 1 особа
7	1.2.3-1.3.1	Визначення вимог до програмного забезпечення вагів	1500	5	Аналітик 1 особа Програміст 1 особа
8	1.2.4-1.3.1	Визначення вимог до надійності та безпеки вагів	900	3	Аналітик 1 особа Програміст 1 особа
9	1.2.5-1.4.0	Визначення вимог до персоналу та технічного обслуговування	900	3	Фахівець з підготовки персоналу 1 особа

Продовження таблиці 5.4

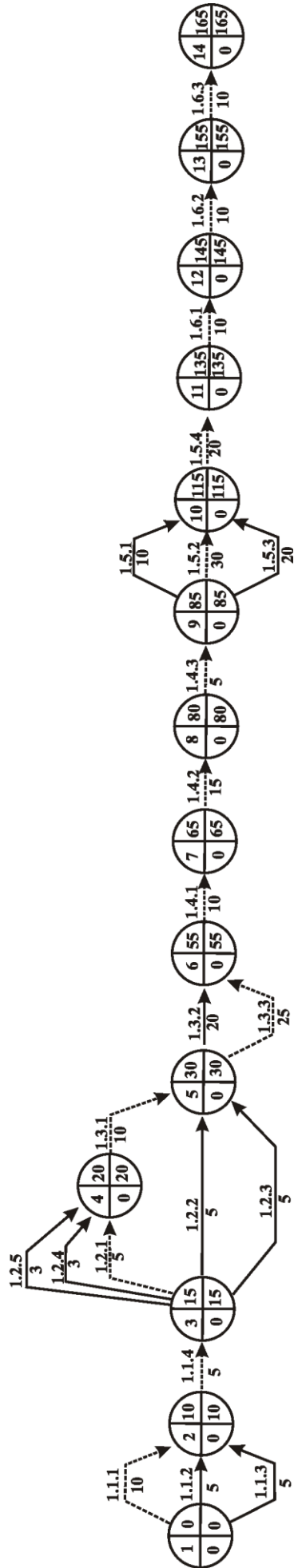
10	1.3.1-1.2.3	Проектування структури	3600	10	Інженер-конструктор 1 особа
11	1.3.2-1.2.3	Проектування апаратної частини	6000	20	Інженер-конструктор 1 особа
12	1.3.3-1.3.2	Проектування програмної частини	9000	25	Програмісти 2 особи ПК 2 шт
13	1.4.1-1.2.2	Монтаж апаратної частини	6000	10	Електроніки 2 особи Прилади та інструменти
14	1.4.2-1.3.2	Наладка програмного забезпечення	4500	15	Програмісти 2 особи ПК 2 шт
15	1.4.3-1.3.2	Тестування роботи вагів	1500	5	Програмісти 2 особи ПК 2 шт
16	1.5.1-1.4.0	Навчання адміністративного персоналу	6000	10	Фахівець з підготовки персоналу 1 особа
17	1.5.2-1.4.0	Навчання оперативного персоналу	12000	30	Фахівець з підготовки персоналу 1 особа
18	1.5.3-1.4.0	Навчання експлуатаційного персоналу	6000	20	Фахівець з підготовки персоналу 1 особа
19	1.5.4-1.4.0	Розробка та передача інструкцій	6000	20	Фахівець з підготовки персоналу 1 особа
20	1.6.1-1.3.2	Дослідна експлуатація вагів	3000	10	Програміст 1 особа

Продовження таблиці 5.4

21	1.6.2-1.3.2	Усунення недоліків роботи	6000	10	Програміст 1 особа
22	1.6.3-1.3.2	Комерційна експлуатація вагів	3000	10	Програміст 1 особа

Модель проекту виконано на основі [12].

9. Сітковий план



ВИСНОВКИ

У роботі було виконано розробку та дослідження приладу для розрахунку навантаження на вісь вантажного автомобіля. Було виконано аналіз існуючих методів вимірювання ваги великогабаритного транспорту.

На основі даного аналізу було виявлено основний недолік бортових вимірювачів навантаження на вісь, а саме внесення похибки вимірювань силами тертя у рухомих вузлах підвіски транспортного засобу.

Задачу по подоланню даного недоліку було вирішено шляхом побудови математичної моделі автомобіль – ваги та розробки нового алгоритму обробки даних з датчиків тиску та використання акселерометра.

Роботу усієї системи було перевірено за допомогою комп'ютерного моделювання. Результати показали адекватність роботи спроектованого алгоритму.

Окрім того було побудовано економічну модель проекту з розробки та виготовлення нового приладу.

Виконано розрахунок захисного заземлення на ділянці з виготовлення та випробування приладу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Сайт Законодавство України. Електронний ресурс. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1306-2001-%D0%BF#n701>
2. Сайт STMicroelectronics. Електронний ресурс. Режим доступу: <https://www.st.com/en/microcontrollers-microprocessors/stm32-32-bit-arm-cortex-mcus.html>
3. Сайт Magellan Track Solution. Електронний ресурс. Режим доступу: https://mtrack.com.ua/otraslevye_resheniya/kontrol_nagruzki_na_os
4. Сайт Асоціація міжнародних автомобільних перевозчиків. Електронний ресурс. Режим доступу: <http://bamar.org/information/smi/>
5. Сайт Цифрова лабораторія FPGA/DSP. Електронний ресурс. Режим доступу: <http://www.fpga.keoa.kpi.ua/other>
6. Сайт Датчики тиску для загальнопромислового застосування. Електронний ресурс. Режим доступу: <http://www.manometr.com/lematt/r174-1>
7. Сайт Pressure Transmitters. Електронний ресурс. Режим доступу: <http://www.trafag.com/products/pressure-transmitters/#fndtn-ctab1629>
8. Сайт Датчики Trafag. Електронний ресурс. Режим доступу: <http://poltraf.ru/UserFiles/file/transmitters>
9. Сайт Сам електрик. Електронний ресурс. Режим доступу: <https://samelectrik.ru/chto-takoe-tenzodatchik.html>
10. Сайт Весоізмєрительные системы. Електронний ресурс. Режим доступу: <https://vis.ua/product/sistemy-bortovogo-vzveshivaniya-avtomobilya>
11. Сайт Довідник спеціаліста з охорони праці. Електронний ресурс. Режим доступу: <https://www.sop.com.ua>
12. Алексієвський Д.Г. Методичні вказівки до проведення практичних занять та самостійної роботи з дисципліни «Моделі та методи управління проектами» – Запоріжжя, 2010

Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<u>Конденсаторы</u>			
C1	KF 2200 мкФ x 50V		
C2	KF 1000μF 25V	1	"Сархон"
C3	K73-17 0,1 мкФ x 50V TУ6261-015-07594095-2006	1	"Сархон"
C4..C5	KF 1000μF 16V	1	
C6..C7	K73-17 0,1 мкФ x 50V TУ6261-015-07594095-2006	2	"Сархон"
C8..C11	K73-17 0,01 мкФ x 16V TУ6261-015-07594095-2006	2	
C12	K73-17 0,1 мкФ x 50V TУ6261-015-07594095-2006	4	
C13, C14	MDO1 22p 50V	1	
		2	AVX
DA1	Стабілізатор LM7812	1	Texas Instruments
DA2	Стабілізатор LM7805	1	Texas Instruments
DA3	Стабілізатор LM7833	1	Texas Instruments
DD1	Мікроконтролер STM32103F	1	"ST"
FU1	Запобіжник 0.5A	1	
HG	PK індикатор 1602	1	"Winstar"
L1..L2	Індуктивність 100μH	2	"Epcos"
<u>Резистори</u>			
R1	3005P-103-ND POT 10k 3/4 inch	1	
R2..R5	M270R 0.25W 270R ±5%	4	
R6	M10k 0.25W 10k ±5%	1	

ЕС М.190031.00.00.00.00.ПЗ

Ізм. Лист	№ док.м.	Водп.	Дата	Лист	Лист	Листов
Разроб. Пров.	Лашенко Алексієвський	Козе	20.11 2011	1	1	2
Н.контр. Утв.	Туркешев Критська		30.11	ІННІ ЗНУ 8.1719-3		

Дослідження та розробка пристрою автоматичного вимірювання навантаження на вісь вантажного автомобіля
Перелік елементів

