

Міністерство освіти і науки України  
Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського  
«Харківський авіаційний інститут»

Факультет систем управління літальними апаратами

Кафедра «Інтелектуальні вимірювальні системи та інженерія якості»

**Пояснювальна записка  
до до кваліфікаційної роботи  
магістра**

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

XAI.303.363.152.173063.03O

на тему

**«Аналіз та розробка цифрового блоку вимірювання кількості палива  
транспортного засобу»**

Виконав: студент 6 курсу, групи 363  
напряму підготовки

152 «Метрологія, вимірювальна техніка  
та інформаційно-вимірювальні технології»  
спеціальності

8. 05100102 «Інформаційні вимірювальні  
системи»

\_\_\_\_\_ Кір'янов К.Р. \_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали студента)

Керівник \_\_\_\_\_ Анікін А. М. \_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

Рецензент \_\_\_\_\_ Косач Н.І. \_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

м. Харків – 2022 рік

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського**  
**«Харківський авіаційний інститут»**

Факультет «Систем управління літальних апаратів»

Кафедра «Інтелектуальні вимірювальні системи та інженерія якості»

Освітньо-кваліфікаційний рівень - магістр

Напрямок підготовки 152 «Метрологія, вимірювальна техніка та  
інформаційно-вимірювальні технології»

Спеціальність 8.05100102 Інформаційні вимірювальні системи

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

**Завідувач кафедри 303**

Сіроклін В.П.

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 року

**З А В Д А Н Н Я**  
**ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ**

Кір'янова Костянтина Романовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

. Тема проекту «Аналіз та розробка цифрового блоку вимірювання кількості палива транспортного засобу»

керівник проекту к.т.н., доцент Анікін Андрій Миколайович

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2022 року  
№ \_\_\_\_\_

2. Строк подання студентом роботи 12.12.2022 р.

3. Вихідні дані до проекту:

Вихідні дані: габаритні розміри 140x120x35 мм. Напруга живлення блока + 12 В. Сила струму живлення не більше 0,5 А. Елементна база для реалізації: мікроконтролер ATMEGA 128, стабілізатор, кварцовий резонатор, аналогово-цифровий перетворювач, перетворювач напруги, перетворювач USB UART, інтерфейс CAN. Робоча температура від -15 °С до +40 °С. Маса комплексу не більше 1,1 кг. Точність вимірювання менше 0,15%.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Проаналізувати методи та пристрої вимірювання кількості палива. Проаналізувати всі можливі датчики вимірювання, їх похибки та пристрої вимірювання палива. Розробити структурну та принципову схему цифрового блоку вимірювання палива, а також монтажну схему. Розробити технологічний процес складання плати блоку вимірювання. Оцінити економічну ефективність виготовлення цифрового блоку вимірювання.

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

1. Постановка задачі дипломного проекту. 2. Структура інформаційно-вимірювальної системи автомобіля. 3. Аналіз методів вимірювання палива. 4. Дослідження датчиків вимірювання палива в автомобілі. 5. Аналіз датчиків системи вимірювання палива в автомобілі. 6. Аналіз індикації палива у бортових комп'ютерах автомобіля.. 7 Структурна схема блока вимірювання палива в автомобілі. 9. Електрична принципова схема цифрового блока. 10. Алгоритм роботи блоку вимірювання палива. 11. Монтажна схема цифрового блока. 12. Технологія виготовлення печатного вузла. 13. Економічні показники.

#### 6. Консультанти розділів проекту

| Розділ               | Прізвище, ініціали та посада<br>Консультанта | Підпис, дата      |                     |
|----------------------|----------------------------------------------|-------------------|---------------------|
|                      |                                              | завдання<br>видав | завдання<br>прийняв |
| основний розділ      | Анікін А. М., доцент                         |                   |                     |
| технологічний розділ | Заболотний В. А., доцент                     |                   |                     |
| економічний розділ   | Дегтяр А. О., професор                       |                   |                     |

нормоконтроль

Заболотний В. А., доцент

Дата видачі завдання 01.09.2022 р.

#### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| №<br>з/п | Назва етапів дипломного<br>Проекту                                             | Строк<br>виконання<br>етапів<br>роботи | Примітка |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|----------|
| 1        | Проаналізувати методи та засоби вимірювання палива в автомобілі                | 01.09.2022                             |          |
|          | Проаналізувати датчики, які застосовуються для вимірювання палива в автомобілі | 16.09.2022                             |          |
| 2        | Розробити структурну схему цифрового блока вимірювання палива в автомобілі     | 03.10.2022                             |          |
| 3        | Розробити принципову електричну схему цифрового блока вимірювання              | 17.10.2022                             |          |
| 4        | Розробити конструкцію блока вимірювання палива в автомобілі                    | 31.10.2022                             |          |
| 5        | Розробити технологічний процес виготовлення цифрового блока вимірювання        | 17.11.2022                             |          |
| 6        | Розрахувати точку беззбитковості виробу                                        | 08.12.2020                             |          |

Студент \_\_\_\_\_ «Кір'янова К.Р

( підпис ) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту \_\_\_\_\_ «Анікін А. М.»

( підпис ) (прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

Розрахунково-пояснювальна записка: 122 стр., 56 іл., 23 табл., 4 додатки, 39 джерел.

Об'єкт дослідження - пристрої вимірювання палива в автомобілі.

Область застосування: досліджуваний об'єкт застосовується в автомобільній промисловості і ставитися до автомобільного приладового комплексу.

Мета роботи - розробити цифровий блок вимірювання палива в автомобілі, що дозволяє виконувати перелік функцій по вимірюванню витрати палива в автомобілі і при цьому зробити більш економічним і функціональним, а також більш економічним та універсальним порівняно з відомими пристроями.

ДОСЛІДЖЕННЯ, АНАЛІЗ, ПРИСТРІЙ ВИМІРЮВАННЯ КІЛЬКОСТІ ПАЛИВА, ТОПЛИВОМЕР, ДАТЧИК, АЛГОРИТМ, СТРУКТУРНА СХЕМА, СХЕМА ЕЛЕКТРИЧНА ПРИНЦИПОВА, МІКРОКОНТРОЛЕРИ, АЦП, ПОРТИ ВВЕДЕННЯ-ВИВЕДЕННЯ, ПАМ'ЯТЬ, ІНТЕРФЕЙС, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, ТИП ВИРОБНИЦТВА, ПЛАТА, СОБІВАРТІСТЬ, ГРАФІК БЕЗЗБИТКОВОСТІ.

## ЗМІСТ

|                                                                             | Ст. |
|-----------------------------------------------------------------------------|-----|
| ВСТУП                                                                       | 8   |
| 1. АНАЛІЗ СУЧАСНИХ СИСТЕМ ВИМІРЮВАННЯ ПАЛИВА НА БОРТУ АВТОМОБІЛЯ            | 9   |
| 1.1 Класифікаційні особливості датчиків для автомобіля                      | 9   |
| 1.2. Типи вихідного сигналів із датчиків автомобільних систем               | 10  |
| 1.3 Особливості вимірювання рівня палива                                    | 11  |
| 1.4 Порівняльні характеристики датчиків палива                              | 12  |
| 1.5 Види датчиків рівня палива                                              | 14  |
| 1.5.1 Поплавковий датчик рівня палива                                       | 14  |
| 1.5.2 Поплавкові датчики рівня палива фірми ОВЕН                            | 17  |
| 1.6. Ультразвуковий датчик рівня палива                                     | 20  |
| 1.7.Ємнісний датчик рівня палива                                            | 21  |
| 1.8 Огляд та аналіз датчиків рівня палива                                   | 22  |
| 1.8.1 Датчик рівня палива ETS.R RS-485                                      | 22  |
| 1.8.2 Схема датчика ETS.RS-485                                              | 24  |
| 1.8.3 Датчик рівня палива Progress TMK 24                                   | 24  |
| 1.8.4 Датчик рівня палива Ескорт ТД 100                                     | 26  |
| 1.8.5 Датчик рівня палива Bi flsensor                                       | 27  |
| 1.8.6 Датчик рівня палива ДУ-04                                             | 28  |
| 1.8.7 Датчик рівня палива Epsilon                                           | 28  |
| 1.8.8 Датчик рівня палива «Стріла»                                          | 30  |
| 1.8.9 Датчик рівня палива DUT-E                                             | 32  |
| 1.8.10 Суматор датчиків рівня палива DUT-E SUM                              | 33  |
| 1.8.11 Датчик рівня палива DUT-E, DUT-E 232, DUT-E 485                      | 34  |
| 1.8.12 Особливості використання ДУТ                                         | 36  |
| 1.8.13 Ультразвукові ДУТ                                                    | 37  |
| 1.8.14 Ультразвуковий датчик палива                                         | 37  |
| 1.8.15 Ультразвуковий датчик рівня УЗД-2,5                                  | 39  |
| 1.8.16 Ультразвуковий датчик рівня прамінь ІІ-b-60                          | 39  |
| 1.9 Тарування датчика рівня палива                                          | 41  |
| 1.10 Бортові комп'ютери та цифрові пристрої вимірювання палива в автомобілі | 43  |
| 1.10.1 Прилад рівня палива діодний                                          | 43  |
| 1.10.2 Цифровий показчик рівня палива ECMS PEF2-BS-240-33                   | 44  |
| 1.10.3 Види бортових комп'ютерів автомобіля                                 | 46  |
| 1.10.4 Бортовий комп'ютер <u>Multitronics RC-700</u>                        | 49  |
| 1.10.5 Універсальний маршрутний бортовий комп'ютер Multi-set                | 50  |

|                                                                                        |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 2. РОЗРОБКА СХЕМИ ЦИФРОВОГО БЛОКУ ВИМІРЮВАННЯ КІЛЬКОСТІ ПАЛИВА ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБИ    | 52  |
| 2.1 Розробка структурної схеми цифрового блоку                                         | 52  |
| 2.2 Розробка електричної схеми цифрового блоку вимірювання топлива                     | 56  |
| 2.3 Особливості та аналіз мікроконтролера Atmega 128                                   | 57  |
| 2.3.1 Архітектура ядра                                                                 | 58  |
| 2.3.2 Організація пам'яті                                                              | 64  |
| 2.3.3 Пам'ять програм FlashROM                                                         | 64  |
| 2.3.4 Генератор тактового сигналу                                                      | 65  |
| 2.3.5 Порти введення/виводу                                                            | 66  |
| 2.3.6 Послідовно периферійний інтерфейсSPI                                             | 68  |
| 2.3.7 Універсальний синхронний/асинхронний приймач-передавач USART                     | 69  |
| 2.3.8 Двопровідний послідовний інтерфейс TWI                                           | 71  |
| 2.3.9Аналого-цифровий перетворювач ADS1115                                             | 74  |
| 2.3.10 Трансівер інтерфейсу CAN                                                        | 74  |
| 2.3.11 Одночиптовий міст usb-to-uart 2102/9                                            | 75  |
| 2.3.12 Перетворювач напруги LM2940x 1-A                                                | 76  |
| 2.3.13 MCP2515 інтерфейсCAN                                                            | 77  |
| 2.3.14 Рідкокристалічний індикатор                                                     | 79  |
| 2.3.15 Захисні діоди (супресори)                                                       | 80  |
| 2.4 Робота пристрою                                                                    | 80  |
| 2.5 Розробка алгоритму роботи пристрою вимірювання палива                              | 83  |
| 3. РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ АВТОМОБІЛЬНОГО ЦИФРОВОГО БЛОКУ ВИМІРЮВАННЯ ПАЛИВА              | 85  |
| 3.1 Забезпечення захисту від механічних впливів чинних на цифровий блок вимірювання    | 85  |
| 3.2 Розрахунок висновків навісного елемента                                            | 86  |
| 3.2.1Розрахунок на віброміцність                                                       | 87  |
| 3.2.2 Розрахунок на статичну міцність                                                  | 89  |
| 3.3 Загальні питання охолодження радіоапаратури                                        | 90  |
| 4 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ЗБІРКИ ДРУКОВАНОГО ВУЗЛА ЦИФРОВОГО БЛОКУ ВИМІРЮВАННЯ | 96  |
| 4.1 Визначення типу виробництва та вибір організаційної форми складання                | 96  |
| 4.2 Аналіз технологічності                                                             | 96  |
| 4.2.1 Якісна оцінка технологічності                                                    | 97  |
| 4.2.2 Кількісний аналіз                                                                | 98  |
| 4.3 Розробка технологічної схеми збирання                                              | 100 |
| 4.4 Розробка маршрутної технології                                                     | 102 |
| 4.5 Розробка операційної технології (операція збирання)                                | 106 |
| 4.5.1 Вибір операції для розробки та оптимізації трудомісткості                        | 106 |

|                                           |     |
|-------------------------------------------|-----|
| 4.5.2 Визначення оптимального варіанта    | 108 |
| 5. РОЗРАХУНОК СОБІВАРТОСТІ Й ЦІНИ БЛОКУ   |     |
| ВИМІРЮВАННЯ ПАЛИВА                        | 111 |
| 5.1 Ціль економічної частини              | 111 |
| 5.2 Фірма-виробник                        | 111 |
| 5.3 Сегментування ринку                   | 111 |
| 5.4 Аналіз конкурентоспроможності         | 112 |
| 5.5 Розрахунок собівартості й ціни виробу | 114 |
| 5.6 Розрахунок точки беззбитковості       | 118 |
| ВИСНОВОКИ                                 | 120 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ                | 121 |
| ДОДАТОК А                                 |     |
| ДОДАТОК Б                                 |     |
| ДОДАТОК В                                 |     |
| ДОДАТОК Г                                 |     |

## ВСТУП

Сучасний автомобіль – це велика та складна мережа електронних підсистем та компонентів. Створювані нові засоби спрощення керування машиною, підвищення безпеки та комфорту – автоматичні гальмівні системи, електронні системи запалювання, подушки безпеки, відеопристрою для пасажирів на задньому сидінні, які ще зовсім недавно вважалися недоступними, – тепер сприймаються як стандартні. Електронна оснастка автомобіля постійно зростає, і, за твердженням експертів, у майбутньому 90% інновацій в автомобілебудуванні припадатиме на частку електронних систем. Це, звичайно, спричинить ускладнення електронної інфраструктури машин.

Усього за два-три роки електронна технологія практично докорінно змінить комфортність та системи безпеки автомобіля, зробивши його "розумним", а процес водіння - приємним. У машинах будуть всі види електронних приладів. У поєднанні з перспективними апаратними та програмними засобами, це дозволить не лише заздалегідь запобігти зіткненню, що можливо і сьогодні, але й встановити ступінь тяжкості та точне місцезнаходження ДТП.

Електронні системи трансмісії та шасі, а також нові телеметричні засоби вимагають застосування все більш складних напівпровідникових приладів, що дозволяють об'єднувати в інтерфейсі користувача всі різноманітні електронні системи автомобіля. Сьогодні частку напівпровідникових приладів припадає 22% загальної вартості автомобіля, до 2010 року цей показник може зрости до 35% (22% – на апаратні, 13% – на програмні засоби).

Дії водія під час руху автомобіля нерозривно пов'язані з процесами прийому та переробки інформації, яку він отримує за допомогою аналізаторів (зорового, слухового та ін) від зовнішніх подразників. Водій приймає конкретні рішення та керує автомобілем на основі отриманої та переробленої інформації. Однак у певних умовах він не встигає переробити необхідну йому інформацію, пропускає частину її та приймає рішення надто пізно, внаслідок чого виникає ДТП. Такий же результат можливий, коли в полі зору водія відсутня достатня кількість інформації, яка потрібна за умовами дорожньо-транспортної ситуації, що склалася. Отже, безпека руху багато в чому залежить як від кількості, так і від якості інформації, що сприймається водієм, у тому числі інформації,