

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»
Факультет комп'ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і
робототехніки
Кафедра інформаційно-вимірювальних технологій
Спеціальність 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

інформаційно-вимірювальних технологій

д.т.н., професор Подчашинський Ю.О.

«_4_» квітня 2025 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу бакалавра

Студент Тисько Дениса Ігоровича

1. Тема роботи: Комп'ютеризована система вимірювання кількості зрідженого газу в паливному баку автомобіля

Затверджена Наказом по університету від «_4_» _квітня_ 2025 р. № 131/с

2. Термін здачі закінченої роботи на кафедру «_10_» червня 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи вивід на дисплей кількості зрідженого газу в літрах, звуковий сигнал про критичний рівень палива (менше 5 літрів), світлова індикація при роботі системи (зелений світлодіод)

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які підлягають розробці) технічне завдання, опис існуючих систем для вимірювання кількості зрідженого газу, розробка структурної схеми, розробка принципової, розробка алгоритму та програми, конструкторська частина, охорона праці

5. Перелік графічного матеріалу (з точним визначенням обов'язкових креслень)

Структурна схема, принципова схема, блок-схема алгоритму, друкована плата

6. Консультанти з кваліфікаційної роботи бакалавра із зазначенням розділів роботи, що їх стосуються

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1-7	Пількевич І.А.		

7. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз літературних джерел	5.05.2025-10.05.2025	
2	Постановка технічного завдання	11.05.2025-12.05.2025	
3	Обґрунтування складових системи вимірювання кількості зрідженого газу	13.05.2025-17.05.2025	
4	Розробка структурної схем системи вимірювання кількості зрідженого газу	18.05.2025-20.05.2025	
5	Розробка принципової схем системи вимірювання кількості зрідженого газу	21.05.2025-25.05.2025	
6	Розробка алгоритму та програми	26.05.2025-28.05.2025	
7	Розрахунок надійності та точності системи	29.05.2025-30.05.2025	
8	Опис охорони праці при експлуатації газобалонного обладнання	1.06.2025-3.06.2025	
9	Оформлення пояснювальної записки та презентації	4.06.2025-10.06.2025	

Студент _____ Тисько Д.І.
(підпис)

Керівник роботи _____ Пількевич І.А.
(підпис)

АНОТАЦІЯ

Дипломна робота бакалавра на тему «Комп'ютеризована система вимірювання кількості зрідженого газу в паливному баку автомобіля» містить 65 сторінки, 15 рисунків, 8 таблиць, 6 формул, 27 джерел.

В роботі проводиться обґрунтування актуальності проєктування комп'ютеризованої системи вимірювання рівня газу в баку автомобіля.

Розроблена структурна та принципова схеми системи вимірювання рівня газу в баку автомобіля. Розроблена блок схема алгоритму та програма. На базі принципової схеми побудована друкована плата. Прорахована надійність та точність системи.

Ключові слова: кількість газу, датчик рівня газів, мікроконтролер, система вимірювання кількості газу.

ANNOTATION

Bachelor's thesis on the topic "Computerized system for measuring the amount of liquefied gas in a car's fuel tank" contains 65 pages, 15 figures, 8 tables, 6 formulas, 27 sources.

The work justifies the relevance of designing a computerized system for measuring the gas level in a car's tank.

A structural and schematic diagram of the system for measuring the gas level in a car's tank has been developed. A block diagram of the algorithm and a program have been developed. A printed circuit board has been built based on the schematic diagram. The reliability and accuracy of the system have been calculated.

Keywords: amount of gas, gas level sensor, microcontroller, a system for measuring the amount of gas.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1. ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ.....	8
1.1. Призначення та область застосування.....	8
1.2. Умови експлуатації.....	8
1.3. Технічні параметри системи.....	8
1.4.Вимоги до конструктивного оформлення.....	9
2. ОГЛЯД ТА АНАЛІЗІСНУЮЧИХ СИСТЕМ	10
2.1. Схема та принцип роботи газобалонного обладнання	10
2.2. Огляд та аналіз існуючих вимірювачів рівня газу в баку автомобіля....	14
3. РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ.....	24
3.1. Обґрунтування датчика рівня газу	24
3.2. Обґрунтування мікроконтролеру	25
3.3. Обґрунтування світлового та звукового оповіщення.....	30
3.4. Обґрунтування дисплея.....	31
3.5.Обґрунтування живлення системи.....	32
3.6. Структурна схема.....	33
4. РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ.....	34
4.1. Вибір датчика рівня газу.....	34
4.2. Вибір мікроконтролеру.....	35
4.3. Вибір світлового та звукового оповіщення	36
4.4.Вибір дисплея.....	38
4.5. Вибір живлення системи.....	39
4.6. Побудова принципово-електричної схеми.....	40
5. РОЗРОБКА ПРОГРАМИ ТА АЛГОРИТМУ.....	42
5.1. Розробка алгоритму	40
5.2. Розробка програми.....	42
5.3. Налаштування та калібровка програми.....	47
6. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА.....	49
6.1.Розробка друкованої плати.....	49
6.2. Розрахунок надійності системи.....	53
6.3.Розрахунок похибок вимірювання кількості зрідженого газу	57
7.ОХОРОНА ПРАЦІ.....	59
7.1. Охорона праці.....	59
7.2.Техніка безпеки при експлуатації газобаланного обладнання.....	60
ВИСНОВКИ.....	62
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	63
ДОДАТКИ.....	66

					МММТ 480.013.014 – ПЗ							
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата								
Розробив		Тисцько Д.І.			Комп'ютеризована система вимірювання кількості зрідженого газу в паливному баку автомобіля			Літ.	Арк.	Аркшів		
Перевірив		Пількевич І.А.								5	65	
Рецензент								ДУ «Житомирська політехніка», МТ-4				
Н. контр.												
Затверд.		Подчашинський Ю.О.										
					Пояснювальна записка							

ВСТУП

Вимірювання рівня газу в автомобільному балоні є актуальним завданням, яке має важливе значення для безпеки, економічності та ефективності експлуатації транспортних засобів, обладнаних газобалонним обладнанням.

Актуальність застосування вимірювання рівня газу в автомобілі полягає в наступному:

1. Безпека експлуатації: Газ є вибухонебезпечною речовиною, тому контроль рівня газу дозволяє вчасно виявляти потенційні витoki або несправності в системі ГБО, що знижує ризик аварійних ситуацій.

2. Економічність: Точне вимірювання рівня газу допомагає оптимізувати витрати палива, запобігаючи перевитратам та забезпечуючи ефективну роботу двигуна.

3. Технічне обслуговування: Регулярний моніторинг рівня газу дозволяє виявити несправності в роботі редуктора, клапанів або форсунок, що сприяє своєчасному технічному обслуговуванню та продовженню терміну служби обладнання.

Існують кілька основних аналогів систем вимірювання рівня газу в автомобілях: механічні індикатори, ультразвукові сенсори, ємнісні датчики та електронні комплекси. Механічні індикатори – прості й дешеві, але неточні й залежать від положення авто. Ультразвукові сенсори забезпечують безконтактне вимірювання з високою точністю, однак коштують дорожче й потребують батарейок або живлення. Ємнісні датчики вирізняються дуже високою точністю, але складні в монтажі й дорогі – зазвичай застосовуються в промисловості. Інтегровані електронні системи передають дані на дисплей або додаток, забезпечують зручність та автоматизацію, проте залежать від сумісності з газобалонним обладнанням.

Таким чином, розробка та впровадження сучасних систем вимірювання рівня газу в автомобілях є важливим кроком до підвищення безпеки, ефективності та екологічності транспортних засобів.

					МММТ 480.013.014– ПЗ	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

1.1. Призначення та область застосування

Комп'ютеризована система повинна а автоматичному або в автоматизованому режимі забезпечити: контролю вмісту газу в баку автомобіля, вивести кількість газу на дисплей, вивести звукове оповіщення про критичний рівень газу.

Область застосування системи вимірювання вмісту газу в баку автомобіля є автомобільний транспорт. Потрібно створити загальну архітектуру системи, визначити оптимальну елементну базу, розробити принципову електричну схему, спроектувати друковану плату, розробити алгоритм роботи та програмне забезпечення. Крім того, слід провести аналіз точності та надійності системи, а також розглянути питання, пов'язані з охороною праці при її експлуатації.

Початок розробки – 22 квітня 2025 р.

Кінець розробки – 12 червня 2025 р.

1.2. Умови експлуатації

- Температура навколишнього середовища від -40°C до $+65^{\circ}\text{C}$;
- Відносна вологість до 95% при температурі $+25^{\circ}\text{C}$ (без конденсації);
- Атмосферний тиск 630-800 мм рт. ст, на великих висотах відбувається адаптація або ручне коригування;
- Хімічно активні компоненти відсутні;
- Віб्राція, тряска, удари, пил присутні;
- Характер роботи неперервний;
- Системна ремонтпридатна, відновлювальна;
- Джерело живлення – 5В та $12\text{ В}\pm 5\%$.

Система вимірювання рівня газу експлуатується безпосередньо в середині автомобіля, тому умови його роботи залежать від середовища, де

					МММТ 480.013.014– ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

пересувається транспортний засіб: міські та заміські дороги, гірська місцевість, регіони з екстремальним кліматом (від морозів до спеки).

Установку газобалонного обладнання разом з системою вимірювання газу слід проводити в сертифікованому сервісному центрі з дотриманням усіх вимог безпеки. Після монтажу проводиться первинне налаштування через спеціальне програмне забезпечення. Система вимірювання рівня газу в автомобілі в роботі не потребує частих втручань, проте варто дотримуватись рекомендацій та техніки безпеки.

1.3. Технічні параметри системи

На вхід системи подається:

- Сигнал з датчиків рівня газу в балоні.

На вихід системи подається:

- Звукове сповіщення про критичний рівень газу в балоні;
- Світлове оповіщення про роботу системи;
- Вивід вмісту газу в балоні автомобіля на дисплей.

Вхідними та вихідними сигналами керує мікроконтролер.

Режими роботи системи: автоматичний.

Технічні характеристики системи та її складових частин:

- Тоність повина складати: відносна похибка 1 %, абсолютна похибка вимірювання 0,35 л;
- Напрацювання на відмову повинно складати близько 13 000 годин;
- Діапазон вимірювання вмісту газу: від: 2 л до 35,5л;
- Дисплей використовує підключення по інтерфейсу I2C.

Система має бути побудована на основі уніфікованих компонентів, таких як мікроконтролер, датчик рівня газу, LCD-дисплей, світлодіоди та динамік. Застосування стандартизованих елементів забезпечує можливість їх оперативної заміни без необхідності вносити зміни до принципової електричної схеми.

					МММТ 480.013.014– ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.4.Вимоги до конструктивного оформлення

Конструктивно сиситема повина знаходиться: датчик рівня газу поміщаються в балоні, система виводу сигналів повинна знаходитися в автомобілі на приборній панелі та розміщена в пластиковому корпусі з певними доробками.

Габарити системи: 28х70х134мм (розмір плати 67х124 мм).

					МММТ 480.013.014– ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.ОГЛЯД ТА АНАЛІЗІСНУЮЧИХ СИСТЕМ

2.1.Схема та принцип роботи газобалонного обладнання

У нашій країні поширено біпаливні автомобілі, у яких як паливо використовується як бензин, так і газ. Для цього встановлюється газобалонне обладнання (ГБО). Таке рішення дозволяє зробити експлуатацію економічнішою, проте пов'язане з низкою незручностей. Один із них – контроль кількості газу.

Розглянемо схему газобалонного обладнання рис.2.1.



Рис.2.1. Схема газобалонного обладнання

Позначення в схемі газобалонного обладнання наступні:

- 1.Балон;
- 2.Контролер;
- 3.Газові форсунки;
- 4.Електроклапан;
- 5.Перемикач бензин/газ з індикатором;
- 6.Датчик тиску або датчик рівня газу;
- 7.Газовий фільтр /парова фаза;

					МММТ 480.013.014– ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		10

8.Редуктор.

Розглянемо детально всі елементи, їх опис та функції.

Балон має такі функції та опис:

- Ємність для зберігання газу;
- Може бути циліндричної або тороїдальної форми;
- Виготовляється з міцних матеріалів, таких як сталь або композитні

матеріали;

- Має запобіжні клапани для запобігання витоку газу;
- Розміщується в багажнику або під днищем автомобіля.

Контролер має такі функції та опис:

- Мозок ГБО;
- Керує подачею газу до двигуна;
- Збирає дані з датчиків та регулює роботу ГБО;
- Може мати різні функції, такі як автоматичне перемикавання на бензин,

підтримка холостого ходу, самодіагностика.

Газові форсунки мають такі функції та опис:

- Впорскують газ у впускний колектор двигуна;
- Підбираються відповідно до типу двигуна та покоління ГБО;
- Забезпечують точне дозування газу;
- Мають важливе значення для ефективної роботи ГБО.

Електроклапан має такі функції та опис:

- Перекриває подачу газу до двигуна в разі потреби;
- Використовується для запуску двигуна на бензині, а також для

аварійного відключення ГБО;

- Забезпечує безпечну експлуатацію ГБО.

Перемикач бензин/газ з індикатором:

- Дозволяє водію перемикатися між бензином та газом;
- Має індикатор, який показує, на якому паливі працює двигун;
- Забезпечує зручне керування ГБО.

					МММТ 480.013.014– ПЗ	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Датчик тиску або рівня газу:

- Вимірює тиск/рівень газу в системі;
- Передає дані до контролера;
- Дозволяє контролеру регулювати подачу газу;
- Забезпечує стабільну роботу ГБО.

Газовий фільтр /парова фаза:

- Очищає газ від домішок;
- Захищає форсунки та інші елементи ГБО від засмічення;
- Збільшує термін служби ГБО;
- Рекомендується регулярно міняти.

Редуктор виконує такі функції та має наступний опис:

- Знижує тиск газу до робочого рівня;
- Забезпечує подачу газу до форсунок;
- Може бути різних типів, залежно від покоління ГБО;
- Має важливе значення для ефективної роботи ГБО;

Важливо зазначити, що схема ГБО може варіюватися залежно від типу ГБО та моделі автомобіля. [1]

При використанні газоподібного метану балони заправляються під тиском, для індикації рівня на них встановлюють манометр. Пропан-бутан закачується в зрідженому стані, і щоб дізнатися скільки залишилося в балоні, необхідний датчика рівня газу.

Традиційна конструкція повторює бензинові аналоги і складається з поплавця, який змінює своє положення залежно від кількості рідкого газу та чутливого елемента. Його встановлюють на мультиклапан. За допомогою кабелю з'єднання сигнал виводиться на панель приладів, де встановлений блок індикації.

Принцип роботи такого пристрою досить простий. У середині газової ємності встановлюється поплавець. У міру надходження або зменшення палива він змінює своє просторове становище.

					МММТ 480.013.014– ПЗ	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Чутливий елемент реагує на переміщення поплавця та формує сигнал, який передається на пристрій перемикання виду палива. Калібрований сигнал виводиться на панель. Водій отримує інформацію про залишки газу в балоні, що дозволяє йому вчасно встановити необхідність дозаправки та скоригувати маршрут.

Більш сучасні та прогресивні розробки дозволяють датчику працювати без контакту з елементами газобалонного обладнання, за винятком самої ємності. У нижній частині прикріплюється ультразвуковий випромінювач, який з високою швидкістю визначає рівень газу та вводить дані у цифровому вигляді на індикатор[2].

Так, як темою дипломної роботи є саме вимірювання рівня газу для автомобіля, то варто окремо зупинитися на видах салонних індикаторів:

- світлодіодні: є послідовним рядом світлодіодів, які включаються в міру заповнення балона (рис.2.2,а);
- стрілочні показчики аналогового типу з використанням градуйованої шкали(рис.2.2,б);
- цифрових пристроїв (рис.2.2,в).



а)



б)



в)

Рис.2.2. Салонні індикатори для вимірювання рівня газу

Одночасно з візуальною індикацією може використовуватися звуковий сигнал, який повідомляє про перехід на бензин, коли газ закінчується [3].

2.2. Огляд та аналіз існуючих вимірювачів рівня газу в баку автомобіля

Система ГБО STAG 200 GoFast – це сучасне рішення для переобладнання автомобілів на газове паливо, спеціально розроблене для авто з менш складними двигунами (до 4 циліндрів). Вона поєднує у собі високий рівень надійності, простоту налаштування та економічність. GoFast має у своєму складі вдосконалений електронний блок керування, який забезпечує точну подачу палива, а також автоматичне коригування параметрів у режимі реального часу. Завдяки цьому забезпечується стабільна робота двигуна як на бензині, так і на газі.

Особливістю STAG 200 GoFast є його компактність, легкість у встановленні та адаптивність до різних типів авто. У системі використовуються інноваційні технології STAG, що дозволяють знизити витрати на паливо без шкоди для потужності та ресурсу двигуна. Водії відзначають плавність ходу та майже непомітне перемикання між видами пального. Це ідеальне рішення для тих, хто прагне економити, зберігаючи комфорт і динаміку.

Салонний індикатор призначений для керування системою ГБО STAG 200 GoFast (рис.2.3). Пристрій забезпечує легке та швидке перемикання між бензином та газом, а також відображає поточний рівень газу в балоні за допомогою світлодіодної індикації. Перемикач відрізняється компактним дизайном, простотою встановлення та високою надійністю, забезпечуючи комфортне керування газобалонною системою автомобіля.



Рис.2.3. Салонний індикатор призначений для системи STAG 200 GoFast

					МММТ 480.013.014– ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

Основні функції:

- Салоний індикатор призначений для системи STAG 200 GoFast наступні;
- Перемикачі режиму палива (газ/бензин одним натиском або автоматично);
- Світлова індикація: відображення рівня газу в 5 сегментах;
- Звукова оповіщення про зміні палива, закінчення палива та помилках.

Технічні характеристики салону індикатора STAG 200 GoFast:

- Тип підсвітки: LED;
- Звуковий зумер: інтегрований;
- Кількість підключень: 3-різ;
- Напруга живлення: 12 В;
- Матеріал: зносостійкий полімер;
- Гарантія: 12 місяців.

Блок керування Stag 200 Go-Fast представлений на рис.2.4.

Контролер встановлюється на всі чотирициліндрові атмосферні двигуни. Контролер оснащений 32-бітним процесором, корпус виготовлений з високоміцного пластику і має компактну форму, що дозволяє встановити блок у будь-якому місці в підкапотному просторі.



Рис.2.4. Блок керування Stag 200 Go-Fast

Технічні характеристики блоку керування Stag 200 Go-Fast:

- Кількість циліндрів: чотири;

					МММТ 480.013.014– ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

- Датчик тиску та вакууму: PS 04 Plus;
- Датчик рівня газу: WPGH-1;
- Рознімання на газові форсунки: рознімання типу Valtek 4 шт;
- Матеріал блоку управління: пластик;
- Автоадаптація: Ні;
- OBD корекція: Ні;
- Напруга живлення: 12 В
- Гарантія: на блок 24 місяці [4].

Датчик рівня газу WPGH-1 представлений на рис.2.5.



Рис.2.5. Датчик рівня газу WPGH-1

Датчик рівня газу Stag WPGH-1 встановлюється на мультиклапан балона та призначений для максимально точної передачі інформації про рівень наповнення газовим паливом. Отримані дані через провід передаються на газовий блок управління, після чого виводяться на світлодіодну панель для індикації рівня газу. Датчик Stag WPGH-1 сумісний із будь-якими газовими системами 1-4 покоління (крім BRC) і підходить для використання з мультиклапанами Tomasetto, Lovato, Atiker, Torelli та багатьох інших виробників.

Основні технічні характеристики датчика STAG WPGH-1 включають: вихідний сигнал напруги в діапазоні 0-5 В, резерв напруги 0,8 В, напруга при повному балоні 4,5 В (при висоті 25 мм), висота конструкції 15 мм та опір 50 кОм [5].

Наступним готовим технічним рішенням вимірювання рівня газу автомобіля є датчик рівня газу ультразвуковий GREENGAS Ultra рис.2.6.

					МММТ 480.013.014- ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16



Рис.2.6. Датчик рівня газу ультразвуковий GREENGAS Ultra

GREENGAS UltraZ – це датчик рівня нового покоління з ультразвуковим методом вимірювання пропан-бутану в автомобільному балоні. Його також можна використовувати і для вимірювання дизельного палива, бензину та інших рідин у ємностях із круговою формою перерізу. Для точних показників необхідно, щоб балон обов'язково був встановлений в горизонтальному положенні. Випускається такий датчик в Україні компанією РКС-Телеметрія. Підійде ГБО систем всіх поколінь.

Паливо, що вимірюється датчиком – бензин, скраплений нафтовий газ, дизельне паливо та інше.

Особливості та переваги датчика:

1. Функціональність. Цей датчик рівня не тільки показує залишок палива, але й здатний відображати рівень заправленого палива на станції автозаправки. Крім того, він точніше визначає витрату, тому буде корисним не лише приватним автовласникам, а й власникам комерційного транспорту;

2. Зручність. Датчик відображає залишок палива у точному цифровому значенні. Це дозволить власнику більш точно планувати відвідування заправки та витрати газу на автомобілі. Крім того;

3. Точність. Показник похибки вибирається у 2 відсотків, а сфері ГБО це досить низький показник;

					МММТ 480.013.014– ПЗ	Арк.
						17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. Безпека. Датчик рівня кріплять до днища ємності, і він не має контактів із паливом;

5. Простота. Він дуже простий в установці та калібруванні. Все програмне забезпечення, інструкції та навчальний матеріал знаходяться у безкоштовному доступі.

Вимірювач монтується на дні балона із зовнішнього боку та фіксується за допомогою троса. Перетворювач встановлюється на панелі приладів, він розраховує рівень палива виходячи з результатів, отриманих від вимірювача. Відображає показники рівня на спеціальному цифровому табло. Після здійснення нескладного налаштування рівень рідини буде перерахований з сантиметрів у літри і передаватиме дані на бортовий комп'ютер автомобіля.

Датчик рівня газу ультразвуковий GREENGAS Ultra наступні:

- Для ГБО: усіх поколінь;
- Вид систем: на пропан-бутані;
- Напруга живлення: 9-36В;
- Температура: -40..+70 °С;
- Інтерфейс: RS232 (RS485);
- Виробник: РКС-телеметрія, Україна;
- Гарантія: 12 місяців [6].

Наступним готовим технічним рішенням для вимірювання газу для авто є показник рівня палива цифровий УУТ-5 (рис.2.7), що виробляється малими партіями інженером розробником в Україні.



Рис.2.7. Показчик рівня палива цифровий УУТ-5

					МММТ 480.013.014– ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

Показчик рівня палива (газ, бензин, дп) в баку авто з відображенням результату в цифровому вигляді + вольтметр. Дуже зручно і інформативно. Можливе застосування на газ пропан спільно з датчиком рівня газу типу WPGH1 (трьохконтактний) або LpgTech (трьохконтактний).

Характеристики цифрового показника рівня палива УУТ-5:

1. Живлення 12,6 – 14,8 В (можливе виготовлення варіанту на 24В).
2. Прилад можна підключати як паралельно з штатним стрілочним приладом авто, так і замість нього.
3. Діапазон ємності бака: 0 - 999 літрів.
4. Ємність бака задається користувачем під час калібрування.
5. Точки калібрування користувач розставляє на свій розсуд в процесі калібрування (максимально можна задати 64 контрольні точки).
6. Розмір: в корпусі 19x38x57мм.

Прилад дозволяє калібрувати по ходу експлуатації. Наприклад, якщо при першій калібрування немає в наявності 40Л бензину, то можна відкалібрувати 0л і 15л. А потім, коли в наступний раз бак буде повним відкалібрувати 40л. Або якщо по ходу експлуатації датчик в баку працює з великою похибкою, тобто прилад показує 8л, але там 100% є 10л, то тут же потрібно увійти в режим калібрування і підкоригувати покази.

Цей пристрій виводить на РК дисплей показання датчика палива в баку і напругу бортової мережі. Живлення від бортової мережі авто – 12В. Показчик виготовляється у вигляді друкованої плати з деталями [7].

Ще одним готовим технологічним рішенням для вимірювання газу в автомобілі є ГБО системи Lovato. Перемикач для інжекторної системи Lovato та блок управління Lovato E-GO представлені на рис.2.8-2.9.



Рис.2.8. Перемикач для інжекторної системи Lovato

					МММТ 480.013.014– ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

Перемикач зміни видів палива (газ-бензин) Lovato використовується в інжекторних системах ГБО для переключення джерела живлення двигуна автомобіля з бензину на газ.

Перемикач газ-бензин lovato ще виконує одну функцію – показує індикацію рівня палива в газовому балоні за допомогою світлодіодної шкали з п'ятьма яскравими світлодіодами (1-червоний та 4-зелені). Вбудований зумер (звуковий сигнал) попереджає водія двома короткими сигналами про залишок мінімального рівня газу в балоні та вмикається червоний світлодіод.

Оснащений шкалою індикації на 5 поділок зі світлодіодами. При повному балоні всі покажчики будуть включені. У міру зменшення кількості палива в балоні світлодіоди почнуть гаснути. Варто відзначити, що дані покажчика залишку палива є приблизними. Також на панелі відображається яке саме паливо використовується в даний момент. Коли споживається бензин, то горить покажчик з символом колонки, а при споживанні газу горить покажчик з балоном і буквою «G».

Технічні характеристики перемикач lovato:

- Покоління ГБО: 4-те;
- Паливо: пропан-бутан/метан;
- Індикація: 5 світлодіодів;
- Живлення: 12В;
- Виробник: lovato SPA;
- Країна: Італія;
- Гарантія: 12 місяців [8].



Рис.2.9. Блок управління системи Lovato E-GO

					МММТ 480.013.014– ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Блок керування Lovato E-GO використовується в ГБО 4го покоління, з можливістю роботи на метані (CNG) та пропан-бутані (LPG).

Герметичний корпус блоку Lovato E-GO виготовлений з якісного міцного полімера, а компактні, зручні розміри сприяють легкій установці в автомобілі.

Контролер Lovato E-GO обладнаний роз'ємом на 24 pin (контактів для підключення на проводку). Блок управління електроної інжекторної системи Lovato E-GO оснащений системою діагностики для кожного компонента ГБО окремо, що дозволяє швидко виявити несправності та значно спрощує технічне обслуговування системи.

Lovato E-GO має функцію автоматичного калібрування ГБО системи на всіх режимах роботи автомобільного двигуна для отримання найкращого результату.

Цифровий датчик рівня Lovato відповідає найвищим газобалонним автомобільним стандартам. Датчик рівня газу Lovato представлений на рис.2.10.



Рис.2.10. Датчик рівня газу Lovato

Випускається іменитим італійським брендом Lovato SPA. Знайшов застосування в системах 4-го покоління (пропан-бутан).

Датчик визначає кількість газу в балоні в залежності від переміщення поплавка, для забезпечення магнітного зв'язку. Він герметичний, що убезпечить від потрапляння вологи, пилу та інших сторонніх фракцій, які могли б вивести його з ладу. Сумісний з сучасними мультиклапанами представленими на ринку.

					МММТ 480.013.014- ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

Пристрій забезпечує точний, пропорційний електричний сигнал, по відношенню до кількості газу, що дозволяє вам легко налаштувати показання між повним балоном і резервними залишками за допомогою програмного забезпечення.

Відсутність механічних контактів забезпечує більш високу надійність пристрою, оскільки елементи не піддаються тертю.

Технічні характеристики датчика рівня газу Lovato:

- Номінальна напруга: 5В;
- Кутова точність: 0-148°;
- Діапазон робочих напруг: -40°C +120°C;
- Струм: 8,5 мА [9].

Порівняльна таблиця систем вимірювання рівня газу для автомобіля зведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1. Порівняльна таблиця систем вимірювання рівня газу

Характеристика	УУТ-5	GREENGAS UltraZ	STAG 200 GoFast	Lovato
Тип пристрою	Цифровий індикатор	Ультразвуковий датчик	Інжекторна система ГБО	Інжекторна система ГБО
Тип вимірювання	Контактний (через рівень в балоні)	Безконтактний (ультразвук)	Вбудований датчик WPGH-1	Аналоговий датчик
Точність	Середня	Висока (до $\pm 2\%$)	Середня	Низька-середня
Універсальність	Для бензину, дизеля, газу	Для бензину, дизеля, зрідженого газу	Для ГБО (до 4 циліндрів)	Для ГБО
Індикація рівня пального	Цифрова (літри або відсотки)	Цифрова, передача в бортову систему	LED-індикація або через діагностику	Стандартна аналогова індикація
Переваги	Простота, бюджетність	Безконтактність, висока точність	Компактність, стабільна робота двигуна	Простота, надійність
Недоліки	Менша точність	Вища ціна	Менша точність у порівнянні з UltraZ	Менша точність, старіша технологія

Створення власної системи вимірювання рівня газу для автомобіля є доцільним кроком у напрямку підвищення точності, зручності та адаптивності

контролю пального. Існуючі рішення, хоч і мають свої переваги, часто не забезпечують повного балансу між точністю, надійністю, вартістю та зручністю інтеграції. Наприклад, аналогові датчики мають низьку точність, цифрові – обмежену універсальність, а ультразвукові – досить дорогі та складні в монтажі.

Розробка власної системи дозволяє створити оптимальне рішення з урахуванням специфіки певного типу транспорту, балонів та умов експлуатації. Це відкриває можливість інтегрувати дані в сучасні бортові комп'ютери, застосовувати інтелектуальні алгоритми прогнозування залишку пального та підвищити загальну безпеку й комфорт під час експлуатації автомобіля. Така система може стати конкурентною перевагою на ринку автогазового обладнання й сприяти технологічному розвитку галузі.

					МММТ 480.013.014– ПЗ	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ

3.1. Обґрунтування датчика рівня газу

Для вимірювання рівня газу в баку потрібно обрати датчик вимірювання рівня газу. Пропонується розглянути існуючі датчики вимірювання рівня газу.

Датчики рівня газу, призначені для оповіщення водія, бувають двох типів: електромеханічні, з поплавком, та ультразвукові, безконтактні.

Ультразвукові датчики (рис.3.1) технологічніші, простіші в експлуатації. Для установки не потрібно нічого, крім магніту, яким прилад кріпиться до зовнішньої стінки балона, що знаходиться у горизонтальному положенні. Показання датчика надходять на контролер, звідки перераховані міліметри, літри чи відсотки передаються на індикатор. У ролі останнього може бути смартфон, будь-який прилад, оснащений цифровим дисплеєм. Можлива передача даних на термінал GPS. Похибка вимірів становить 3-5%. Такі прилади використовуються рідко через вищу вартість.



Рис.3.1. Ультразвуковий датчик для вимірювання рівня газу

Іншим типом датчиків є традиційні резисторні прилади (рис.3.2), у яких використовується поплавець.



Рис.3.2. Резистивний датчик з поплавцем для вимірювання рівня газу

					МММТ 480.013.014– ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

Вони, у свою чергу, поділяються на 2- та 3-контактні. Відмінності ведуться і з опору, що становить різних типів або 50 кОм, або 90 Ом. Датчики доповнюють мікросхемою, показчиком, що дозволяє виконувати функції самостійного індикатора. Одночасно сигнал передається на світловий чи інший засіб відображення інформації. Такі датчики менш точні, але значно дешевші.

У газобалонному обладнанні 4 покоління і вище існує і третій вид датчиків, функція яких забезпечення точного дозування подачі газу і своєчасного переходу на бензин при спустошенні балона. Це датчики температури та тиску, які встановлюються безпосередньо на редукторі-випарнику та перед ним. Покази цих датчиків передаються на електронний блок, який за допомогою форсунок керує упорскуванням газу камеру згоряння [2].

Для вимірювання рівня газу пропонується обрати резистивний датчик з поплавцем.

3.2. Обґрунтування мікроконтролера

Для отримання сигналів з датчика рівня, прорахунок значень в літрах та вивід на дисплей, керування звуковим та світловим оповіщенням потрібно застосувати мікроконтролер.

Розглянемо такі популярні мікроконтролери на 2025 рік: STM32F030, ESP32, ESP8266, ATmega328P [10-12].

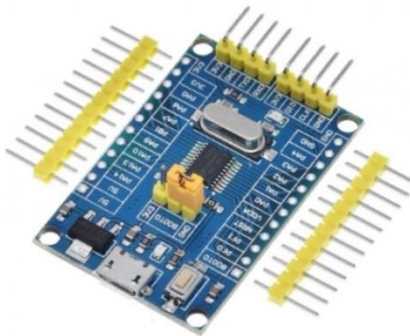


Рис.3.3.Зовнішній вигляд мікроконтролера STM32F030

					МММТ 480.013.014– ПЗ	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Плата розробника мінімальної конфігурації для прототипування та використання 32-бітного мікроконтролера STM32F030F4P6 Cortex-M0. Мікроконтролер STM32F030F4P6 – це високопродуктивне 32-розрядне процесорне ядро RISC ARM Cortex-M0. Працює на частоті 48 МГц, з високошвидкісною вбудованою пам'яттю 16 КБ та 4 Кбайт SRAM). Мікроконтролер має стандартні комунікаційні інтерфейси: 12-бітові АЦП, I2C, SPI, USART. Мікроконтролер STM32F030F4P6 може використовуватися для управління вбудованими пристроями, в радіо/відео приймачах, цифровому телебаченні, периферійних пристроях для ПК, ігрових та GPS платформах, в промисловості, ПЛК, інверторах, принтерах, сканерах, системах сигналізації.

Характеристики:

- Номер моделі: STM32F030F4P6;
- Тип: 32 розрядний мікроконтролер;
- Розрядність ядра: 32-бітний ARM Cortex-M0;
- Тактова частота: 48 МГц;
- Інтерфейси: I²C, SPI, UART/USART;
- Периферія: DMA, POR, PWM, WDT;
- Розмір пам'яті програм: 16 КБ (16 КБ x 8);
- Розмір пам'яті даних: 4КБ;
- Тип генератора: внутрішній;
- Напруга на цифрових входах/виходах: 2,4 – 3,6 В;
- Напруга на аналогових виходах 3,6 В;
- Робоча Температура: -55°C ~ 85°C, 0-70°C [13].

ESP32 DevKit v1 Wi-Fi Bluetooth ESP32-WROOM-32 (рис.3.4) плата розробника – це мікроконтролер Bluetooth та WiFi модуль одночасно. ESP32 DevKit v1 використовується для програмування, контролю, керування в різних проектах, в яких потрібне використання мікроконтролерів або можливе підключення до програмного забезпечення, яке виконується на комп'ютері.

					МММТ 480.013.014– ПЗ	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

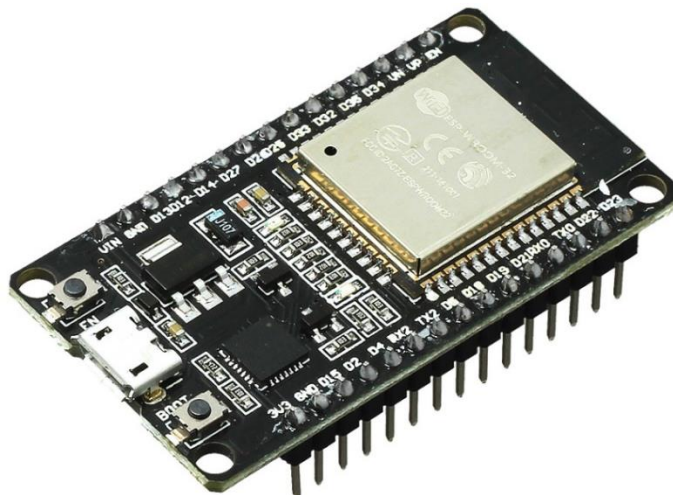


Рис.3.4.Зовнішній вигляд плати ESP32

Плата розробника ESP32 DevKit v1 створена на базі 2-ядерного процесора Xtensa Dual-Core 32-bit LX6, який працює із тактовою частотою 80, 160 або 240 МГц. ESP32 DevKit v1 має 520 Кбайт оперативної пам'яті, 448 Кбайт флеш-пам'яті.

Дополнительные характеристики:

- тактова частота процесора: 80, 160 чи 240 МГц;
- оперативна пам'ять: 520 Кбайт;
- флеш-пам'ять: 448 Кбайт;
- перетворювач USB - UART: CP2102;
- кількість висновків плати: 30;
- розміри 51 x 28 x 13 мм;
- колір: чорний;
- гарантія: 1 місяць [14].

Мікроконтролер ESP8266 (рис.3.5), який є UART-WiFi модуль з ультра низьким споживанням. Сам мікроконтролер проектувався для пристроїв зі світу інтернет речей. Готові модулі на базі мікроконтролеру ESP8266 дозволяють спростити розробку, так як на ній вже реалізовано підключення по USB.

					МММТ 480.013.014– ПЗ	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



а)



б)



в)

Рис.3.5. Зовнішній вигляд чіпа ESP8266 в різних версіях модулів а,б,в

Технічні характеристики:

- WiFi стандарту: 802.11 b/g/n;
- Підтримка: STA/AP/STA + AP режимів;
- Вбудований стек протоколів TCP/IP з підтримкою множинних клієнтських підключень (до 5);
 - D0 ~ D8, SD1 ~ SD3: можуть бути використані як GPIO, PWM, ІІС, та інші;
 - Струм на виході: 15 мА;
 - AD0: 1 виведення АЦП Power input: 4.5В ~ 9В (10VMAX), USB-powered, providing USB debugging interface;
 - Живлення: 4.5-9В (10В максимум), живлення від USB з наданням налагоджувального інтерфейсу;
 - Споживання: обмін даними: ≈ 70 мА (200 мА максимум), очікування < 200 мкА;
 - Швидкість передачі: 110-460800 б/сек;
 - Підтримка UART/GPIO інтерфейсів передачі даних;
 - Перепрошивка з хмари або через USB;
 - Діапазон робочих температур: $-40^{\circ}\text{C} \sim +125^{\circ}\text{C}$;
 - Тип живлення: подвійний потужний драйвер Н-міст [15].

Розглянемо ще один популярний мікроконтролер ATmega328, що представлений на рис.3.6.

					МММТ 480.013.014– ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

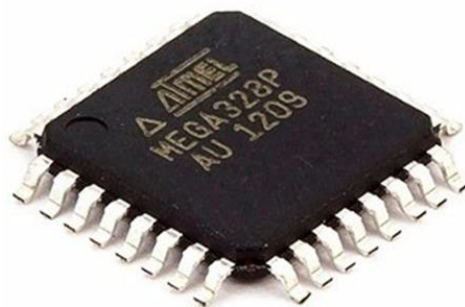


Рис.3.6. Зовнішній вигляд ATmega328

ATmega328 – це 8-бітний мікроконтролер родини AVR, розроблений компанією Atmel (тепер Microchip Technology). Він став надзвичайно популярним завдяки своїй використаності в платах Arduino, зокрема Arduino Uno. Завдяки низькому енергоспоживанню, широкому набору периферійних інтерфейсів та легкості програмування, ATmega328 широко застосовується в аматорській електроніці та вбудованих системах.

Технічні характеристики:

- Тактова частота: 0 - 20 МГц;
- Обсяг Flash-пам'яті: 32 кб;
- Обсяг SRAM-пам'яті: 2 кб;
- Обсяг EEPROM-пам'яті: 1 кб;
- Напруга живлення: 1,8 - 5,5 В;
- Струм в режимі роботи: 0,2 мА (1 МГц, 1,8 В);
- Струм в режимі сну: 0,75 мкА (1 МГц, 1,8 В);
- Кількість таймерів / лічильників: 2 восьмибітних, 1 шістнадцятибітну;
- Загальна кількість портів: 23;
- Кількість PWM виходів: 6;
- Кількість каналів АЦП (аналогові входи): 6;
- Кількість апаратних USART (Serial): 1;
- Кількість апаратних SPI: 1 Master / Slave;
- Кількість апаратних I²C / SPI: 1;
- Дозвіл АЦП: 10 біт [16].

Для порівняння та вибору оптимального мікроконтролеру зведемо в таблицю мікроконтролери: STM32F030, ESP32, ESP8266, ATmega328P табл.3.1.

Таблиця 3.1.Порівняння популярних мікроконтролерів

Мікроконтролер	Переваги	Недоліки	Периферія	Живлення
STM32F030	Потужний, багато GPIO, ADC, дешевий, гнучкий у налаштуваннях	Складніший для новачків (але у тебе вже є досвід)	ADC, PWM, UART, I2C, SPI	3.3В або 5В
ESP32	Вбудований Wi-Fi, багато GPIO, Arduino-сумісний	Вищий рівень енергоспоживання	ADC, PWM, UART, I2C, SPI	3.3В
ESP8266	Компактний, Wi-Fi, дешевший за ESP32	Менше GPIO, менше пам'яті	ADC (1 вхід), UART, I2C	3.3В
ATmega328P	Простий у використанні, багато бібліотек, Arduino-сумісний	Менше пам'яті, обмежена периферія	ADC, PWM, UART, I2C, SPI	5В

З таблиці 3.1 [17] слідує, що всі мікроконтролери підходять для нашого проекту: всі мають аналогові та цифрові входи, живлення 3 та 5В, кількість виводів достатня та присутній інтерфейс I2C. Так як даний проєкт не потребує Wi-Fi передачі сигналу, то достатньо використати простіший мікроконтролер чи платформу, а саме пропонується використати мікроконтролер ATmega328 чи готову невелику платформу на базі ATmega328. Враховуючи мініатюрність макету для вимірювання рівня газу в баці авто, то це може бути Arduino Nano, Arduino Mini.

3.3. Обґрунтування світлового та звукового оповіщення

У сучасних електронних системах часто використовуються світлові та звукові індикатори для інформування користувача про стан пристрою або про виникнення певної події. Серед них найбільш поширеними є світлодіоди (LED) та звукові бузери.

					МММТ 480.013.014– ПЗ	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для оповіщення роботи системи застосуємо світлове оповіщення, а саме зелений світлодіод. Для оповіщення про критичний рівень газу в баку застосуємо звукове оповіщення.

Зелений світлодіод застосовується як індикатор нормального режиму роботи. Зелений колір зазвичай асоціюється з безпекою, стабільністю та дозволом на дію, тому його використовують для сигналізації про коректне функціонування системи або про готовність до роботи.

Звуковий буюер використовується для негайного привернення уваги користувача. На відміну від світлових індикаторів, які можна непомітити, звук привертає увагу незалежно від того, куди спрямований погляд користувача. Буюери застосовуються для сповіщення про помилки, завершення процесу або інші важливі події, які потребують реакції.

Поєднання зеленого світлодіода та буюера забезпечує ефективне оповіщення у візуальній та аудіальній формах, що підвищує зручність та безпеку експлуатації пристрою.

3.4. Обґрунтування дисплея

У системах моніторингу стану автомобіля важливо забезпечити чітке, наочне та доступне для водія відображення ключових параметрів. Одним із таких параметрів є рівень газу в паливному баку.

Вибір дисплея зумовлений необхідністю зручного візуального подання інформації на приладовій панелі. Він дозволяє виводити числові значення рівня газу, а також графічні елементи, як-от шкала або піктограма. Це підвищує інформативність і дозволяє водію швидко оцінити ситуацію.

Існує кілька основних типів дисплеїв, які використовуються в електронних проєктах:

1. LCD-дисплеї (Liquid Crystal Display) – один із найпоширеніших варіантів, наприклад, 16x2 або 20x4. Показують текстову інформацію, мають низьке енергоспоживання та часто використовуються з інтерфейсом I2C для економії виводів мікроконтролера.

					МММТ 480.013.014– ПЗ	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. OLED-дисплеї (Organic LED) – компактні, з високою контрастністю і насиченим зображенням. Підтримують як текст, так і графіку, можуть працювати навіть при низькому освітленні.

3. TFT-дисплеї (Thin-Film Transistor) – кольорові дисплеї з високою роздільною здатністю. Дають змогу виводити графіку, інтерфейси та анімації, але споживають більше енергії.

4. E-Ink (електронне чорнило) – ідеальні для низького енергоспоживання і читання при яскравому світлі. Використовуються рідше, але актуальні для дисплеїв, де зміни інформації відбуваються рідко.

Для мініатюрності системи обрали Arduino Nano, відповідно кількість виводів обмежена, тому потрібно застосувати дисплей у якого підключення здійснюється з мінімальною кількістю виводів. Дисплеї з I2C-інтерфейсом дозволяють підключити дисплей до мікроконтролеру фактично через два виводи SDA і SCL, не враховуючи загальних живлення та заземлення.

Всі ці дисплеї можуть мати I2C-інтерфейс або адаптери для нього, що робить їх зручними для інтеграції в автомобільні чи інші проєкти.

Так, як система вимірювання рівня газу в баку авто, буде виводити тільки рівень газу в літрах, то достатньо самого простого та економічного варіанту, як LCD-дисплей.

3.5. Обґрунтування живлення системи

Живлення системи – це подача електричної енергії до всіх її компонентів для забезпечення їхньої правильної роботи. У контексті мікроконтролерних або автомобільних систем, важливо, щоб усі компоненти отримували відповідну напругу згідно з технічними характеристиками.

Живлення системи буде відбуватися від бортового комп'ютера авто, тобто 12-14,2 В. Живлення більшості складових системи становить 5В. Для стабілізації напруги живлення потрібно застосувати понижуючий стабілізатор напруги.

					МММТ 480.013.014– ПЗ	Арк.
						32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Лінійний стабілізатор (наприклад, 7805) – простий у використанні, але розсіює багато тепла, менш енергоефективний.

2. Імпульсний перетворювач (DC-DC конвертер) – ефективніший, менше гріється, часто використовується у практичних проєктах (наприклад, модуль LM2596).

Такі модулі встановлюються між джерелом 12В і споживачами, забезпечуючи стабільні 5В для живлення мікроконтролера, дисплея, датчиків тощо.

Так як система буде працювати 24/7, тому враховуємо ефективність стабілізатора напруги та обираємо модуль LM2596.

3.6. Структурна схема

Враховуючи складові системи та їх зв'язки, побудуємо структурну схему рис.3.7.



Рис.3.7. Структурна схема

Складові структурної схеми наступні:

- Мікроконтролер;
- Датчик рівня газу;
- Зелений світлодіод;
- Бuzzer;
- Стабілізатор напруги;
- Дисплей.

4. РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ

4.1. Вибір датчика рівня газу

Датчик рівня газу AC Stag WPGH-1 встановлюється на мультиклапан балона, основна функція його – передавати максимально правильну інформацію про рівень наповнення газовим паливом балона. Зібрану інформацію про кількість газу в балоні він через проведення передає газовому блоку управління, далі інформація надходить на світлодіодну панель, яка інформує про рівень наповнення балона газовим паливом.



Рис.4.1. Датчик рівня газу WPGH-1

Датчик рівня палива Stag WPGH-1 може застосовуватись у будь-якій (крім BRC) газовій системі 1-4 покоління та сумісний з будь-якими газовими балонами та мультиклапанами, такими як – Tomasetto, Lovato, Atiker, Torelli та інших компаній.

Безконтактний wrgh-1 wrpg датчик рівня газу (датчик Холла) показує рівень газу з лінійною вихідною напругою. Напруга за відсутності газу – 0 В, бак повний – 5В. Ефект Холла – явище виникнення поперечної різниці потенціалів, так званої холівської напругою, при розміщенні провідника з постійним струмом у магнітне поле.

Датчик рівня газу STAG WPGH-1 має такі технічні характеристики:

- вихідний сигнал напруги: 0-5 В (збільшення), резерв: 0,8 В;
- вхідна напруга живлення 12 В;
- повний бак: 4,5 В 25 мм;
- висота: 15 мм;
- опір 50 кОм [5].

					МММТ 480.013.014- ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

4.2. Вибір мікроконтролера

В якості мікроконтролера обрана платформа Arduino Nano (рис.4.2) бази мікроконтролера ATmega328.



Рис.4.2.Зовнішній вигляд Arduino Nano

Розпіновка Arduino Nano представлена на рис.4.3.

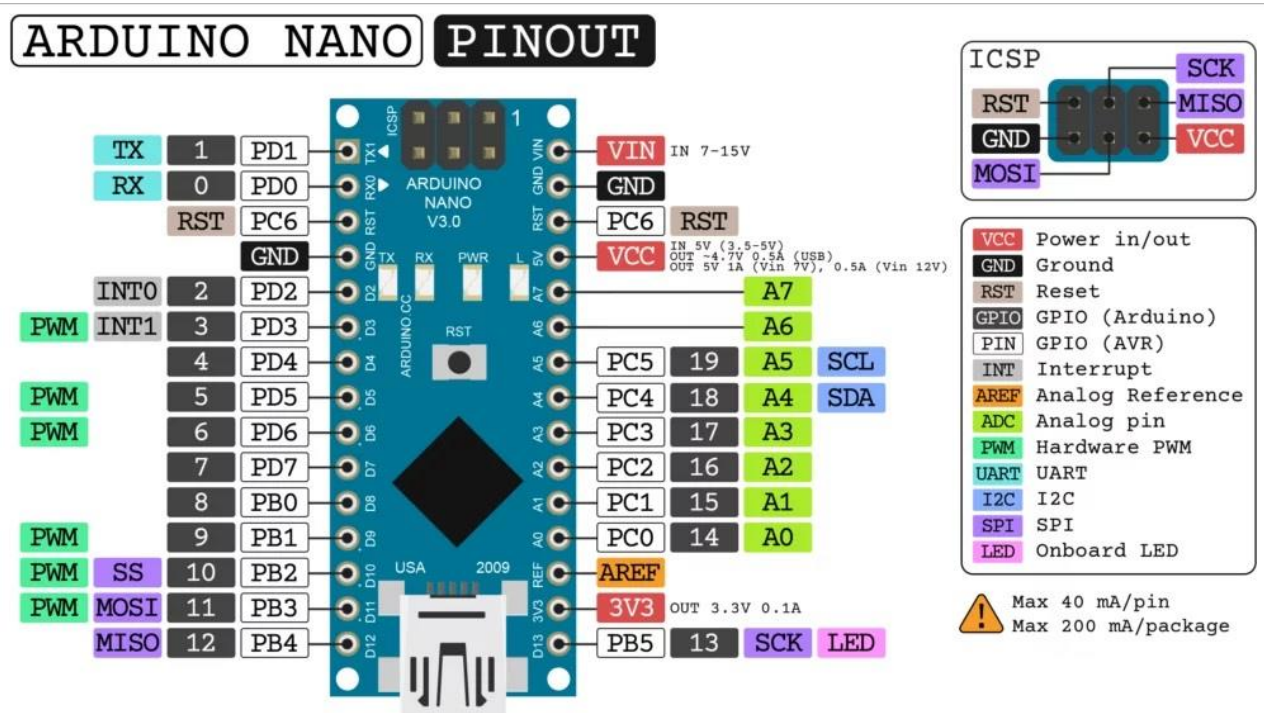


Рис.4.3.Розпіновка Arduino Nano представлена

Arduino Nano – одна із найпопулярніших моделей плат сімейства Ардуіно. Є налагоджувальною платою на базі 8-бітного мікроконтролера ATmega328p (є версії на ATmega168p) сімейства AVR – досить старе, але добре збалансоване за характеристиками та комфортне в освоєнні та програмуванні.

На базі цього ж МК існують плати Arduino UNO і Arduino Pro Mini, але вони дуже поступаються моделі Nano у зручності використання: UNO має вкрай невдалу конструкцію (не вставляється в макетну плату) і на ній виведені не всі аналогові піни мікроконтролера, незважаючи на величезний розмір самої плати. Pro Mini вимагає наявності зовнішнього USB програматора і має незручне розташування пінів для роботи на макетній платі.

Технічні характеристики:

- Напруга живлення МК: ~3.. 5В (від 1.5В при зниженій частоті);
- Живлення через стабілізатор: 7-15В;
- Макс. струм із піна 40 mA;
- Мак. сумарний струм з пінів 200 mA;
- Струм споживання від ~5 мкА (МК у режимі сну на модифікованій платі) до ~20 mA (на стокове платі у звичайному режимі);
- Частота процесора: 16 MHz;
- Flash пам'ять (програма): 32 кБ;
- SRAM пам'ять (оперативна): 2 кБ;
- EEPROM пам'ять: 1 кБ;
- Цифрові піни: 20;
- Аналогові піни 8;
- Апаратні ШІМ: піни 6;
- Апаратні інтерфейси: 1x SPI, 1x I2C, 1x UART [18].

4.3. Вибір світлового та звукового оповіщення

Для сигналізації роботи системи пропонується використати зелений світлодіод. Для сигналізації критичного рівня газу в баці автомобіля системи пропонується використати звуковий сигнал, а саме бузер.

Зелений світлодіод представлений на рис.4.4. Зовнішній вигляд бузера на рис.4.5.

					МММТ 480.013.014– ПЗ	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Технічні характеристики:

- Колір свічення: зелений;
- Корпус/ Розміри: 5 mm;
- Тип лінзи: дифузна;
- Падіння напруги: 2,14 В;
- Сила світла/ Світловий потік: 80...200 mcd;
- Кут огляду: 120°;
- Форма: Кругла;
- Довжина хвилі: 572 nm;
- Виробник: Yetda [19].



Рис.4.4.Зовнішній вигляд зеленого світлодіода Yetda



Рис.4.5.Зовнішній вигляд бузера

Активний зумер, названий також як бузер (від англійської buzzer) – найпростіший модуль для отримання звуку частотою близько 2.3 кГц.

Технічні характеристики:

- Живлення: 3.3В, 5В;
- Ток: до 30мА;
- Частота звуку: 2,3 кГц;
- Діаметр: 12мм;
- Висота: 9.6мм [20].

					МММТ 480.013.014– ПЗ	Арк.
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.4.Вибір дисплея

Для виводу кількості газу в балоні пропонується використати LCD1602 дисплей з інтерфейсом I2C рис.4.6.



Рис.4.6. Зовнішній вигляд дисплею LCD1602

LCD – дисплей 1602 + модуль шини I2C/IIC ідеальне рішення для проєктів, які розробляються за допомогою родини мікроконтролера Ардуїно. Дисплей Arduino 1602 може показувати інформацію в 16 символах, які розміщуються на два рядки.

Під час підключення графічного дисплея використовується модуль I2C, який дуже сильно спрощує підключення і водночас використовує тільки 4 піна для під'єднання. Два використовуються для живлення і два для передавання даних.

Параметри LCD - дисплея 1602:

- LCD контролер: HD44780.
- 16 символів.
- 2 рядки.
- Напруга живлення: 5 В.
- Висота 36 мм.
- Ширина 80 мм.
- Колір фону: синій та жовтий [21].

					МММТ 480.013.014– ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		38

4.5. Вибір живлення системи

Живлення системи для вимірювання рівня кількості газу в баці автомобіля буде відбуватися від бортового комп'ютера автомобіля, а це 12-14,2 В. Датчик рівня газу WPGH-1 має вхідну напругу живлення 12 В та буде живиться від бортового комп'ютера автомобіля. Щоб живлення було стабільне 12 В, а не більше, потрібно підключити резистор на 11кОм.

Напруга живлення складових в розроблюваної системі наступні:

- Платформа Arduino Nano: 5В;
- Датчик рівня газу WPGH-1: вхідна 12 В, сигналу 0-5В;
- Дисплей LCD1062: 5В;
- Бuzzer: 3,3-5В;
- Світлодіод: 2-3,5В.

Напруга живлення більшості складових системи становить до 5В, тому для стабілізації напруги живлення потрібно застосувати понижуючий стабілізатор напруги LM2596 (рис.4.7). Розташування пінів представлено на рис.4.8.



Рис.4.7. Стабілізатор напруги LM2596

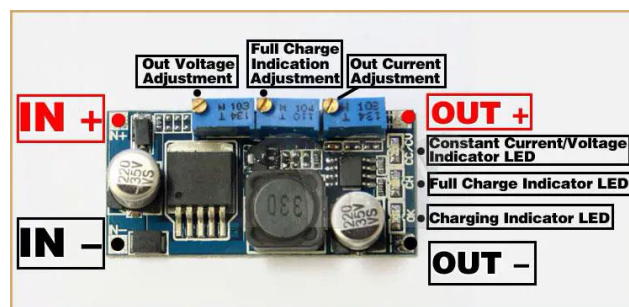


Рис.4.7. Розташування пінів стабілізатор напруги LM2596

					МММТ 480.013.014- ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

Високоєфективний універсальний регульований понижувальний перетворювач напруги з можливістю регулювання напруги та індикації максимального вихідного струму та напруги закінчення заряджання.

Застосована мікросхема LM2596 має високий ККД та малі втрати на нагрівання, що дозволило застосувати її без додаткового радіатора. У модулі застосовано сучасний фільтр на конденсаторах з низьким ESR, що знизило рівень пульсацій до рівня 50 мВ.

Характеристики стабілізатора напруги LM2596:

- Мікросхема перетворювача: LM2596;
- Вхідна напруга: 7-35 В;
- Вихідна напруга: 1.25-30 В;
- Вихідний струм: 0-3 А;
- ККД: 92% (максимальний);
- Робоча частота перетворювача: 150 кГц;
- Вихідні пульсації: 50 мВ (максимально) у смузі 20 МГц;
- Точність установки струму: $\pm 0.5\%$;
- Точність встановлення напруги: $\pm 2.5\%$;
- Індикатори: Заряджання, Заряджання, Постійний струм/напруга (максимальна напруга при мінімальному струмі);
- Робоча температура: від -40 до +85;
- Розмір: 48 x 23 x 14мм [22].

4.6. Побудова принципово-електричної схеми

Враховуючи вибір елементної бази та їх технічні характеристики побудуємо принципову схему рис.4.8.

					МММТ 480.013.014– ПЗ	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		



- DD1 – Платформа Arduino Nano;
- DD2 – Датчик рівня газу WPGH-1;
- HG1 – Дисплей LCD1062;
- BA1 – Бузер;
- VD1 – Світлодіод зелений Yetda;
- DD3 – Стабілізатор напруги LM2596;
- R1,R2 – 10 Ом;
- R3 – 11кОм;
- X1 – роз’єм для підключення до бортового комп’ютера автомобіля на 5,2 В.

5. РОЗРОБКА ПРОГРАМИ ТА АЛГОРИТМУ

5.1.Розробка алгоритму

Для роботи комп'ютеризованої системи вимірювання кількості зрідженого газу в паливному баку автомобіля представлений алгоритм роботи на рис.5.1.

Розпишемо алгоритм роботи по блокам:

Блок початок сигналізує о початку роботи системи вимірювання рівня газу, а саме з подачею живлення до системи.

Блок підключення бібліотек відповідає за підключення дисплея.

Блок підключення портів відповідає за призначення портів на мікроконтролері датчику рівня газу, дисплею, світло діоду та бузеру.

Блок оголошення змінних відповідає за змінні для зчитування сигналу напруги з датчика, для проміжних обрахунків та визначення кількості газу в літрах.

Основний цикл програми буде повторюватися кожну 1 секунду.

Блок зчитування датчика відповідає за опитування датчика рівня газу WPGH-1 кожну секунду.

Блок прорахунку напруги, де вхідне значення порівнюємо з опорним та ділимо на 102, 10 (залежить від дільника).

Блок підпрограми прорахунку кількості газу в літрах в залежності від прорахованої напруги в попереньому блоці. Для цього потрібна враховувати літраж баку. Значення отримаємо 0,8-5 В. Далі програма умовою перевіряє значення напруги та присвоює значення в літрах. Відповідність значень залежать від літражу та калібровки. Наприклад для 35 літрового баку: 0,8 В – 0 л, 0,85 – 5 л.

Блок умови мінімальної рівня газу відповідає за перевірку мінімального рівня, що дорівнює 5л (для 35 літрового баку). Якщо рівень менше, то відьбувається звукове оповіщення. Якщо рівень в нормі, то програма продовжує працювати далі.

					МММТ 480.013.014– ПЗ	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

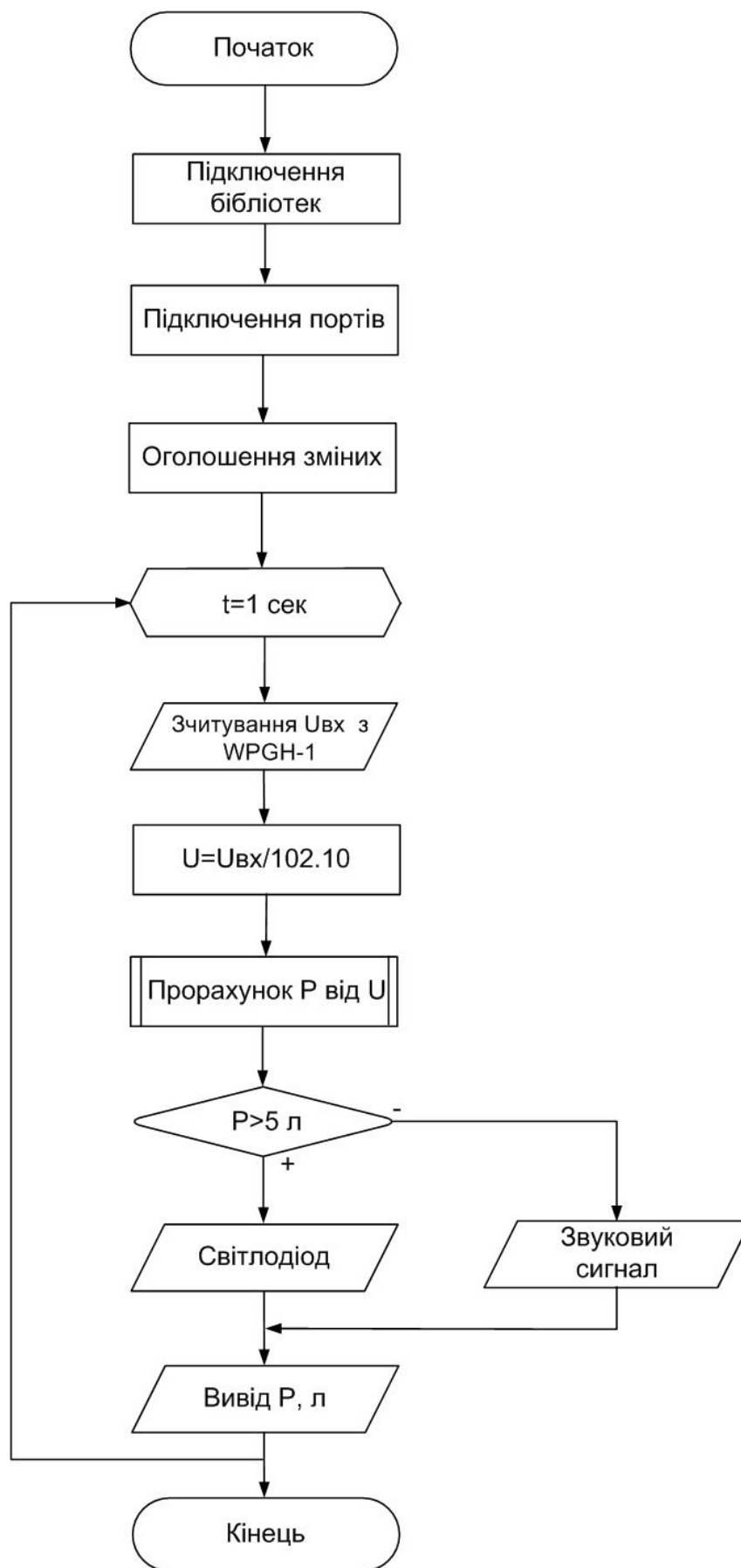


Рис.5.1. Алгоритм роботи програми для вимірювання кількості газу

Блок світлове оповіщення відповідає за світіння зеленого світлодіода, що сигналізує про роботу системи вимірювання рівня газу.

Блок вивід кількості газу в баку в літрах на дисплей.

Потім програма зациклюється на зчитування даних з датчика рівня газу та знову повторюється кожні 1 секунду.

Блок кінець програми означає вимкнення системи, що пов'язана з живленням системи.

5.2. Розробка програми

Розробка програми для ATmega328 (платформи Arduino Nano) можна виконати трьома способами:

1) Arduino IDE – це найпростіший спосіб для початківців. Мікроконтролер прошивається через USB-програматор або безпосередньо через Arduino-плату. Мова програмування: C/C++ з використанням бібліотек Arduino.

2) VR Studio / Atmel Studio – це офіційне середовище від Microchip для професійної роботи з AVR-мікроконтролерами. Пишеться код на чистому C, без спрощень Arduino. Прошивка через програматори типу USBasp, AVRISP mkII або подібні. Дає повний контроль над усіма регістрами мікроконтролера.

3) PlatformIO + VS Code – це більш сучасний варіант для просунутих користувачів. Автоматизована система з компіляцією, завантаженням і підтримкою бібліотек. Підходить для великих проектів на Atmega328.

Так, як було обрано в якості мікроконтролеру платформу Arduino Nano, тому обираємо перший варіант, а саме програмування в Arduino IDE.

Для системи вимірювання рівня газу в баці автомобіля була розроблена на базі алгоритму роботи рис.5.1. Скріншот програми в середовищі Arduino IDE представлений на рис.5.2. Повний код програми представлений в Додатку А.

					МММТ 480.013.014– ПЗ	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

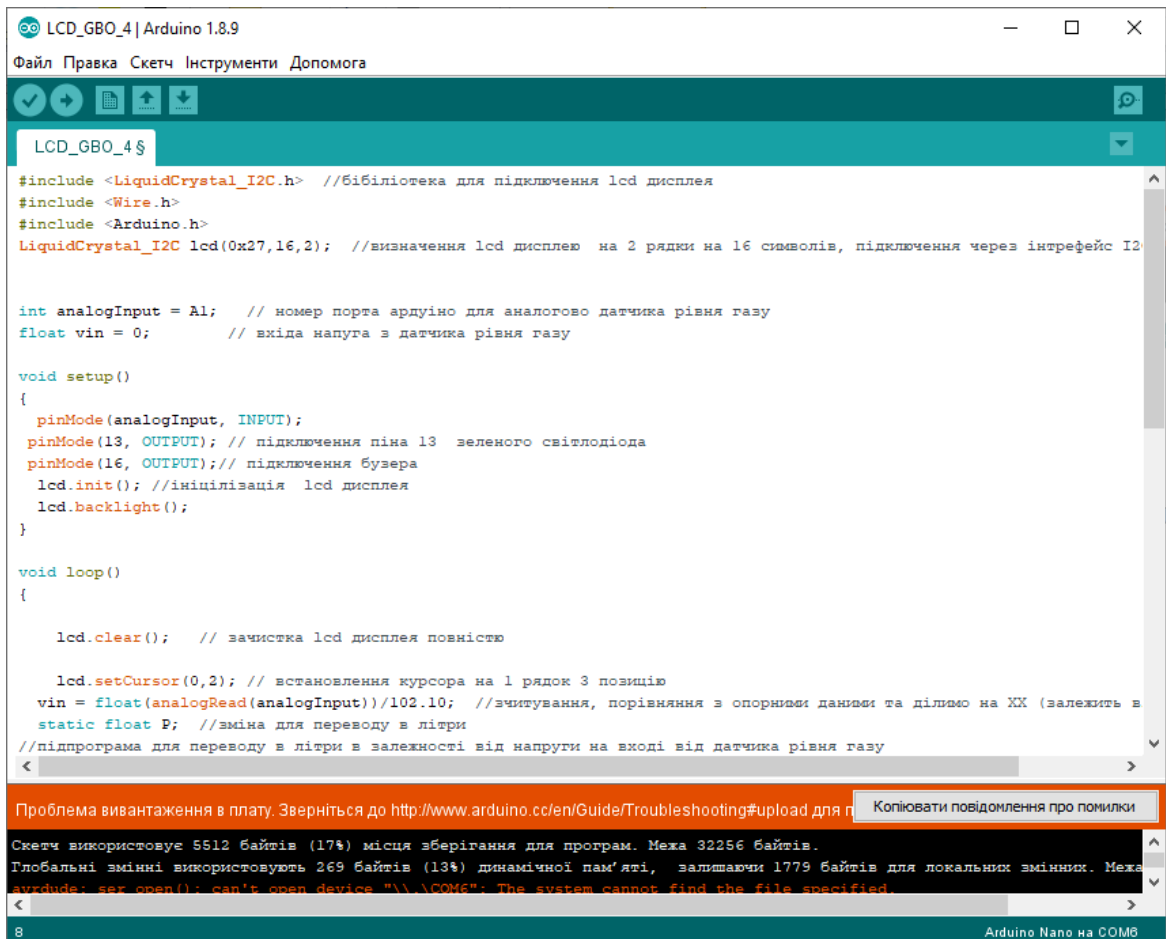


Рис.5.2. Скріншот робочої програми в Arduino IDE

Опишемо основні блоки програми вимірювання рівня газу в паливному баку автомобіля.

Підключення бібліотек, ініціалізація та оголошення типу LCD дисплею, зачистка дисплею, виставлення курсору на 1 рядок та 3 знакомісце, вивід кількості зрідженого газу в літрах:

```

#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,2);
lcd.init();
lcd.clear();
lcd.setCursor(0,2);
lcd.print(P);
lcd.print("L");

```

Підключення датика рівня газу до аналогового порта A1 Ардуіно Нано та налаштування порта A1 на вхід сигналу:

```

int analogInput = A1;
pinMode(analogInput, INPUT);

```

					МММТ 480.013.014- ПЗ	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Налаштування на вихід 13 та 16 вивода. Підключення світлодіода до 13 виводу та бузера до 16 виводу. Світіння зеленого світло діода. Включення бузера та виключення.

```
pinMode(13, OUTPUT);  
pinMode(16, OUTPUT);  
digitalWrite(13,HIGH);  
digitalWrite(16,HIGH);}  
digitalWrite(16,LOW);
```

Зчитування сигналу з датчика та порівняння з опорними даними:

```
vin = float(analogRead(analogInput))/102.10;
```

Підпрограма відповідності напруги на датчику рівня газу кількості зрідженого газу в літрах:

```
if(vin >= 0.80&& vin < 0.82) {  
P = 0;}  
if(vin >= 0.82&& vin < 0.83) {  
P = 2.5;}  
if(vin >= 0.84 && vin < 0.90) {  
P = 5;}  
if(vin >= 0.91 && vin < 1.20) {  
P = 7.5;}  
if(vin >= 1.30 && vin < 1.60) {  
P = 10;}  
if(vin >= 1.60 && vin < 1.98) {  
P = 12.5;}  
if(vin >= 2.00 && vin < 2.40) {  
P = 15;}  
if(vin >= 2.41&& vin < 2.70) {  
P = 20;}  
if(vin >= 2.72&& vin < 3.05) {  
P = 25;}  
if(vin >= 3.10 && vin < 4.00) {  
P = 30;}  
if(vin >= 4.38 && vin < 4.50) {  
P = 35.50;}
```

Перевірка на критичний рівень зрідженого газу в паливному баку автомобіля. Критичний рівень прийнято 5літрів.

```
if( P<= 5 ) {  
digitalWrite(16,HIGH);}  
delay (1000);
```

					МММТ 480.013.014– ПЗ	Арк.
						46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.3.Налаштування та калібровка програми

Для налаштування системи потрібно врахувати літраж баку та провести тестові заміри напруги з датчика.

Так як датчик рівня газу STAG WPGH-1 має вихідний сигнал напруги: 0-5 В, резерв: 0,8 В, повний бак: 4,5 В. Тому логічно, що мінімальне значення напруги з датчика буде 0,8 В, а максимальне 4,5 В.

Для тестових замірів було викатано до порожнього баку, а саме напруги становила 0,8 В. На заправці, задували по 2,5, 5 та 5,5 літрів, не знімаючи пістолета до повного. Зазвичай, газовий балон задувається до 80-85%. Так, як в даному балоні 40 л, то максимум буде $\approx 32-34$ л. На кожному кроці були проведені заміри напруги на датчику рівня газу WPGH-1. Виміряні дані представимо в таблиці 5.1. З табл. 5.1 бачимо, що вдалося задути 35,5 л.

Таблиця 5.1. Залежність напруги на датчику рівня газу WPGH-1 від об'єму газу в паливному баку автомобіля

№	Об'єм, л	Напруга на WPGH-1, В
1	0	0,8-0,82
2	2,5	0,82-0,83
3	5	0,84-0,90
4	7,5	0,91-1,20
5	10	1,30-1,60
6	12,5	1,60-1,98
7	15	2,00-2,40
8	20	2,41-2,70
9	25	2,72-3,05
10	30	3,10-4,00
11	35,5	4,30-4,50

Для наглядності та аналізу представимо дані графічно рис.5.2.

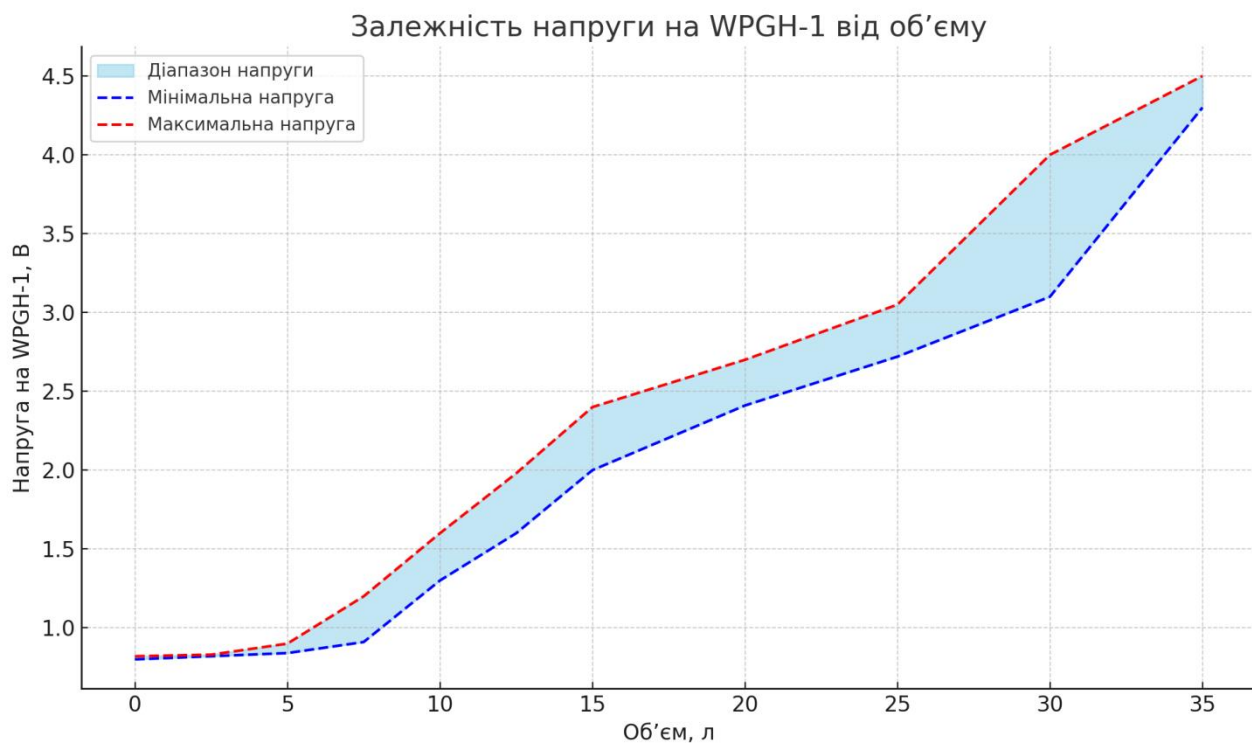


Рис.5.2. Графік залежності напруги на датчику рівня газу WPGH-1 від об'єму газу в паливному баку автомобіля

Блакитна зона показує діапазон напруги для кожного об'єму, а пунктирні лінії – мінімальні та максимальні значення.

Враховуючі ці виміряні дані напруги з датчика при різних об'ємах в паливному баку автомобіля (табл. 5.1) проведемо калібрування системи та впишемо (уточнемо) відповідно ці цифри в програму п.5.2.

6. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

6.1.Розробка друкованої плати

Друкована плата (PCB) – це основа для електронних схем, яка забезпечує електричне з'єднання між компонентами. Вона виготовляється з діелектричного матеріалу (зазвичай склотекстоліту) з нанесеним шаром міді, який формує провідники, доріжки та контактні майданчики.

Основні вимоги до друкованої плати наступні:

1. Електричні вимоги:

- Усі провідники повинні відповідати електричній схемі, не допускається наявність коротких замикань або обривів;
- Мінімальна ізоляційна відстань між провідниками має становити не менше 0.2 мм, відповідно до робочої напруги;
- Ширина провідників повинна відповідати допустимому струмовому навантаженню (розрахунок згідно IPC-2221).

2. Механічні вимоги:

- Плата має бути виготовлена з матеріалу FR4 товщиною 1.5 мм (або за проектними вимогами);
- Отвори під елементи повинні відповідати їх номіналам та допускам для пайки;
- Конструкція має витримувати монтаж та демонтаж без пошкоджень.

3. Теплові вимоги:

- Розміщення компонентів має забезпечувати ефективне тепловідведення.
- Вузли з високим тепловиділенням повинні мати теплові пастки або під'єднані до теплових зон.
- Матеріал повинен бути термостійким при пайці (температурна стабільність до 140°C).

4. Технологічні вимоги:

- Мінімальна ширина провідників та відстань між ними має бути не меншою за 0.2 мм.

					МММТ 480.013.014– ПЗ	Арк.
						49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– Контактні майданчики повинні бути покриті паяльною маскою, допускаються HASL або ENIG покриття.

– Плата повинна мати шовкодрук з позначенням елементів (резистори, конденсатори, мікросхеми тощо).

5. Експлуатаційні вимоги:

– Робота в умовах температур від -20°C до $+60^{\circ}\text{C}$, відносної вологості до 85%.

– Стійкість до вібрацій та механічних ударів у межах стандарту ІЕС 60068.

– Забезпечення електромагнітної сумісності (екранування, захисні лінії, фільтри).

Проектування друкованих плат виконується в спеціалізованих програмних середовищах, які поєднують в собі інструменти для розробки схем, трасування доріжок, моделювання та підготовки до виробництва. Нижче наведено найпоширеніші середовища для проектування друкованих плат в таблиці 6.1 [23].

Таблиця 6.1. Порівняльна таблиця розповсюджених середовищ для проектування друкованих плат

Середовище	Ліцензія	Переваги	Недоліки	Рівень користувача	Підтримка українсько ї мови
Altium Designer	Комерційна (дорого)	Потужний, 3D-моделювання, перевірка правил, промисловий стандарт	Висока вартість, потребує навчання	Професіонали	☐
KiCad	Безкоштовна, Open Source	Безкоштовний, активна спільнота, 3D-моделі, регулярно оновлюється	Інтерфейс дещо складний для початківців	Початківці / професіонали	☐ (можна локалізувати)
Eagle	Безкоштовний для некомерційного використання (з обмеженнями)	Простий інтерфейс, інтеграція з Fusion 360	Обмеження в безкоштовній версії	Початківці / хобісти	☐

Proteus	Комерційна	Симуляція мікроконтролерів + РСВ, зручний для навчання	Обмежені можливості трасування для складних плат	Студенти / викладачі	☐
DipTrace	Частково безкоштовна (обмежена версія)	Інтуїтивний інтерфейс, простий у навчанні, підтримка української	Обмеження в безкоштовній версії, менш популярний	Початківці / середній рівень	☐
EasyEDA	Безкоштовна (онлайн)	Хмарна платформа, швидке трасування, доступ до виробника плат	Потребує інтернету, обмежені налаштування	Хобісти / швидкі проекти	☐

Пропонується використати EasyEDA, так як це безкоштовна, хмарна платформа, що має швидке трасування, має широкий вибір компонентів.

Скріншот друкованої плати з трасуванням представлена на рис.6.1. Друкована плата двошарова та має розмір плати становить 67x124мм. Друкована плата перший шар та другий шар представлена на рис.6.2-6.3.

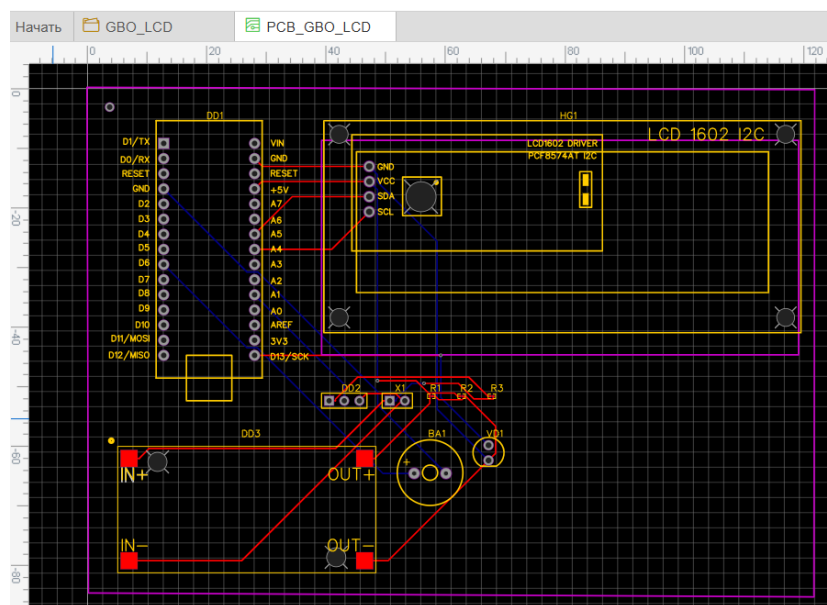


Рис.6.1. Друкована плата в середовищі EasyEDA

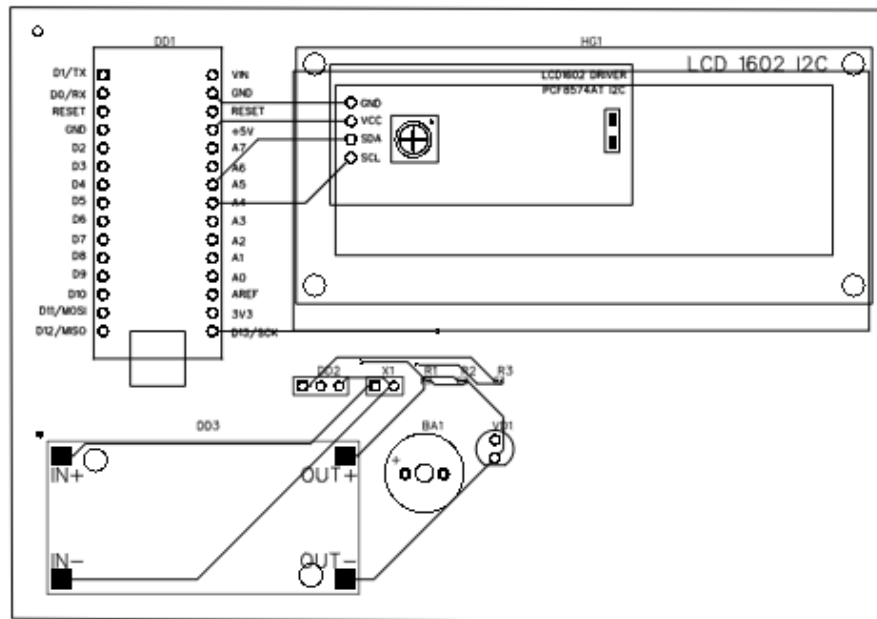


Рис.6.2. Друкована плата перший шар

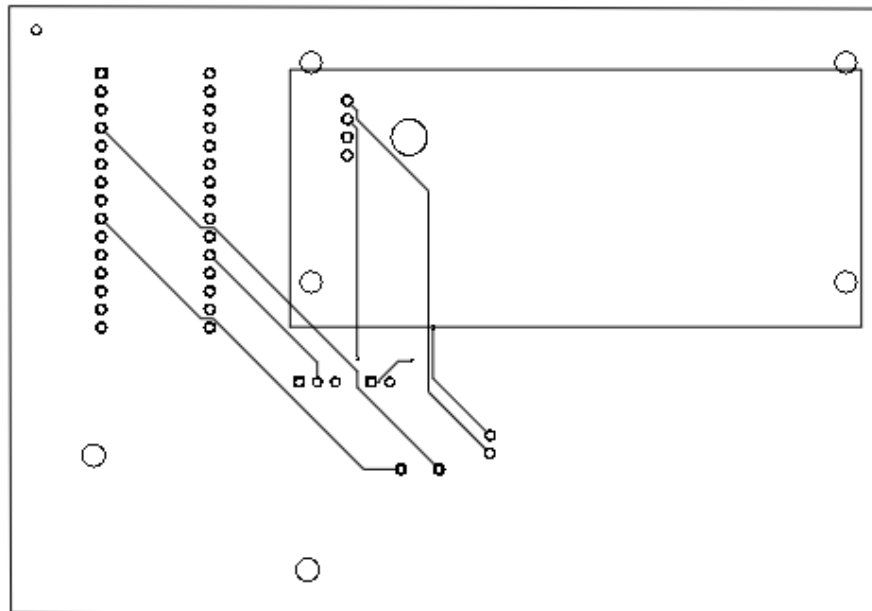


Рис.6.3. Друкована плата другий шар

Для подальшої розробки потрібно відобразити дзеркально та надрукувати на принтері. Далі потрібно прикласти до основи плати (стеклотестоліта) та пригладити праскою до переведення малюнка. Після переведення малюнка друкованої плати потрібно плату погрузити в хлорне залізо та витравити. В результаті потрібні залишитися доріжки. Отвори на платі потрібно робити спеціальною дрілю з тонким стержнем.

6.2. Розрахунок надійності системи

Система буде вбудована в приборну панель автомобіля, для дисплея буде зроблений отвір. Сама система буде знаходитися в пластиковому корпусі, дисплея буде знаходитися зверху.

Пластиковий корпус N8A з розмірами 28x70x13мм [24] з необхідними доробками. Живлення відбувається від бортового комп'ютера автомобіля.

Для системи вимірювання кількості зрідженого газу в паливному баку автомобіля потрібно розрахувати надійність.

Надійність – властивість об'єкта зберігати в часі, у встановлених межах, значення всіх параметрів, що характеризують спроможність виконувати необхідні функції в заданих режимах і умовах застосування, технічного обслуговування, зберігання та транспортування.

Надійність є комплексною властивістю, що складається в загальному випадку з безвідмовності, довговічності, ремонтпридатності та збережуваності. При розрахунку надійності визначалися наступні кількісні показники:

1. Імовірність безвідмовної роботи за заданий час $P(t)$;
2. Параметр потоку відмовлень $\lambda(t)$;
3. Середній наробіток до відмовлення T_e .

Безвідмовність – властивість об'єкта безперервно зберігати працездатний стан протягом певного часу або напрацювання. Зазвичай імовірність безвідмовної роботи розраховують за певний інтервал часу, що дорівнює 500, 1000 та 2000 годин.

Довговічність – це властивість об'єкта зберігати працездатність до набуття граничного стану за встановленої системи технічного обслуговування та ремонту.

Ремонтпридатність – це властивість об'єкта, що полягає в пристосованості до підтримання та відновлення працездатного стану шляхом технічного обслуговування та ремонту.

					МММТ 480.013.014– ПЗ	Арк.
						53
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Збережуваність – властивість об'єкта зберігати в заданих межах значення параметрів, які характеризують здатність об'єкта виконувати потрібні функції протягом зберігання та (або) транспортування і після цього.

Ключовим параметром, який береться до уваги під час оцінки надійності, є інтенсивність відмов $\lambda(t)$ – це кількість відмов за одиницю часу, розрахована щодо числа елементів, які залишилися справними на початок розглянутого періоду.

Оцінювання показників надійності здійснюється за методом λ -характеристик, який базується на інтенсивностях відмов окремих комплектуючих виробів (КВ), а також на поправочних коефіцієнтах, що враховують реальні умови експлуатації та режими роботи системи.

Комп'ютеризована система призначена для роботи в умовах помірного клімату:

- робочий діапазон температури від -40 °С до +65°С, відносна вологість повітря до 95% при 25 °С;
- конструктивно виконано для роботи в середині автомобіля з штучно регульованих кліматичних умов, вібростійкий.

Склад виробу – комп'ютеризована система вимірювання кількості зрідженого газу в паливному баку автомобіля.

Відмова виробу вважається такою, що має місце у випадку виходу з ладу будь-якого його елемента або вузла, що спричиняє порушення працездатності всієї системи та унеможлиблює її використання за призначенням.

Розрахунок надійності розробленого пристрою виконується відповідно до його електричної принципової схеми з урахуванням встановленої кліматичної категорії та типу конструктивного виконання.[25]

Розрахунок параметра потоку відмовлень виробу розраховується по формулі:

$$\lambda = \sum_{i=1}^n N_i \lambda_i , \quad (6.1)$$

					МММТ 480.013.014– ПЗ	Арк.
						54
Зм.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

де n – загальне число групи КВ, що входять до складу проектованого виробу;
 $N_i \lambda_i$ – кількість і інтенсивність відмовлень КВ i -ої групи відповідно.

Інтенсивність відмовлень КВ i -ої групи в робочому режимі розраховується по формулі

$$\lambda_i = \lambda_{oi} a_1 \dots a_n. \quad (6.2)$$

де λ_{oi} – інтенсивність відмовлень КВ в номінальному режимі і нормальних умовах; $a_1 \dots a_n$ – поправочні коефіцієнти, що враховують умови роботи (кліматичні і механічні впливи в залежності від призначення й умов майбутньої роботи), електричне навантаження КВ і температуру навколишнього середовища, ступінь інтеграції інтегральних мікросхем, а також співвідношення видів відмовлень.

Формули для розрахунку інтенсивність відмовлень кожної групи комплектуючих виробів наведені в таблиці 6.2, стовпець 5.

Коефіцієнти та інтенсивність відмов визначені по довідковим даним, приведеним у [25] з врахуванням вихідних даних для проектованої системи.

Таблиця 6.2. Перелік комплектуючих виробів

Поз.	Найменування	Кіл.	$\lambda_{oi} \cdot 10^6$ год ⁻¹	Формула розрахунку λ_i	Коефіцієнти				$\Sigma \lambda_i \cdot 10^6$ год ⁻¹
1	2	3	4	5	6				7
1	Мікросхеми				a_1	a_2	a_4	a_6	
	Arduino Nano	1	0,3	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4 \cdot a_6$	2,1	1	1,3	1	0,819
	LM2596	1	0,3	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4 \cdot a_6$	2,1	1	1,3	1	0,819
2	Датчики				a_1	a_2	a_4	a_6	
	WPGH-1	1	0,3	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4 \cdot a_6$	2,1	1	1,3	1	0,819
3	Резистори	3	0,008	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4$	2,1	0,8		1	0,04032
4	Діоди				a_1	a_2	a_4	a_6	
	Green Led Yetda	1	0,3	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4 \cdot a_5$	2,1	1	1,3	1	0,819
5	Бuzzer	1	3,8	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_4$	2,1			1	7,98
6	Дисплей	1	0,3	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4 \cdot a_6$	2,1	1	1,3	1	0,819
7	Пайки	55	0,0001	$\lambda_0 \cdot a_1$	2,1				0,01155
8	Акумулятор 12В	1	30	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_4$	2,1			1	63
	Разом								75,13

По формулі (6.1) визначаємо потік відмовлень виробу (сума величин в графі 10 таблиці 6.1):

$$\lambda = 75,13 \cdot 10^{-6} \text{ 1/год.}$$

Ймовірність безвідмовної роботи виробу протягом часу t визначалася по формулі

$$P(t) = e^{-\lambda t} \approx 1 - \lambda t \quad (6.3)$$

де λ – параметр потоку відмовлень; t – час роботи виробу (год) [25].

Дані розрахунку $P(t)$ приведені в таблиці 2.2.

На графіку, приведеному на рис 6.4 приведена залежність надійності $P(t)$.

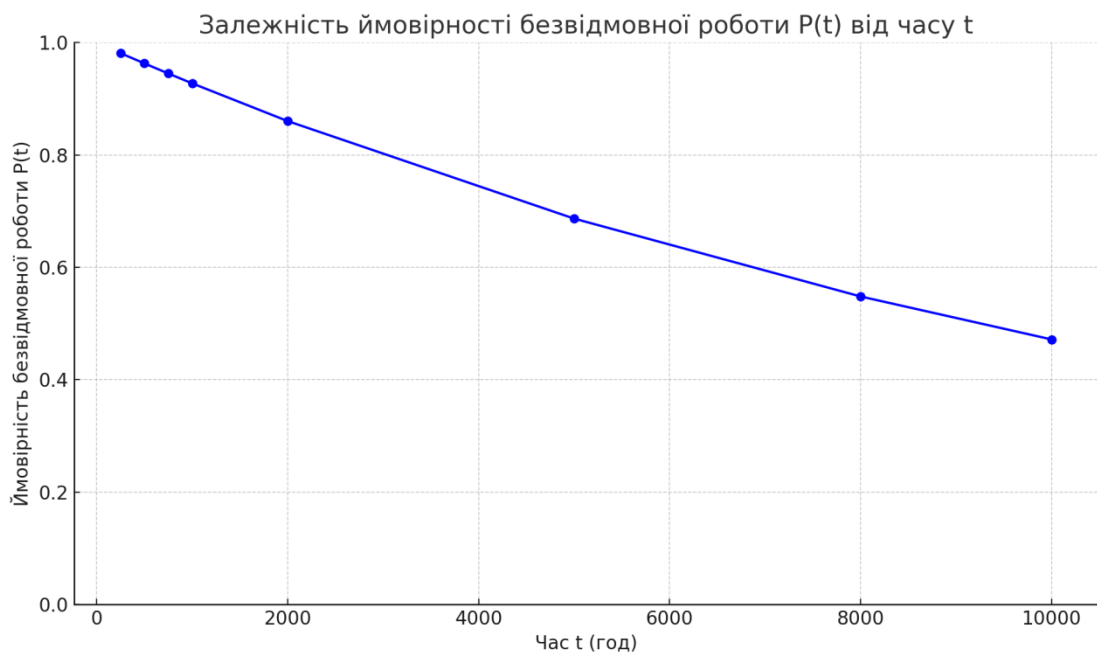


Рис.6.4. Ймовірність безвідмовної роботи виробу протягом часу t

Таблиця 6.3. Ймовірність безвідмовної роботи виробу протягом часу t

250	500	750	1000	2000	5000	8000	10000
0,98140	0,96313	0,94521	0,92763	0,86049	0,68685	0,54826	0,47177

Середній наробіток до відмовлення виробу визначався по формулі:

$$T_0 = \lambda^{-1} \quad (6.4)$$

Підставляючи дані в формулу (2.4) одержимо

$$T = (75,13 \cdot 10^{-6})^{-1} = 13310,8 \text{ годин.}$$

6.3. Розрахунок похибок вимірювання кількості зрідженого газу

Обчислення похибок прямих вимірювань. Було проведено десять повторних вимірювань кількості зрідженого газу в паливному баку авто $L = \{25,50; 25,30; 25,45; 25,46; 25,47; 25,48; 25,46; 25,45; 25,48; 25,50\}$ л. Експериментальним шляхом було встановлено, що можна заміряти від 2,5л до 35,5л зрідженого газу в паливному баці автомобіля.

1) Середнє арифметичне $\bar{L}$:

$$\bar{L} = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} L_i \cong 25,454$$

2) Похибки повторних вимірювань ΔL_i та ΔL_i^2

$$\Delta L = |\bar{L} - L_i| \text{ та } \Delta L_i^2 = (\bar{L} - L_i)^2, \quad \text{де } i = 1, 2 \dots 10;$$

Результати вимірювань та обчислень заносимо у табл. 6.4.

Таблиця 6.4

№ з. п.	L, л	ΔL , л	$\Delta L^2, (\text{л})^2$
1	25,5	0,046	0,00212
2	25,3	0,154	0,02372
3	25,45	0,004	0,00002
4	25,45	0,004	0,00002
5	25,47	0,016	0,00026
6	25,48	0,026	0,00068
7	25,46	0,006	0,00004
8	25,45	0,004	0,00002
9	25,48	0,026	0,00068
10	25,5	0,046	0,00212
сер	25,454	0,033	0,0030

3) Випадкову похибку вимірювання за: з табл. 6.4 знайдемо коефіцієнт Стюдента для 10 вимірювань і довірчої ймовірності 0,95 $t_{0,95}=2,26$; розрахуємо виправлене вибіркове середнє квадратичне відхилення:

$$\sigma_B = \sqrt{\frac{1}{10 \times 9} \sum_{i=1}^{10} (\bar{L} - L_i)^2} \approx 0,018 \text{ л}$$

та знайдемо випадкову похибку:

$$\Delta_B L = 2,26 * 0,018 = 0,041 \text{ л}$$

(Результати вимірювань та обчислень заносимо у табл. 6.4).

4) Похибку приладу за: $\Delta_{\text{пр}} L = \frac{1}{300} t_p k L_{\text{гр}}$. Для надійної ймовірності $P = 0,95$ з табл. 6.4 знайдемо $t_{0,95}=2,0$. Враховуючи, що за умовою $L_{\text{гр}} = 35,5$ л, а клас точності $k = 1$, отримаємо:

$$\Delta_{\text{пр}} L = \frac{1}{300} * 2,0 * 35,5 * 1 \approx 0,24 \text{ л};$$

5) Похибку заокруглення за формулою $\Delta R_3 = P \frac{h}{2}$. Для цього знайдемо інтервал заокруглення h як половину останнього розряду виміряної величини – 0,05. Отже:

$$\Delta L_3 = 0,95 * \frac{0,05}{2} \approx 0,02 \text{ л}$$

6) Загальну абсолютну похибку:

$$\Delta L = \sqrt{(\Delta_B L)^2 + (\Delta_{\text{п}} L)^2 + (\Delta_3 L)^2} = \sqrt{0,041^2 + 0,24^2 + 0,02^2} \approx 0,24 \text{ л}$$

(За правилом «трьох сигм» похибками заокруглення нехтуємо).

7) Відносну похибку за формулою:

$$\delta L = \frac{\Delta L}{\bar{L}} \times 100\% = \frac{0,24}{25,454} \times 100\% \approx 0,94\%$$

Записуємо кінцевий результат:

$$L = (25,454 + 0,24) \text{ л при } \delta L = 0,94 \text{ .}$$

Отже, отримаємо абсолютну похибку вимірювання 0,24 л, відносну похибку вимірювання відсотках 0,94%.

					МММТ 480.013.014– ПЗ	Арк.
						58
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7.ОХОРОНА ПРАЦІ

7.1. Охорона праці

Визначення поняття охорони праці дається в ст. 1 Закону України від 14 жовтня 1992 р. «Про охорону праці». Охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці. В поняття охорони праці входять і всі ті заходи, що спеціально призначені для створення особливих полегшених умов праці для жінок і неповнолітніх, а також працівників зі зниженою працездатністю.

Охорону праці і здоров'я громадян віднесено до пріоритетних напрямків соціальної політики України. Так, Конституція України одним з основних соціальних прав громадян визначає право кожного на належні, безпечні й здорові умови праці, встановлює, що використання праці жінок і неповнолітніх на небезпечних для їхнього здоров'я роботах забороняється.

Конституція України, Закони України “Про охорону праці”, “Про охорону здоров'я”, “Про пожежну безпеку”, “Про використання ядерної енергії та радіаційний захист”, “Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення”, “Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування від нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання, які спричинили втрату працездатності”, Кодекс законів про працю України.

В Основному Законі України – Конституції питанням охорони праці присвячено статті 43, 45 та 46.

Основним законодавчим документом у галузі охорони праці є Закон України “Про охорону праці”, дія якого поширюється на юридичних та фізичних осіб, які відповідно до законодавства використовують найману працю, та на всіх працюючих.

Завдання охорони праці:

– проектування підприємств, технологічних процесів і конструювання обладнання з обов'язковим виконанням вимог охорони праці;

					МММТ 480.013.014– ПЗ	Арк.
						59
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- знаходження оптимальних співвідношень між різними факторами виробничого середовища, що дозволяє забезпечити мінімум несприятливого впливу їх на здоров'я працівників;
- встановлення, законодавче оформлення визначених норм кожного з несприятливих або небезпечних факторів, систематичний контроль за їх застосуванням;
- розробка конкретних заходів щодо покращення умов праці та забезпечення її безпеки на основі застосування у виробництві новітніх досягнень науки і техніки;
- застосування раціональних засобів захисту працівників від впливу несприятливих факторів виробничого середовища, а також втілення організаційних заходів, які нейтралізують або послаблюють ступінь їх впливу на організм людини;
- розробка та застосування методів і засобів оцінки ефективності заходів з охорони праці, що плануються і здійснюються [26].

7.2. Техніка безпеки при експлуатації газобаланного обладнання

Вимоги безпеки до транспортних засобів, обладнаних системою ГБО, визначені в Правилах охорони праці на автомобільному транспорті (НПАОП 0.00-1.62-12). При цьому автомобільні газові балони мають бути встановлені на транспортний засіб стаціонарно, при цьому не допускається встановлення балонів у моторному відсіку.

Якщо балон місткістю понад 100 л. то на нього повинен бути оформлений паспорт.

Також балони встановлені на транспортному засобі повинні бути пофарбовані і мати нанесені на них дані та напис білою фарбою із назвою виду газу (для зрідженого нафтового газу – «пропан – бутан», «ЗНГ» або «LPG», для природного газу «метан», «СПГ» або «CNG») і «Вогнебезпечно». Разом з тим потрібно звернути увагу на Правила охорони

					МММТ 480.013.014– ПЗ	Арк.
						60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

праці під час експлуатації обладнання, що працює під тиском (НПАОП 0.00-1.81-18) щодо проведення технічного огляду балонів.

До встановлення та обслуговування газобаланого обладнання допускаються лише кваліфіковані фахівці, які пройшли відповідне навчання та мають допуск до робіт з газовим обладнанням.

Роботи повинні проводитись у спеціально обладнаному приміщенні з хорошою вентиляцією.

Під час монтажу обов'язкове використання захисних рукавичок, окулярів та спецодягу.

Під час експлуатації газобаланого обладнання:

- Не дозволяється самостійно вносити зміни в систему або ремонтувати її без належної підготовки.
- Перевірка на витік газу повинна проводитись регулярно, особливо після ТО або зіткнень.
- Забороняється залишати транспортний засіб із відкритими вентилями газу в закритих приміщеннях.
- Балон повинен мати дійсне свідоцтво про технічний огляд (зазвичай кожні 2–5 років).
- У випадку запаху газу негайно припинити експлуатацію, вимкнути запалювання, перекрити вентиль балона та звернутись до сервісу [27].

					МММТ 480.013.014– ПЗ	Арк.
						61
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

В даній кваліфікаційної роботи бакалавра було розроблено комп'ютеризовану систему вимірювання кількості зрідженого газу в паливному баку автомобіля. Ця система є актуальною і використовується в даний час в автомобільному транспорті. Вимірювання кількості зрідженого газу здійснюється резистивним датчиком рівня WPGH-1.

Розроблена комп'ютеризована система вимірювання кількості зрідженого газу в паливному баку автомобіля працює в автоматичному режимі. Виміряні значення кількості газу відображаються на дисплей. Зелений світлодіод сигналізує про роботу системи. В випадку критичних значень кількості газу в паливному баку спрацьовує звуковий сигнал з бузера.

В кваліфікаційної роботи бакалавра було виконано:

1. Розглянута схема та принцип роботи газобалонного обладнання та існуючі системи вимірювання кількості газу для газобалонного обладнання.
2. Обґрунтовані складові елементи системи вимірювання кількості зрідженого газу.
3. Побудовано структурну схему системи вимірювання кількості зрідженого газу.
4. Побудовано принципову схему та розроблена друкована платва.
5. Розроблений алгоритм роботи системи та програма.
6. Розрахована надійність та точність системи. Надійність склала 13310 годин на відмову, абсолютна похибка вимірювання – 0,24 л, відносна похибка вимірювання 0,94%.

Встановлення комп'ютеризованої системи вимірювання рівня зрідженого газу в баку автомобіля дозволяє підвищити точність контролю пального, забезпечити зручність для водія, покращити безпеку експлуатації, інтегруватися з іншими електронними системами авто, оптимізувати витрати газу та вести статистику споживання пального.

					МММТ 480.013.014– ПЗ	Арк.
						62
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Схема газобалонного обладнання. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://gasauto.com.ua/skhema-gazovogo-oborudovaniya>.
2. Газобалонне обладнання для автомобілів. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ukr.lpgtech.ua/termin/gbo-gazoballonnoe-oborudovanie>.
3. Датчики рівня газу ГБО. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.digitronicgas.ua/stati/datchik-urovnya-gaza-gbo>.
4. Встановлення та налаштування системи ГБО STag 200 GoFast. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://gazmax.com.ua/ru/a456886-ustanovka-nastrojka-sistemy>.
5. Датчик рівня газу STAG WPGH-1 триконтактний. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://firstgaz.in.ua/inzhektornye-sistemy-gbo-evro-4/datchiki-i-komplektuyushhie-k-inzhektornym-sistemam/datchik-urovnya-gaza-stag-wpgh-1-tryokhkontaktnyj.html>
6. Датчик рівня газу ультразвуковий GREENGAS UltraZ. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://lpgtech.ua/datchik-urovnya-gaza-ultrazvukovoy-greengas-ultraz>.
7. Показчик рівня палива (бензин, дп, газ) цифровий УУТ-5. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://bigl.ua/ua/p1180662841-pokazhchik-rivnya-paliva>.
8. Перемикач для інжекторної системи Lovato. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ukr.lpgtech.ua/pereklyuchatel-dlya-inzhektornoy-sistemy-lovato-425000012>.
9. Датчик рівня газу Lovato електронний. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ukr.lpgtech.ua/datchik-urovnya-gaza-lovato-ehlektronnyy>.
10. Мікроконтролер STM32F103. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.st.com/resource/en/datasheet/cd00161566.pdf>
11. Мікроконтролер Esp32. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_datasheet_en.pdf

					МММТ 480.013.014– ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

12. Мікроконтролер ATmega328P. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Atmel-7810-Automotive-Microcontrollers-ATmega328P_Datasheet.pdf.

13. Мікроконтролер STM32F103 STM32F103. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://arduino.ua/prod5512-stm32f030f4p6-core-board>.

14. ESP32 DevKit v1 Wi-Fi Bluetooth ESP32-WROOM-32 плата розробника. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: freedelivery.com.ua/arduino-100/kontrollery-135/esp32-devkit-v1-wi-fi-bluetooth-esp32-wroom-32-plata-razrabotchika.html.

15. Чіпа ESP8266. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ardushop.in.ua/arduino/wi-fi-module-nodemcu-v3-esp8266-esp-12>.

16. Мікроконтролер ATmega328. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://diylab.com.ua/p64493856-mikrokontroler-atmega328.html>.

17. Поджаренко В.О., Кучерук В.Ю., Севастьянов В.М. П44 Основи мікропроцесорної техніки. Навчальний посібник. – Вінниця: ВНТУ, 2006. – 226 с.

18. Arduino Nano. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://arduino.ua/ru/prod166-arduino-nano-v3-0-avr-atmega328p-s-raspayannimi-razemami>.

19. Зелений світлодіод Yetda. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/svitlodiod-5mm-zelenyi-572nm-120-500g1d-yetda_123678.html.

20. Активний зумер, бзуер. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ardushop.in.ua/radio-components/active-buzzer-buzer-piezo-emitter>.

21. Дисплей LCD1602. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://arduinokit.com.ua/ua/p1433688907-displej-lcd-1602.html>.

22. Стабілізатор напруги LM2596. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://arduino.ua/ru/prod1292-ponijaushhii-preobrazovatel-na-lm2596s-s-regylirovkoi-napryajeniya-i-toka>.

					МММТ 480.013.014– ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

23. Технологія нанесення неметалевих покриттів та виробництво плат друкованого монтажу [Електронний ресурс] : підручник / Л. А. Яцюк, О. В. Косогін, Д. Ю. Ущаповський, О. В. Лінючева, Ю. Ф. Фатєєв; Електронні текстові дані (1 файл: 6,9 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2018. – 330 с

24. Пластиковий корпус N8A [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://radarkr.com.ua/p1473305913-korpus-plastikovyj-n8b.html>.

25. О.Л.Коренівська, В.Б. Бенедицький. Теорія надійності, експлуатації та ремонту радіоелектронної та телекомунікаційної техніки. Навчальний посібник. – Житомир: Державний університет «Житомирська політехніка», 2020. – 180 с.

26. Охорона праці. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://profiteh.ua/shcho-take-okhorona-pratsi>.

27. Вимоги безпечної експлуатації балону системи ГБО встановлену на легковий автомобіль. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://dsp.gov.ua/faq/iaki-vymohy-bezpechnoi-ekspluatatsii-balonu-systemy-hbo-vstanovlenu-na-lehkovyi-avtomobil-mistkist-balonu-36-l>.

					МММТ 480.013.014– ПЗ	Арк.
						65
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		