

Вінницький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет інформаційних електронних систем
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра Інформаційних радіоелектронних технологій і систем
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

Бакалаврська дипломна робота на тему:

«Мікроелектронний пристрій для визначення типу дизельного палива»

Виконав: студент 4-го курсу, групи МНТ-206
спеціальності 153 – «Мікро- та наносистемна
техніка»

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Кочмала В.Б.

(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доц., асист. каф. ІРТС

Семенова О.О.

(прізвище та ініціали)

«10» 06 2024 р.

Рецензент: д.т.н., доц. професор каф. ІКСТ

Михалевський Д.В.

(прізвище та ініціали)

«10» 06 2024 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ІРТС

д.т.н., проф. Осадчук О.В.

(прізвище та ініціали)

«11» 06 2024 р.

Вінниця ВНТУ - 2024 рік

Вінницький національний технічний університет
Факультет Інформаційних електронних систем
Кафедра Інформаційних радіоелектронних технологій і систем
Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)
Галузь знань – 15 Автоматизація та приладобудування
Спеціальність – 153 – «Мікро- та наносистемна техніка»
Освітньо-професійна програма – «Мікро- та наносистемна техніка»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ІРТС

д.т.н., проф. Осадчук О.В.

15 березня 2024 року

ЗАВДАННЯ НА БАКАЛАВРСЬКУ ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Кочмалі Владиславу Богдановичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи. Мікроелектронний пристрій для визначення типу дизельного палива

керівник роботи к.т.н., доц., асист. кафедри ІРТС Семенова О.О.

затверджені наказом вищого навчального закладу від "11" 03 2024 року № 80

2. Строк подання студентом роботи 07 06 2024 року

3. Вихідні дані до роботи: клас використання – автомобільний, підгрупа використання – непрофесійний, напруга живлення – 15 В, тиск – 101,3 кПа, віброприскорення – 19,6 м/с².

4. Зміст текстової частини: Вступ, Технічне обґрунтування доцільності розробки, Попередній аналіз і розробка пристрою, Моделювання роботи пристрою контролю типу дизельного палива, Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях, Висновки, Список використаних джерел, Додатки.

5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): дослідницька установка, схема електрична принципова, плата друкована, складальне креслення, схема в програмі OrCAD PSpice, результати моделювання.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	виконання прийняв
Основна частина	асист. кафедри ІРТС к.т.н., доц. Семенова О.О.		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	професор кафедри БЖДПБ, професор, д.п.н., Дембіцька С.В.		

7. Дата видачі завдання 14.03. 2024 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів бакалаврської дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Вибір, узгодження та затвердження теми БДР	14.02.2024-28.02.2024	
2.	Огляд та аналіз літературних джерел.	01.03.2024-10.03.2024	
3.	Затвердження теми. Розробка завдання на БДР.	11.03.2024-31.03.2024	
4.	Попередня розробка основних розділів. Аналіз вирішення поставленої задачі. Розробка структурної схеми та технічних рішень.	01.04.2024-06.05.2024	
5.	Математичне моделювання та електричні розрахунки . Експериментальне дослідження.	07.05.2024-18.05.2024	
6.	Розробка графічної частини БДР	19.05.2024-22.05.2024	
7.	Охорона праці (ОП)	23.05.2024-28.05.2024	
8.	Оформлення пояснювальної записки та графічної частини.	29.05.2024-05.06.2024	
9.	Нормоконтроль	06.06.2024-07.06.2024	
10.	Попередній захист БДР, доопрацювання, рецензування БДР	08.06.2024-10.06.2024	
11.	Захист БДР ЕК	11.06.2024-12.06.2024	

Студент


(підпис)

Кочмала В.Б.

Керівник роботи


(підпис)

Семенова О.О.

АНОТАЦІЯ

УДК 681.121.4

Кочмала В. Б. Мікроелектронний пристрій для визначення типу дизельного палива. Бакалаврська дипломна робота. – Вінниця: ВНТУ, 2024. – 89 с. На українській мові. Бібліогр.: 32 назв; Рис.: 20.

В даній бакалаврській дипломній роботі розробляється та досліджується конструкція пристрою для контролю типу дизельного палива. Аналізується поточний рівень знань у цій галузі, вибирається метод конструювання, розраховується механічна міцність друкованої плати, надійність пристрою та інші конструкторські параметри. Описується принцип роботи пристрою, а також його недоліки та переваги.

Ключові слова: паливо, контроль, вимірювач.

ABSTRACT

Kochmala S.S. Microelectronic device for determining the type of diesel fuel. Bachelor thesis. – Vinnytsia: VNTU, 2024. – 89 p. In Ukrainian language. Bibliography: 32 titles; Fig.: 21.

In this thesis bachelor thesis developed design of the device to control the type of diesel fuel. The analysis of the prior art in this field, select the method of construction, the calculation of the mechanical strength of the printed circuit board, safety devices and other design calculations. Write a developed device is reviewing not only the principle of action and settlement of the device and specify its advantages and disadvantages.

Keywords: fuel, control, meter.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 ТЕХНІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ РОЗРОБКИ.....	8
1.1 Призначення та параметри приладу.....	8
1.2 Класифікація датчиків для визначення типу дизельного палива.....	19
1.3 Дослідження дизельного палива за діелектричним методом.....	20
1.4 Аналіз патентів на визначення цетанового числа дизельного палива....	22
2 ПОПЕРЕДНІЙ АНАЛІЗ І РОЗРОБКА ПРИСТРОЮ	23
2.1 Аналіз технічних вимог і умов експлуатації.....	23
2.2 Вибір і обґрунтування аналогів.....	24
2.3 Попередній аналіз і розробка схеми.....	31
2.4 Конструкторські розрахунки	39
3 МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ПРИСТРОЮ КОНТРОЛЮ ТИПУ ДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА.....	63
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	67
4.1 Технічні рішення щодо безпечного виконання роботи.....	68
4.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії.....	69
4.3 Пожежна безпека.....	74
ВИСНОВКИ.....	77
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	78
Додаток А (обов'язковий) Ілюстративний матеріал.....	82
Додаток Б (обов'язковий) Протокол перевірки навчальної (бакалаврської) дипломної роботи.....	88

ВСТУП

Актуальність теми. Тенденції зростання світового парку транспортних засобів сприяли зростанню попиту на всі види палив, що виробляються з нафти, а особливо на бензин і дизельне пальне. До того ж дослідницькі роботи стосовно біопалива на автомобільному транспорті ведуться найбільш інтенсивно.

У наш час на ринку присутня велика кількість різних приладів для визначення: якості, октанового та цетанового числа палив, типів дизельних палив. Та є багато недоліків, це насамперед ціна та якість приладу.

Тому актуальною є розробка пристрою для контролю типу дизельного палива.

Прилад для аналізу типу дизельного палива широко використовується в лабораторіях нафтобаз, нафтопереробних заводів і інших промислових підприємств, залізничних та автотранспортних організацій, центрів стандартизації та метрології і науково-дослідних інститутів.

Аналіз останніх досліджень

Численні наукові праці присвячені теоретичним засадам та практичним розробкам пристроїв для аналізу складу нафтопродуктів. Серед таких пристроїв є аналізатори октанового та цетанового числа, вимірювачі низькотемпературних показників нафтопродуктів, колориметри, прилади для визначення вмісту смол, вимірювачі в'язкості. Використовують різні методики, щоб визначити всі характеристики і параметри зразка.

Метою роботи є розробка та аналіз приладу, який визначає цетанове число та тип дизельного палива, який буде підходити користувачам по всім критеріях: ціні, якості, довготривалі експлуатації.

Об'єктом дослідження є пристрій для визначення типу дизельного палива.

Предметом дослідження є процес побудови пристрою для визначення типу дизельного палива.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі:

- проаналізувати технічний розвиток і галузь до якої відноситься розроблюваний пристрій;
- провести порівняльну характеристику пристрою з існуючими пристроями-аналогами, проаналізувати на переваги та недоліки;
- обґрунтувати електричну принципову схему пристрою;
- виконати аналіз технічних вимог до конструкції розроблюваного пристрою;
- виконати компоновання елементів друкованої плати, а також трасування з'єднань;
- виконати електричні розрахунки для друкованої плати, розрахунки електромагнітної сумісності пристрою, а також розрахунки механічної міцності друкованої плати та надійності.

Методи дослідження ґрунтуються на використанні: рівнянь математичної фізики; теорії розрахунку нелінійних електричних кіл, імітаційному моделюванні.

Наукова новизна одержаних результатів

Проведено аналіз публікацій, присвячених теоретичним розробленням і експериментальним дослідженням пристроїв для контролю типу палива.

Розглянуто особливості визначення типу дизельного палива.

Практичне значення одержаних результатів

Практична цінність роботи полягає в тому, що розроблено схему пристрою для контролю типу дизельного пального.

Особистий внесок здобувача. Основні положення і результати бакалаврської дипломної роботи отримані автором практично самостійно в науковій школі д.т.н., проф. Осадчука О.В.

Структура і обсяг роботи. Бакалаврська дипломна робота складається зі вступу, 4 розділів, висновків, додатків та списку використаних джерел.

1 ТЕХНІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ РОЗРОБКИ

1.1 Призначення та параметри приладу

Пристрій розроблений для контролю типу дизельного палива. Температура застигання визначає тип дизельного палива. Типи S і W вказують на сезон (літній або зимовий). Прилад може вимірювати процентний вміст гасу в дизпаливі та індукційний період окислення бензину. За допомогою інтерфейсу USB пристрій можна підключати до комп'ютера або ноутбука. Аналізатор використовує автоматичне комп'ютерне калібрування для запису результатів вимірювання в пам'ять разом з датою та часом проведення аналізу, а потім передає їх у комп'ютер у форматі Microsoft Excel або txt. Прилад виробництва Німеччини має антиблікову клавіатуру з восьми кнопками, яка стійка до стирання та агресивних середовищ.

Аналізатор має мікросхему таймера, яка зберігає результати вимірювання з датою і часом аналізу. Крім того, ці дані можуть бути передані в комп'ютер.

Апарат для вимірювання цетанового числа дизельних палив за шляхом вимірювання часу затримки запалювання CID-510.

Цетанове число — це умовна кількісна характеристика, яка описує займання дизельних палив. Чисельно воно дорівнює відсотковому за об'ємом вмісту цетана в його суміші з альфа-метилнафталіном, що еквівалентна по запалювальним властивостям випробуваному паливу при стандартних випробувальних умовах. Обчислення розрахункового цетанового числа (DCN) для дизельних палив є більш точним.

Новий аналізатор розрахункового цетанового числа PAC Cetane ID 510 має вбудований мікропроцесор, який може керувати всім.

Відмітимо наступні переваги приладу :

- похибка при повторних вимірюваннях октанометра не перевищує 0,5 од. цетанового числа;

- більш детальний і точний аналіз нафтопродуктів у порівнянні з існуючими приладами для аналізу бензину та дизпалива;
- індикація цетанового числа, температури замерзання та типу дизельного палива відбувається одночасно;
- час вимірювання не більше 5 с;
- результати зберігаються в незалежній пам'яті приладу;
- є можливість спільної роботи із персональним комп'ютером;
- за допомогою цифрового термометра виконується точне вимірювання температури;
- має місце точна поправка вимірів залежно від температури проби;
- для роботи з октанометром не потрібна спеціальної підготовки робітників;
- проба маленького обсягу;
- низьковольтне живлення від батарейки задовольняє вимогам пожежної безпеки.

1.1.1 Визначення цетанового числа дизельного палива

Займистість дизельних палив є найважливішою характеристикою їх експлуатації. Ця характеристика впливає на запуск, потужність, економічність і надійність двигуна. Займистість має більший вплив на запуск, коли температура низька. Займистість впливає неоднозначно на різні характеристики двигуна (рис. 1.1).

Враховуючи вплив займистості палива на характеристики двигуна, слід пам'ятати, що подача палива насосом продовжується протягом періоду затримки запалення палива. Процес подачі палива може тривати від десяти до сорока градусів кута повороту колінчастого вала, а період затримки запалення може становити кілька градусів. Це залежить від режиму роботи двигуна та конструкції двигуна. Таким чином, тривалість затримки запалення

характеризує як початок процесу згоряння палива в циліндрі, так і загальну кількість палива, яка знаходиться в циліндрі на даний момент. Обидва елементи суттєво впливають на процес згоряння.

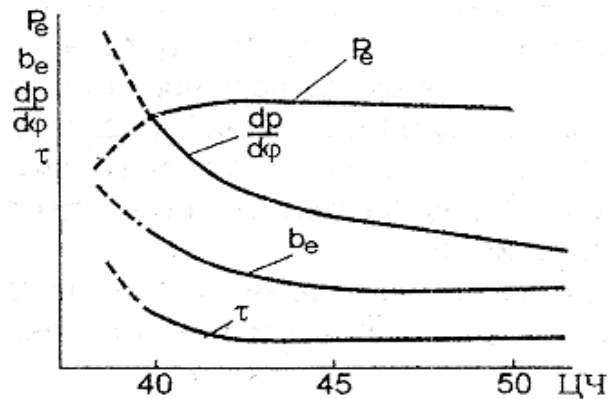


Рисунок 1.1 - Вплив петанового числа на потужність, питому витрату палива, час пуску та жорсткість роботи дизеля

Підвищення займистості палива до певної межі покращує процес горіння та його ефективність, зменшує період затримки запалення та жорсткість роботи, а також значно підвищує економічність (рис. 1). Коли двигун працює на паливах з високою займистістю, підвищення займистості може зрости димність і погіршити економічність. Причиною цього є плавне зростання тиску, яке відбувається через невелику затримку запалення та відносно низьку швидкість горіння. Це призводить до того, що значна частина процесу переноситься на такт розширення [10].

Цетанове число є комплексною характеристикою займистості палива. Здатність палива до горіння збільшується з цетановим числом.

Вуглеводні парафінової групи володіють найвищою здатністю до займання. Так, займистість цетана $C_{16}H_{34}$ прийнята за 100 одиниць. А от Займистість вуглеводню ароматичної групи - альфа-метилнафталіну $C_{11}H_{10}$ була прийнята за 0 одиниць.

Цетанове число відображає скільки саме відсотків за обсягом цетана у суміші з альфа-метилнафталіном можуть забезпечити займистість, еквівалентну

для даного типу палива. Наприклад, цетанове число в паливі 45 означає, що його займистість ідентична займистості суміші 45% цетана та 55% альфа-метилнафталіну. На рис. 1 показано, як цетанове число впливає на різні показники роботи двигуна. Видно, що техніко-економічні показники двигуна дещо погіршуються при надто високих значеннях цетанового числа, але не так різко.

Прийняте цетанове число дизельного палива для транспортних дизелів наразі становить 45 одиниць.

Розглянемо стандартну стратегію для отримання цетанового числа. Цетанове число визначають на спеціальних моторних установках. Це дозволяє швидко змінювати і контролювати ступінь стиснення, кут випередження подачі палива та підтримувати «стандартний» режим роботи двигуна. Крім того, установка повинна мати обладнання, яке може визначити момент початку подачі палива та початку згоряння палива. На сьогоднішній день "збіги спалахів" є звичайним методом визначення цетанових чисел. Випробування проводиться на ІТ-9-3. (рис. 1.2)

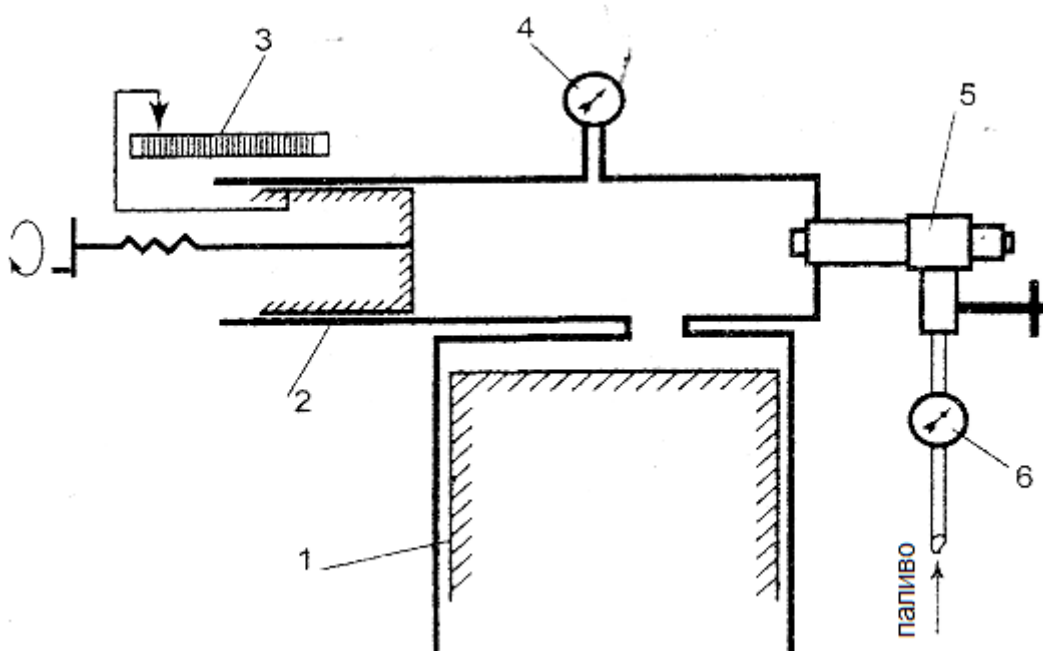


Рисунок 1.2 - Розділена камера згоряння з регульованим об'ємом дослідницької установки ІТ-9-3: 1-поршень; 2-допоміжний поршень; 3-мікрометрична шкала; 4- індикатор початку згоряння; 5-форсунка; 6- індикатор початку подачі палива

Одноциліндровий чотиритактний дизель, асинхронний електродвигун, пристрої для підтримки заданого режиму роботи дизеля та апаратура для вимірювання є частиною установки. Установка дизеля відрізняється від звичайних дизелів тим, що він може оперативно змінювати ступінь стиснення прямо під час роботи. Це практично досягається за допомогою використання розділеної камери згоряння, об'єм якої можна збільшити або зменшити шляхом переміщення допоміжного поршня 2. Шкала мікрометрії 3 контролює переміщення допоміжного поршня. За допомогою графіка, наведеного на рис. 3, можна знайти геометричну ступінь стиснення, яка відповідає кожному положенню поршня.

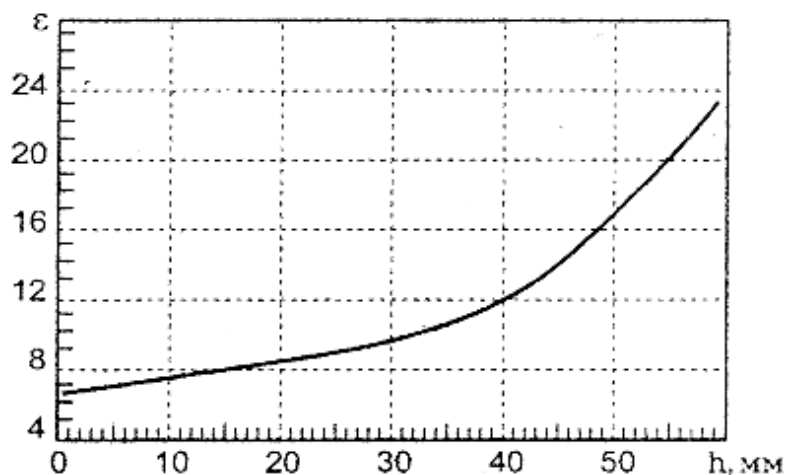


Рисунок 1.3 - Залежність ступеня стиснення ϵ від показників мікрометра h

Основна ідея методу «збігів спалахів» полягає в наступному. Встановлено ступінь стиснення для двигуна, який працює в «стандартному» режимі (таблиця 1), при якому споживання палива в циліндрі відбувається безпосередньо у верхній мертвій точці (ВМТ). Далі вибирають суміш еталонних палив із такою ж згораємістю, не змінюючи ступінь стиснення. Це означає, що при роботі на суміші еталонних палив «спалах» повинен відбутися також у ВМТ. Цетанове число досліджуваного палива визначається за змістом еталонних палив у суміші.

При паралельному вимірюванні цетанового числа одного і того ж палива на одній установці розбіжності не повинні перевищувати середньоарифметичне значення більш ніж на дві цетанові одиниці.

Наближений спосіб отримати цетанове число. У порівнянні з традиційним методом визначення цетанового числа дизельного палива можна використовувати інші методи, які вимагають менших витрат матеріалів (наприклад, еталонного палива) і часу. У цій роботі пропонується знайти цетанове число за допомогою емпіричної залежності від періоду затримки запалення палива. Застосування цього методу вимагає встановлення експериментальної тривалості між початком подачі палива в циліндр і його займанням D_{j1} . У цьому випадку двигун повинен працювати в «стандартному» режимі. Цетанове число прямо впливає на тривалість періоду затримки запалення D_{j1} . За інших рівних умов експерименту D_{j1} визначатиме цетанове число палива. Хоча експерти не можуть оцінити точність цього методу, він повністю відповідає вимогам експлуатації дизелів.

1.1.2 Основні типи дизельних палив

Такі марки дизельного палива визначені залежно від умов застосування:

- Л (літнє) - рекомендується для експлуатації при температурі навколишнього середовища не нижче 0 °С;
- З (зимове) - рекомендується для експлуатації при температурі навколишнього середовища не нижче -15 °С.

За вмістом сірки дизельні палива поділяють на такі види:

- 1 - масова частка сірки не більше 0,05%;
- 2 - масова частка сірки не більше 0,10%;
- 3 - масова частка сірки не більше 0,20%;
- 4 - масова частка сірки не більше 0,50%.

Умовне позначення: масова частка сірки та температура спалаху повинні бути включені до палива марки Л. Наприклад, літнє дизельне паливо загального

призначення з масовою часткою сірки до 0,2% маркується як «Л-0,2-40», де 0,2 означає масову частку сірки, яка не перевищує 0,20% третього виду, і 40 означає температуру спалаху в закритому тиглі, яка не перевищує 40 градусів Цельсія. Паливо марки 3 також має мати масову частку сірки та температуру застигання.

1.1.3 Способи аналізу якості палив

Відомі такі способи аналізу якості палива:

- 1) Якісні способи визначення присутності компонентів;
- 2) Кількісні способи для визначення сумарного вмісту різних компонентів, а також обчислення за їх процентним змістом окремих показників якості, таких, як вміст сірки або цетанове число;
- 3) Інтегральні способи визначення показників якості за непрямыми методами за кореляційними залежностями, що пов'язують певний показник з електромагнітними параметрами палива.

Якісні методи, які дозволяють визначити лише граничний склад певного компонента, не задовольняють потреби виробників і споживачів нафтопродуктів, оскільки вони не дають можливості досить точно описати паливо [4].

Кількісні методи вимірювання якості палива поділяються на дві основні категорії. Перша включає хіміко-аналітичні методи, які ґрунтуються на спалюванні або інших видах окислення нафтопродукту з подальшим аналізом продуктів хімічних реакцій; друга категорія включає електрофізичні апаратурно-аналітичні методи, які базуються на пропусканні електричних, електромагнітних і акустичних сигналів через досліджувані нафтопродукти.

Існує багато ефективних методів спалювання та титрування для визначення якості нафтопродуктів. Але, очевидно, ці методи не підходять для створення потокового аналізатора, оскільки вони не задовольняють вимоги щодо вибухобезпеки, швидкості та простоти обслуговування. Наразі контроль

якості можна здійснити лише за допомогою методів, спрямованих на усунення електричних і електромагнітних сигналів, які проходять через досліджуване паливо. Розглянемо більш детально відомі електрофізичні методи та конструкції, які використовуються для контролю досліджуваних показників якості.

Дослідницькі методи, за допомогою яких вимірюється детонація палива, що спалюється в циліндрі двигуна, який був попередньо калібрований на еталонних сумішах, використовуються для вимірювання октанового числа чи цетанового числа бензинів і дизельних палив на випробувальних двигунах внутрішнього згоряння. Процес вимірювання октанового числа на двигуні довгий, дорогий і не перспективний, якщо використовувати його безпосередньо для безперервного контролю октанового числа. Це єдиний спосіб вимірювати пряме число октанів або цетанів, не залежачи від складу суміші. Таким чином, цей метод широко використовується та включений до національних стандартів України та інших країн по всьому світу.

З іншого боку, метод має багато недоліків. Помилки можуть бути викликані клапанами, змінами умов підведення палива, ретельністю підготовки еталонних сумішей, нагаром у двигунах, зносом установки та суб'єктивністю відліку. Незважаючи на те, що атестаційна похибка використаних установок становить 0,5 од., реальна різниця показників значно більша. Нафтопереробники в даний час не задоволені низькою точністю вимірювань, оскільки перевитрата присадок або повторне компаундування може призвести до значних фінансових втрат.

Для підвищення продуктивності нафтопереробних заводів необхідно вимірювати ОЧ безпосередньо під час технологічного процесу. Це дозволить швидко змінити режим змішування компонентів бензину. Таким чином, багато часу потрібно витратити на пошук альтернативних способів вимірювання кількості цетанів дизельного палива та октанів бензину.

Сучасні методи дослідження бензину дозволяють визначати ОЧБ без спалювання двигуна. Це октанометр, який використовує метод «холодного»

окислення бензину в реакторі при певній температурі. У цьому методі максимальний тиск реакції в реакторі залежить від октанового числа. Октаномер «Морінекс», розроблений ІОР у Сполучених Штатах, і вдосконалений макетний зразок вітчизняного пристрою, працюють на цьому принципі. Принцип роботи полягає в періодичному пропущенні бензино-повітряної суміші через реактор, який нагрівається до температури від 290 до 300 градусів. У нагрітому реакторі відбувається реакція холодно-полум'яного окислення, яка викликає виділення тепла. Цей метод не є точним, оскільки він залежить від вуглеводневого складу палива.

Для підвищення точності установку доповнюють датчиком тиску та клапаном, які вимірюють температуру за допомогою реєстрації тиску в реакторі. Було виявлено, що можна виміряти октанове число бензину, регулюючи температуру і вихідний тиск проби під час окислення. Експоненційна залежність добре описує зміну тиску в реакторі від октанового числа палива. Зважаючи на досить хороші характеристики точності зазначених приладів, слід відзначити їх високу вартість і складність їх використання в сучасних вимірах. Для цього потрібна апаратура дозування палива з високою температурою та відповідною системою керування.

Використовуючи аналізовану пробу електромагнітних випромінювань різних частот, методи пропускання повинні бути більш перспективними. Рентгеноскопічні, радіоактивні та магнітно-резонансні методи мають значні недоліки, пов'язані з дорожнечою, габаритами та екологічною безпекою. Найбільш прийнятними методами є електромагнітні (оптичні та електронно-акустичні), на основі компромісу «ціна - якість - надійність - швидкодія».

Серед великої кількості електромагнітних методів найбільш дешеві та ефективні імпедансні та радіочастотні методи, оскільки вони пов'язані з використанням доступної апаратури та мікросхемотехніки. Електро-аналітичні та мікрохвильові методи більш точні, ніж методи низькочастотних, але вимагають більшої апаратури. На ринку з'явився імпедансний прилад виробництва фірми «Радіус» міста Томська для вимірювання октанового числа

бензину та цетанового числа дизельного палива, а також прилад АК-3 для аналізу якості ГСМ. Ці пристрої працюють на основі зміни діелектричної проникності палива залежно від його октанового числа з поправкою на температуру. Заявлені технічні характеристики цього пристрою не підтверджуються. Це може бути результатом недоліків у схемотехніці, дизайні датчика та програмі обробки сигналів.

Серед оптоелектронних перспективних методів абсорбції використовується поглинання пробою палива оптичним сигналом. Інтенсивність поглинання світла вимірюється в певному діапазоні хвиль, який становить від 0,8 до 2,5 мкм, і безпосередньо залежить від фракційного складу бензину. Пристрій показав непогані результати на еталонних, лабораторних і товарних бензинах у нормальних кліматичних умовах. Однак через дуже високу тимчасову та температурну нестабільності світових фільтрів, джерел випромінювання та блоку живлення пристрій не забезпечував достатньої стабільності. Схема цілком працездатна для створення високо стабільних оптичних фільтрів, і при використанні сучасних елементних баз вона дозволить створити дешевий, надійний октаномер. На цьому принципі працює октаномер 3X101C фірми Zeltex, який широко використовується в Україні.

Це переносний пристрій, який аналізує поглинання випромінювання в діапазоні 800–1100 нм. Він розроблений для контролю бензину на пунктах відвантаження та автозаправних станціях. Існує чотирнадцять відліків спектру поглинання в цьому діапазоні через наявність чотирьохнадцяти світлофільтрів в оригінальній запатентованій оптичній схемі пристрою. Далі використовується калібрувальна модель для визначення октанового числа Q бензину.

Прилад може зберігати дані про десять калібрувальних характеристик, а також обчислювати октанове число за допомогою моторних і дослідницьких методів, а також середнє значення цих чисел, або антидетонаційний індекс (АК1). Експлуатаційні характеристики приладу не витримують критики, незважаючи на високу вартість і заявлену точність (0,1 од.). Крім низької точності, пристрій складні в експлуатації та вимагають складної настройки та

комфортних робочих умов, які важливі для регіональних характеристик сировини.

Крім того, відомий лабораторний аналізатор ХХ-440, який призначений для експрес-аналізу октанового числа бензинів, що не містять свинцю, як для дослідницьких, так і для моторних методів, а також цетанового числа та метанового індексу дизельного палива. Завдяки складним сучасним технологіям аналізатор простий у використанні та надійний.

Після кожного включення пристрій самотестується, щоб максимізувати точність. На дисплеї показуються результати, а на вбудованому принтері можна роздрукувати номер проби, дату та час проведення випробувань. Користувач може відкалібрувати прилад для аналізу палива в потрібному діапазоні. Прилад може зберігати до сто окремих калібрувань для різних типів нафтопродуктів. Калібрування виконується за допомогою електронної машини (EOM), яка підключається до пристрою за допомогою звичайного інтерфейсу RS232. Прилад має розміри 400x400x600 мм, швидкість 20 секунд, вагу 10 кілограмів і вартість 30 000 доларів США..

Оптоелектричний спосіб також цікавий, оскільки він базується на порушенні флуоресцентного світіння проби бензину в ультрафіолетовій області спектра. У цьому випадку довжина хвилі та інтенсивність вторинного світіння визначають октанове число бензину. У зв'язку з тим, що цей метод не забезпечує стійку повторюваність, він не використовувався широко при створенні приладу. Однак це метод, безсумнівно, заслуговує подальших досліджень.

Спектрометричні методи, які використовують широкий діапазон частот для аналізу спектрів поглинання або пропускання палива, можуть певною мірою зменшити вплив складу сировини на визначення детонаційної стійкості. На відміну від описаних вище пристроїв, ці методи використовують принцип спостереження за інтенсивностями великого числа смуг поглинання в інфрачервоних спектрах вуглеводнів і обчислюють октанове або цетанове число за кількома факторами. Це дозволяє значно зменшити помилки

вимірювання, коли переходите на інші види сировини. Для ще більшого підвищення точності для кожного виду сировини створюється окрема калібрувальна модель. Потім спеціальні адаптивні алгоритми, які базуються на аналізі спектральної характеристики, вибирають модель, яка найкращим чином відображає залежність спектрального поглинання від октанового або цетанового числа бензину. Розробляються універсальні аналізатори, які базуються на спектрометричних методах.

Цікаві електронно-акустичні підходи до оцінки якості палива. Значно відомо, що такі характеристики, як швидкість поширення звуку та коефіцієнт загасання звуку в середовищі, значною мірою залежать від його щільності. Таким чином, щільність, один із найпоширеніших параметрів палива, може бути визначена за допомогою швидкості поширення або коефіцієнта загасання акустичного сигналу в паливі. Це стосується як частотних, так і імпульсних методів. Частотні методи використовують гармонійний сигнал для зондування проби палива, а потім обчислення коефіцієнта загасання сигналу на певній відстані від джерела. Швидкість поширення одного акустичного імпульсу в контрольованій пробі є основою імпульсних методів.

Всі вищеперераховані методи визначення октанового числа бензину не дозволяють побудувати малогабаритний і дешевий прилад для оперативного контролю якості палива. Використання ультразвуку в малогабаритних приладах ККТ вирішує це завдання.

1.2 Класифікація датчиків для визначення типу дизельного палива

Сьогодні в автомобілебудуванні використовуються датчики за різними принципами дії та конструкційними виконаннями для контролю за рівнем пального. Це викликає деякі особливості монтажу та експлуатації датчиків.

До них належить такі датчики, як ультразвукові, датчики важільного типу і датчики ємнісного типу.

Поплавкові важільні датчики (також відомі як електромагнітні показчики реостатного типу) зараз є найпоширенішими.

Одним із недоліків є те, що вони показують відносний (в частках) об'єм палива відносно стовпа рідини в баку, а не абсолютний (точний) об'єм палива. Крім того, вони мають значну похибку, яка коливається від десяти до тридцяти відсотків. Отже, для контролю використання пального на автомобілях із цим датчиком необхідно встановлювати додаткові проточні пристрої в системі трубопроводів його подачі. Це саме ці пристрої отримують сигнал і передають його на відповідний приймач, встановлений у кабіні транспортного засобу, або на приймач диспетчера автопідприємства за допомогою GPS передавача. Але ця схема не може запобігти крадіжці пального та не контролює використання пального безпосередньо в паливному баку.

На відміну від наведених, ультразвукові датчики та ємнісні датчики можуть забезпечити достатньо точний контроль кількості пального, а саме (від ± 1 до 2 %). Але для цього їх мікропроцесор повинен мати програму, яка містить алгоритм тарування, який враховує конфігурацію баку та інші фактори. Одним із їхніх переваг порівняно з важільними є те, що вони більш надійні, оскільки в них немає жодних деталей, які можуть рухатися.

1.3 Дослідження дизельного палива за діелектричним методом

Цей метод використовується для вимірювання діелектричної проникності середовища, особливо палива [5].

Діелектричний метод полягає в тому, що діелектричні властивості води та породи, нафти та газу різняться. Таким чином, відносна діелектрична проникність води становить 80 одиниць, тоді як діелектрична проникність нафти, газу та скелета пористого середовища відповідно становить 2-4 одиниці.

Було використано діелектричний метод, інфрачервоний спектроскопічний аналіз і оптичну мікроскопію для аналізу структури та хімічної будови запропонованого біопалива. Крім того, проводилися реологічні дослідження. Поточне вивчення споживчих характеристик нового продукту стало можливим завдяки цим методам [3].

Центральна лабораторія НПК «Галичина» в місті Дрогобич проводила дослідження експлуатаційних властивостей біодизельного палива, яке складається з ріпакової олії та ізопропілового спирту. Зібрані результати порівнювалися з відповідними показниками еталону (МЕРО) і відповідними показниками відповідно до актуальної нормативної документації для дизельного палива. Дослідження показало, що, за винятком в'язкості, запропоноване паливо має експлуатаційні властивості, подібні до мінерального дизельного палива та біопалива на основі метилового спирту, але температура застигання вдвічі нижча порівняно з останнім.

Були виконані стендові випробування дизеля Д-240 за умови його роботи на ІЕРО та нафтовому ДП. Як результат було отримано навантажувальні характеристики. Як видно з цих характеристик, при роботі на цих паливах потужність дизеля є практично однаковою. При роботі дизеля на ІЕРО має місце збільшення питомої витрати ге палива в межах 4...6 % через меншу теплоту згоряння і підвищення концентрації оксидів азоту NO_x у відпрацьованих газах, що спричинено більшим вмістом кисню у біопаливі. Інформація про вміст шкідливих речовин у відпрацьованих газах дизеля Д-240 при його роботі на різних видах паливах при потужності 35 кВт та частоті обертання 1500 хв^{-1} наведено в табл. 1.

Біодизельне паливо, особливо ІЕРО, з точки зору екології є більш безпечним. Як показали різноманітні досліді, при попаданні у воду біодизель не чинить шкоди живим організмам. Окрім того, він повністю розпадається в ґрунті або в воді за допомогою мікроорганізмів за 28 днів. Виконані токсиколого-гігієнічні дослідження ІЕРО дозволяють зробити висновок, що таке паливо належить до 4 класу небезпеки, а це найнижчий клас.

Біодизельне паливо практично не містить сірки, що робить його ідеальним альтернативою дизельному паливу, оскільки викиди оксидів сірки наносять значну шкоду екології. Це особливо важливо для нашої країни, оскільки вміст сірки в дизельному паливі, яке виробляється на вітчизняних нафтопереробних заводах, значно перевищує дозвалені норми. Велика перевага двигунів, які працюють на біодизельному паливі, полягає в тому, що вони не викидають в атмосферу двооксиду вуглецю CO_2 , який сприяє утворенню парникового ефекту. На відміну від нафтових палив, біодизельне паливо містить менше вуглецю.

На нашу думку, прогноз про подальший розвиток технології використання біопалива для дизельних двигунів є позитивним. ІЕРО, зокрема, є паливом, яке є безпечним для навколишнього середовища та нешкідливим. Його вартість значно нижча, ніж етиловий естер ріпакової олії.

Таблиця 1.1 - Вміст шкідливих речовин у відпрацьованих газах дизеля типу Д-240 при роботі на біопаливі та нафтовому дизельному паливі

Паливо	Речовини			
	CO , %	C_mH_n , млн. $^{-1}$	NO_x , млн. $^{-1}$	Тверді частинки %
Нафтове дизельне паливо	0,15	31	1500	60
Біопаливо (ІЕРО)	0,08	20	1750	54

1.4 Аналіз патентів на визначення цетанового числа дизельного палива

Аналізуючи [8], можна сказати, що в основу пристрою поставлена задача діагностики дизельної апаратури. Задача винаходу - розширення функціональних можливостей пристрою.

Винахід [9] спрямований на визначення кількості метану в дизельному паливі. Винахід стосується випробування палива моторами. Існують методи оцінки самозаймистості дизельного палива за допомогою методу збігу спалахів, що містить двигун. Цей метод використовує пристрій зміни ступеня стиску, який поміщає поршень у циліндр двигуна та кінематично пов'язаний з пристроєм для вимірювання переміщення поршня. Недоліком відомого пристрою є те, що він вимагає проведення повного обсягу роботи на випробуваному і декількох сумішах еталонних палив після наступного розрахунку цетанового числа методом інтерполяції. Крім того, без застосування еталонних палив і розрахунків неможлива швидка орієнтовна оцінка цетанового числа.

2 ПОПЕРЕДНІЙ АНАЛІЗ І РОЗРОБКА ПРИСТРОЮ

Дана розробка призначена для контролю різновиду дизельного палива. Пристрій розроблений з метою перевірки типу дизпалива, щоб переконатися, що у двигун внутрішнього згорання не потрапляє непідходяще паливо.

2.1 Аналіз технічних вимог і умов експлуатації

Даний пристрій належить до категорії апаратури, котра працює на рухомій основі. Пристрій працює в середовищі без постійних вібрацій із температурами повітря на рівні -20°C від $+40^{\circ}\text{C}$, і нормальної температури 20°C .

Оскільки корпус пристрою може зазнавати фізичних навантажень, він повинен відповідати вимогам електробезпеки та механічної міцності. Пристрій за експлуатаційними характеристиками належить до другої категорії

апаратури, що працює на рухомій наземній поверхні. На пристрій допускається вплив теплових ударів вище $+40^{\circ}\text{C}$ та нижче 20°C , а тиск становить 101,3 кПа.

Аналіз умов експлуатації зводимо до вигляду, поданого у табл. 2.1.

Таблиця 2.1–Аналіз умов експлуатації

Клас використання	Автомобільний
Група використання	2
Підгрупа використання	Непрофесійний
Категорія розміщення	Нормальні природні умови
Умови експлуатації	Автомобільні транспортні засоби

Обґрунтуємо обрані категорії:

Клас використання – автомобільний (прилад для контролю типу дизельного палива згідно класифікаційної характеристики належить до переносної апаратури).

Група використання – 2, тобто така, що працює на рухомі основі)

Підгрупа використання – непрофесійне.

Категорія розміщення – друга, для експлуатації в умовах відкритого повітря.

Аналізуємо технічні умови:

1.Найменування пристрою – це є пристрій для контролю типу дизельного палива.

2.Призначення – контроль типу дизельного палива.

3.Комплектність – це корпус, плата, електрорадіоелементи, з'єднувальні провідники та елементи кріплення.

Вимоги до конструкції приладу наступні :

1.Зовнішній вигляд пристрою – це корпус прямокутної форми, а з задньої сторони розміщено роз'єми, призначені для підключення живлення та датчиків.

2.Корпус пристрою має бути виготовлений із пластмаси.

2.2 Вибір і обґрунтування аналогів

Розглянемо аналоги пристрою з метою порівняння їх характеристик.

Пристрій для визначення октанового та цетанового числа палива SHATOX SX-100M

Октанометр має високу точність вимірювання як етилованих, так і неетилованих бензинів, а також бензинів з різними присадками. Прилад і його алгоритми вимірювання розроблені таким чином, щоб вони були добре захищені від перешкод, що гарантує стабільність результатів вимірювання. Є можливість налаштувати пристрій для вимірювання характеристик нестандартних видів палива, таких як газоконденсатний бензин. Кваліфікований користувач може самостійно встановити ці параметри, не звертаючись до виробника.

У найгірших умовах при холодному включенні марку бензину можна визначити за 5 секунд. Весь процес вимірювання автоматизований; оператору достатньо просто заповнити датчик бензином, включити пристрій і записати результат. Октанометр простий в експлуатації та не вимагає додаткового обслуговування та налаштування.

Забезпечується більш повний і об'єктивний аналіз складу нафтопродуктів порівняно з існуючими приладами аналізу бензину, а саме:

- Похибка повторних вимірювань не перевищує 0.5 од. октанового числа;
- Абсолютна похибка, яка визначається шляхом порівняння показань октанометра і свідчень стаціонарної установки УІТ складає 85 в лабораторних умовах та не перевищує 0,5 од. октанового числа;
- Наявна можливість аналізувати бензини з різними добавками, в числі яких металодетонатори, ефірні, амінні тощо;
- Сучасний мікропроцесор для точної і швидкої обробки результатів;
- Одночасна індикація октанового числа бензину за дослідницьким та моторним методом, і антидетонаційного коефіцієнта;

- Одночасна індикація цетанового числа, типу дизельного палива і температури замерзання;
- Час вимірювання не більше 5 секунд ;
- Результати зберігаються у незалежну пам'ять приладу;
- Є можливість спільної з комп'ютером роботи;
- Можлива програмна корекція з клавіатури приладу чи комп'ютера ;
- Точне вимірювання температури цифровим термометром;
- Точна поправка вимірів залежно від температури проби;
- Для роботи з октанометрами не вимагається спеціальна підготовки персоналу;
- Малий обсяг проби;
- Низька вартість аналізу;
- Мобільність та компактність;
- Ударостійкий та стійкий до розчинників герметичний корпус;
- Антиблікова клавіатура \, стійка до впливу агресивних середовищ стирання;
- 4-х рядковий РКІ стійкий до негативних температур індикатор з підсвічуванням;
- Наявний індикатор заряду батарей;
- Низьковольтне живлення батареями АА, яке задовольняє вимогам пожежної безпеки.

Рекомендується використовувати пристрій, щоб скоротити періодичність використання установок IDT-65, IDT-85 і IDT-90, а також час, необхідний для проведення аналізів стабільності параметрів палив між змішуванням у місцях зберігання та видачі палив. Це також стосується процесів доведення параметрів сумішей палив до необхідних значень на проміжних та кінцевих стадіях технологічних процесів виготовлення палив.

У процесі оцінки якості нафтопродуктів використання октанометра виключає суб'єктивність. Фахівці, які працюють над створенням антидетонаційних присадок та глибокою переробкою нафти, відчують значно

швидше результати своєї роботи завдяки великим можливостям октанометра. Октанометр SX- 200 можна використовувати в наукових цілях для вимірів діелектричної проникності нафти та нафтопродуктів з високою точністю.

Використання обладнання в лабораторіях нафтохімічних навчальних закладів значно підвищує практичну підготовку фахівців. Октанометри можна налаштувати, щоб вони могли вимірювати характеристики незвичайних видів палива, наприклад, газоконденсатного бензину. Користувач може самостійно налаштувати ці параметри, не звертаючись до виробника.

Пристрій для визначення октанового та цетанового числа палива
Октанометр SHATOX SX-300

Визначення октанового числа бензину – лослідницький та моторний метод.

Визначається антидетонаційний коефіцієнт АКІ.

Одночасно з цетановим числом визначаються тип та температура застигання дизельного палива.

Визначення температури застигання дизельного палива в залежності від цетанового числа дизельного палива. Тут це додатковий параметр.

Визначення типу дизельного палива (літній чи зимовий) - здійснюється в залежності від температури застигання. Тут це додатковий параметр.

Зміст гасу в дизпаливі визначається у процентах. Додатковий параметр .

Індукційний період бензину, тобто його стійкість до окислення, вимірюється в хвилинах.

Октанометр SHATOX SX – 150

Новий аналізатор якості нафтопродуктів базується на SX- 300. Це продовження серії «100», призначена для оцінки якості палива. Має додаткові режими для визначення процентного вмісту гасу в дизпаливі та індукційного періоду окислення бензину. Інтерфейс USB дозволяє пристрою взаємодіяти з комп'ютером або ноутбуком. Аналізатор використовує автоматичне комп'ютерне калібрування, що означає, що результати вимірювання

зберігаються в пам'яті разом із датою та часом проведення аналізу, а потім передаються комп'ютеру. Прилад виробництва Німеччини має антиблікову клавіатуру, яка стійка до стирання та агресивних середовищ.

Аналізатор має мікросхему таймера, яка зберігає результати вимірювання з датою та часом проведення аналізу. Крім того, ці дані можуть бути передані в комп'ютер. У комплект входить нове комп'ютерне програмне забезпечення. Результати вимірювання відображаються на зручному екрані комп'ютера. Дані завантажуються в комп'ютер з пам'яті пристрою. Для швидкої корекції можна використовувати автоматичне калібрування.

Технічні характеристики наступні:

- Діапазон вимірюваних октанових чисел бензинів становить 40-135
- Межа основної похибки вимірювання октанових чисел не перевищує $ОЧ \pm 0.5$
- Межа допустимого значення розбіжності між паралельними вимірами октанових чисел не перевищує $ОЧ \pm 0.2$
- Діапазон визначення вмісту антидетонаційних присадок в бензинах становить 0,5-15%
- Межа основної похибки визначенні змісту антидетонаційних присадок в бензинах становить 0,1%
- Діапазон вимірювання індукційного періоду окислення бензину становить 50-2400
- Межа основної похибки індукційного періоду окислення бензину становить 5%
- Межа основної похибки з вимірювання питомого об'ємного опору становить 3%
- Діапазон вимірювання цетанових чисел ЦЧ становить 20-100
- Межа допустимої похибки вимірювання цетанових чисел не перевищує $ЦЧ \pm 1,0$
- Межа допустимого значення розбіжності між паралельними вимірами цетанових чисел не перевищує $ЦЧ \pm 0,5$

- Діапазон визначення вмісту гасу в дизельних паливах становить 0-95%
- Визначення вмісту депресорних присадок в дизельному паливі становить 0,2-1%
- Межа основної похибки при визначенні змісту депресорних присадок в дизельному паливі становить 0,01%
- Діапазон вимірювання ступеня чистоти моторних масел становить 95-100%
- Межа допустимої похибки вимірювання ступеня очищення моторних масел не перевищує 0,1%
- Межа допустимого значення розбіжності між паралельними вимірами ступеня очищення моторних масел не перевищує 0,01%
- Діапазон вимірювання діелектричної проникності становить 1-5 од.
- Межа допустимої похибки вимірювання діелектричної проникності не перевищує 0.001 од.
- Межа допустимого значення розбіжності між паралельними вимірами діелектричної проникності не перевищує 0,001 од.
- Діапазон визначення лужного числа масел становить 0-24 од.
- Межа основної похибки при визначенні лужного числа масел становить 1 од.
- Діапазон вимірювання напруги пробою трансформаторних масел становить 5-100 кВ
- Межа допустимої похибки вимірювання напруги пробою трансформаторних масел, не перевищує 1 кВ
- Межа допустимого значення розбіжності між паралельними вимірами напруги пробою трансформаторних масел не перевищує 0,2 кВ
- Діапазон вимірювання тангенса кута втрат трансформаторних масел становить 0,01-5%
- Межа допустимої похибки вимірювання тангенса кута втрат трансформаторних масел не перевищує 0,01%;

- Межа допустимого значення розбіжності між паралельними вимірами тангенса кута втрат трансформаторних масел не перевищує 0.001 од.;
- Діапазон визначення вмісту механічний домішок у нафтопродуктах становить 97-100%;
- Межа основної похибки при визначенні змісту механічний домішок у нафтопродуктах становить 0.01%;
- Діапазон визначення вмісту води в нафтопродуктах становить 0-30%;
- Межа похибки при визначенні вмісту води в нафтопродуктах становить 1%;
- Час вимірювання становить 1-5с;
- Термін експлуатації приладу не менше 6 років.
- Габаритні розміри електронного блоку наступні: 100x210x40 мм.
- Габаритні розміри датчика № 1 та № 2: 60x100 мм.
- маса приладу разом з двома датчиками 850 г.

Для того, що обрати найбільш близький прилад для повторення у даній розробці, складаємо порівняльну таблицю для двох аналогів.

Цетанове число — це умовна кількісна оцінка використання дизельних палив. Відсоток об'єму цетана в суміші з альфа-метилнафталіном, який має цетанове число 100, дорівнює запалювальним властивостям випробуваного паливу в стандартних умовах випробування. Стандартні методи ASTM D613, EN ISO 5165 і ГОСТ 3122 базуються на цьому методі, який був розроблений дуже давно. Обчислення розрахункового цетанового числа (DCN) для дизельних палив буде більш точним.

Таблиця 2.2 – Порівняльні характеристики аналогів

Характеристика	Аналог 1	Аналог 2	Аналог 3
1.Напруга живлення	12	13,5	12
2.Кількість функцій	3	2	2
3.Складність налагодження схеми	+	+	+
4.Доступність радіоелементів	+	-/+	+

5.Масса приладу	+	-	-
-----------------	---	---	---

Новий аналізатор розрахункового цетанового числа РАС Цетанове ID 510 має вбудований мікропроцесор. Натискання однієї клавіші дозволяє виконувати вимірювання та калібрування в автоматичному режимі. Використовується для точного вимірювання величини затримки займання (ID), яку вбудований мікропроцесор перетворює в цетанове число. Аналіз можна застосувати до будь-якого типу прямогонного та сумішевого дизельного палива, включаючи біодизель і дизель з цетана, який піддається підвищенню добавками. Залишковий вплив попередніх зразків абсолютно відсутній.

Пристрій введення зразка, який працює за допомогою електроніки та використовує сучасну систему подачі та впорскування палива під високим тиском, гарантує ідеальну точність. Завдяки цьому типу інжектора можна використовувати високі значення тиску уприскування (до 1500 атм.), що призводить до повного випаровування тестового зразка і, як наслідок, до усунення горіння. Електронно-регульований інжектор дозволяє дозувати проби більш точно, ніж механічний аналог, що призводить до більш відтворюваних результатів.

Як бачимо з табл.2.2, перша схема є більш доступною та ефективнішою, але її ще потрібно налаштувати.

2.3 Попередній аналіз і розробка схеми

2.3.1 Вибір прототипу

Ми обираємо прототип, схожий на октанометр, який був зібраний за першою схемою, оскільки він має найбільш близькі характеристики. Розглянемо плюси цієї схеми. Перша перевага пристрою для контролю дизельного палива полягає в тому, що він може виконувати більше завдань. Як наслідок, можна буде зекономити гроші на придбання кількох пристроїв.

Другою значною перевагою є те, що цей пристрій працює з меншою напругою. Маса приладу є третьою перевагою. Це дозволяє переносити прилади, коли вам зручно. Четвертим плюсом є поширеність і взаємозамінність елементів, які використовуються в схемі цього приладу контролю типа дизпалива, а також їх низька ціна. Як наслідок, цей пристрій буде дешевшим.

2.3.2 Аналіз електричної принципової схеми та принцип роботи

Запропонований пристрій для контролю дизельного палива може виконувати майже всі функції, не містить непотрібних компонентів і може конкурувати з промисловими системами.

Живлення від напруги (+15 В) .

Генератор опорної частоти 100кГц зібраний на операційному підсилювачі DA1.1

Резистори R2 та R3 визначають коефіцієнт підсилення операційного підсилювача.

Ємність C1 трансформується на вході операційного підсилювача у від'ємну ємність.

Резистор R1 та конденсатор C2 задають частоту генерації.

Вимірювальний міст зібраний на елементах R4, R5, C3, C4.

Конденсатори C3 та C4 – це ємнісні первинні вимірювальні перетворювачі.

Зразок дизельного палива зимнього типу містить конденсатор C3. Через C4 заливається невідоме дизельне паливо.

Через C5 заливається зразок літнього типу дизельного палива. У C6 знаходиться невідоме дизельне паливо.

Компаратори зібрані на операційному підсилювачі DA1.2 та DA2.1. Чутливість температури виставляється резисторами R12 та R13.

Сигнал з виходу компаратора подається на інвертор світлодіод VD3, VD4 через випрямляючий діод VD1, VD2.

Резистори R8 та R9 обмежують струм світлодіодів.

Якщо невідомий зразок дизельного палива – зимній, то засвітиться VD3. Якщо він літній, тоді засвітиться VD4.

2.3.3 Аналіз елементної бази

Аналіз елементної бази проводиться з метою визначити, чи забезпечує вона задані характеристики виробу, які передбачені умовами експлуатації та режимом роботи, а також чи необхідно передбачити якісь конструкторські заходи для нормального функціонування розробки. При цьому враховуються відповідність номіналів і потужності елементів схеми, їх швидкодію, забезпечення технічних вимог до приладу та конструкції, а також наявність даних тип елементів в серійному виробництві.

В схемі електричній принциповій застосована елементна база, характеристики якої подано нижче.

Керамічні конденсатори K10-17A призначені для використання в колах постійних, змінних і імпульсних струмів. Конструктивно вони розташовані окремо. Виконано згідно з ОЖО.460.107 ТУ. Ми вибираємо групу Н50 за температурним коефіцієнтом стабільності. На рисунку 2.1 показано зовнішній вигляд, а в таблиці 2.3 наведено основні технічні параметри [1, 6].

Таблиця 2.3 – Основні характеристики конденсаторів K10-17A

Тип	K10-17A
Робоча напруга, В	50
Номінальна ємність, мкФ	0,15...0,22
Допуск номінальної ємності, %	20
Робоча температура, °С	-60...+125
Тангенс кута втрат, %	0,035
Ширина корпусу В, мм	6,7
Довжина корпусу L, мм	8,4

Резистори С2-23 є неізолюваними постійними недротяними резисторами, які широко застосовуються. Вони призначені для роботи в колах струму постійного, змінного та імпульсного. По ГОСТ 15150-69 резистори С2-23 виготовляють у кліматичному виконанні В2. Резистори, які задовольняють вимогам ГОСТ 20.39.405-84 і призначені для автоматизованої збірки апаратури. Виготовляються в безпечному для пожежі способі, згідно з ОЖО.467.104.У. Рисунок 2.2 показує зовнішній вигляд резисторів, а таблиця 2.4 містить параметри їх [5].

Світло-діоди червоного світіння АЛ307БМ є епітаксіальними світло-випромінювачами з розсіяним випромінюванням. Вони виготовляються з алюмінієвих галієвих сполук АЛ307, АЛ307БМ і фосфідних галієвих сполук АЛ307ВМ, АЛ307ГМ, АЛ307ДМ, АЛ307 і АЛ307ЛМ. Вони випускаються в пластикових контейнерах. Світлодіоди маркуються на груповій тарі. Діод має масу не більше 0,35 м. Таблиця 2.5 містить параметри світло діодів.

Таблиця 2.4 – Параметри резисторів С2-23

Номінальна потужність розсіювання, Вт	0,125
Межі номінального опору, Ом	$1 \dots 3,01 \cdot 10^6$
Максимальна робоча напруга, В	200
Допустиме відхилення від номінального опору, %	5
Інтервал робочих температур, °С	-60 ... +155
Довжина корпусу (L), мм	6,0
Діаметр корпусу (D), мм	2,2
Діаметр виводів (d), мм	0,5
Довжина виводів (H), мм	20

Таблиця 2.5– Параметри світло діодів АЛ307БМ

Довжина хвилі, нм	655
Мінімальна сила світла $I_{vmin.}$, мКд	0,9
Максимальна сила світла I_v мах., мКд (при струмі $I_{пр.}$, мА)	0,9 (10)
Видимий тілесний кут, град.	20

Форма лінзи	кругла
Розмір лінзи, мм	5
Максимальна пряма напруга, В	2
Максимальна зворотна напруга, В	2
Максимальний імпульсний прямий струм, мА	100

На рисунку 2.4 показано зовнішній вигляд світло-діода [9]. Діод 1N4148 є імпульсним діодом, схожим на вітчизняний діод КД521А. Таблиця 2.5 містить параметри діода 1N4148, а зовнішній вигляд показано на рисунку 2.5 [9].

Операційний підсилювач TL082CN є підсилювачем постійного струму з диференціальним входом і, як правило, одним виходом, який має високий коефіцієнт підсилення. Схеми з глибоким негативним зворотним зв'язком майже завжди використовують ОП, які, завдяки високому коефіцієнту підсилення ОП, повністю контролюють коефіцієнт передачі отриманої схеми.

Таблиця 2.6 – Параметри діода 1N4148

Максимальна постійна зворотня напруга, В	100
Максимальний час зворотнього відновлення, мкс	0,004
Максимальний прямий струм, А	0,15
Максимальна імпульсна зворотня напруга, В	120
Максимальний зворотній струм, мкА	5
Максимальна пряма напруга, В	1
Робоча температура, °С	-65...+150

Таблиця 2.7 – Параметри операційного підсилювача TL082CN

Тип операційного підсилювача	стандартний
Кількість каналів	2
Напруга живлення, В	7...36
Струм власного споживання, мА	3,4
Програмний коефіцієнт підсилення	відсутній
Частота одиничного підсилення, МГц	3

Максимальна швидкість наростання вихідного сигналу, В/мкс	8
Рівень шуму, нВ/Гц	18

ОП широко використовують як окремі чіпи, так і функціональні блоки в більш складних інтегральних схемах. ОП є надзвичайно універсальним блоком з характеристиками, близькими до ідеальних, на основі яких можна побудувати безліч різних електронних вузлів, що пояснює його таку популярність. Таблиця 2.6 містить параметри операційного підсилювача TL082CN, а зовнішній вигляд представлений на рисунку 2.6 [9].

Зовнішній вигляд радіоелементів подано на наступних рисунках.

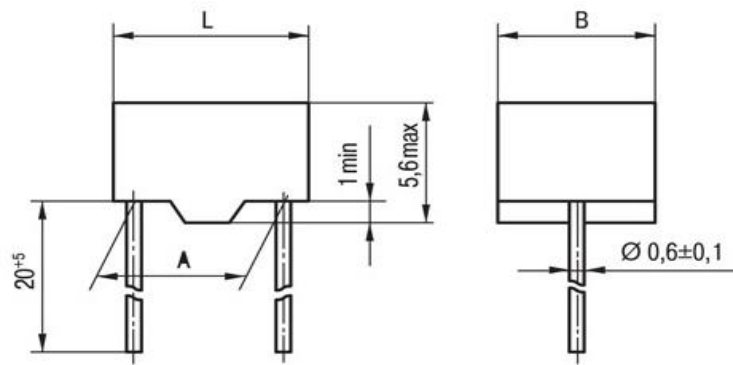


Рисунок 2.1 – Зовнішній вигляд конденсатора К10-17А

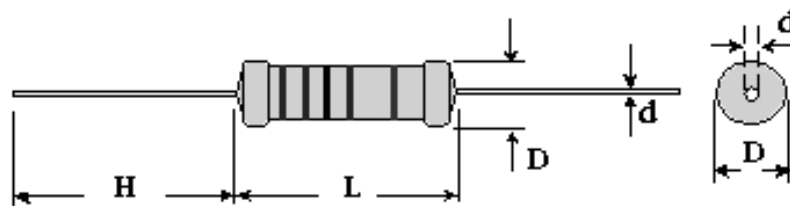


Рисунок 2.2 – Зовнішній вигляд резистора С2-23

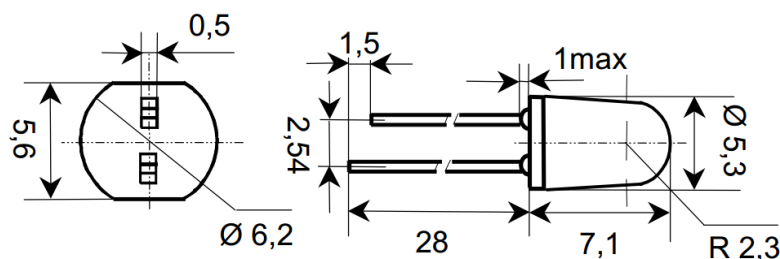


Рисунок 2.3 – Зовнішній вигляд світлодіода АЛ307БМ

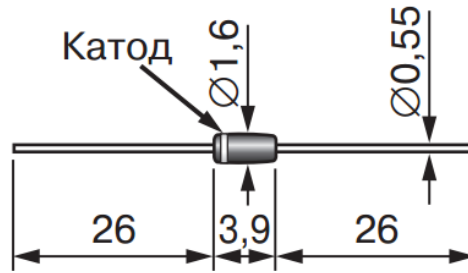


Рисунок 2.4 – Зовнішній вигляд діода 1N4148

Здійснюємо опис характеристик вибраних радіоелементів відповідно до переліку елементів, включених до схеми електричної принципової, що міститься в додатку. Варто зазначити, що під час вибору елементної бази перевага віддавалася радіоелементам з найменшими розмірами, щоб пристрій міг мати якомога менші розміри. Через це у пристрої мало вітчизняних радіоелементів. Це може пояснюватися великими розмірами елементів або відсутністю аналогів у інших країнах. При цьому наші радіоелементи коштують більше, ніж деякі з них [15].

Діоди VD1...VD4 – це будь-які низьковольтні діоди зі зворотною напругою 10...20 В;

Резистори – С2-23-0,125.

X1 - будь-який роз'єм.

Таблиця 2.2 містить дані про кожен радіоелемент, встановлений на друкованій платі, попередньо обрахувавши його установочні площі.

Наступним чином обчислюється розмір установки елементів на друкованій платі.

Якщо елемент має круглий переріз, наприклад, конденсатор, транзистор або вертикально встановлений резистор, площа елемента може бути визначена за допомогою цієї формули:

$$S = \pi R^2 \text{ [мм}^2\text{]}, \quad (2.1)$$

де d – це діаметр компонента.

У випадку, якщо елемент буде розміщено на платі горизонтально, то установочна площа буде:

$$S = a \cdot b, \quad (2.2)$$

де a , b – відповідно ширина і довжина установки.

У таблиці 2.2 представлено результати обчислення установочних площ усіх елементів за формулами (2.1-2.2). У ній також міститься інформація про радіоелементи, включаючи його масу, висоту, діаметр, максимальну робочу температуру та частоту вібрації.

Таблиця 2.8 – Конструктивно-експлуатаційні характеристики елементів

Назва елемента	Кіл.шт.	Конструктивні параметри				Допустимі умови експлуатації	
		Маса,г	Площа встанов. мм ²	Висота, мм	Діаметр виводу, мм	Макс. темп.°С	Частота вібрації, Гц
Конденсатори							
K10-17A	6	0,8	56,28	5,6	0,6	+125	15...200
Резистори							
C2-23-0,125	13	0,15	13,2	2,2	0,5	+125	10...2000
Роз'єми							
GB-142R	2	5,8	192,27	12,5	0,7	+125	10...300
Діоди							
1N4148	2	0,13	6,24	1,6	0,6	+150	10...300
Світлодіоди							
АЛ307БМ	2	0,35	22,05	8,1	0,5	+70	10...300
Операційні підсилювачі							
LF412/МС	3	0,52	80	5	0,5	+75	10...250
Мікросхема							
74Н04	1	1	142	4	0,5	+70	5...600

2.3.4 Загальне компонування приладу

Принципи компонування визначають ті конструктивні стандартні елементи, які є основою РЕА. Вибір принципу компонування залежить від вимог і обмежень до конструкції РЕА.

Вибір форми, основних геометричних розмірів, орієнтовної маси та розміщення елементів, вузлів тощо для максимізації корисного ефекту, що визначається схемою і призначенням РЕА, називається компонованням.

Компонувальний ескіз, який створюється в результаті процесу компоновання, дозволяє визначити потенційні розміри, форму та масу блоку. Можна використовувати різні підходи, включаючи аналітичне, модельне, графічне та натурне моделювання [10].

Аналітичний метод використовує числові значення різних компоновальних характеристик, таких як розміри, маса, площа та об'єм елементів.

Через свою простоту та наглядність модельне компоновання широко використовується. Використовуються плоскі моделі або об'ємні моделі, виконані в вигляді спрощених зображень.

Суть методу графічного компоновання полягає в тому, щоб простежити елементи РЕА та різні варіанти компоновання на графіку. Для цього використовують трафарети, штампи та інші інструменти.

У реальному компонуванні використовують реальні елементи, такі як резистори, конденсатори та інші, а не моделі.

Компонування блоків РЕА розглядається з трьох аспектів:

- зручності складання, контролю, ремонту, механічного та електричного підключення, при цьому пріоритетом є ергономічні потреби;
- розташування та встановлення елементів на друкованих платах з урахуванням їх функціональних і енергетичних вимог;
- щільності компоновання та встановлення елементів, а також щільності топології друкованих провідників.

Визначення форми та розмірів є основним компонуванням перших двох компонентів.

У процесі функціонального компонування визначаються основні розміри друкованої плати, методи проєктування та виготовлення. Перелік елементів достатній для проведення функціонального компоновання. У випадку

насиченого та складного компоновання, крім переліку елементів, потрібна принципова електрична схема приладу. Крім того, доцільно мати додаткові вказівки щодо особливостей конкретної схеми.

Під час розробки конструкції приладу потрібно проводити компоновання на двох рівнях:

перший – компоновання друкованої плати з прив'язкою груп елементів за функціональними групами, а також теплової сумісності при мінімізації довжин з'єднувальних провідників;

другий – зовнішнє компоновання приладу з урахуванням всіх вимог, до яких відносять технологічність та ремонтпридатність. Це означає, що потрібно здійснити внутрішнє і зовнішнє компоновання приладу із урахуванням вимог ТЗ.

2.4 Конструкторські розрахунки

2.4.1 Розроблення друкованої плати

2.4.1.1 Розрахунок друкованої плати

Для резисторів С2-23 площа встановлення – 13,2 мм². Таким чином, обчислюємо площу, що займають на платі ці резистори:

$$S_R = 13 \cdot 13,2 \text{ мм}^2 = 171,6 \text{ мм}^2. \quad (2.3)$$

Для конденсаторів К10-17А площа встановлення – 56,28 мм². Таким чином, обчислюємо площу, що займають конденсатори:

$$S_{C1} = 6 \cdot 56,28 = 337,68 \text{ мм}^2. \quad (2.4)$$

Для мікросхем 74Н04 площа встановлення обчислюється так:

$$S_{M1} = 1 \cdot 142 = 142 \text{ мм}^2. \quad (2.5)$$

Для діодів 1N4148 площа встановлення – 6,24 мм². Таким чином, обчислюємо площу, що займають на платі ці діоди:

$$S_{VD1} = 2 \cdot 6,24 = 12,48 \quad (2.6)$$

Для світло-діодів АЛ307БМ площа встановлення – 22,05 мм². Таким чином, обчислюємо площу, що займають на платі ці елементи:

$$S_{VD2} = 2 \cdot 22,05 = 44,1 \quad (2.7)$$

Для роз'ємів GB-142R площа встановлення – 192,27 мм². Обчислюємо площу, що займають на платі ці елементи:

$$S_p = 192,27 + 192,27 = 384,54 \quad (2.8)$$

Для операційного підсилювача LF412/МС площа встановлення – 80 мм². Обчислюємо площу, що він займає на платі:

$$S_{оп} = 3 \cdot 80 = 240 \text{ мм}^2. \quad (2.9)$$

Отже, загальна площа друкованої плати буде становить

$$S_{ДП} = (2...5) \cdot \Sigma S_{ел} = 4 \cdot 1332,4 = 5329,6 \text{ мм}^2. \quad (2.10)$$

Таким чином, площу друкована плата має бути не більше 5329,6 мм². Так як реальні розміри друкованої плати становлять 50×100 мм, то площа плати:

$$S_{ДП} = 50 \cdot 100 = 50000 \text{ мм}^2. \quad (2.11)$$

2.4.1.2 Розробка топології і компонування плати друкованої

Згідно з ОСТ4.ГО.010.030 та ОСТ4.ГО.010.009, елементи встановлюються на друкованій платі. При розташуванні елементів важливо враховувати такі речі, як забезпечення високої надійності, мінімізація розмірів, відведення тепла та ремонтпридатність.

Трасування провідників вимагає мінімізації довжин зв'язків, паразитних зв'язків між елементами та провідниками та, якщо це можливо, рівномірного розподілу навісних елементів на платі.

Почнемо створювати друковану плату, завантаживши OrCADLayout і вибравши File/.New.

По-перше, з робочої папки вводимо ім'я технологічного шаблону default.tch. Він є частиною стандартного набору OrCAD.

Далі ми вибираємо файл списку з'єднань shema.mnl у робочій директорії. Він містить таблицю, яка описує всі електричні з'єднання між елементами для трасування.

Після цього задаємо назву файлу плати, який ми плануємо створити. Файл матиме розширення *.max, але ми можемо назвати його shema.max, щоб зробити його простішим.

Під час завантаження списку з'єднань для кожного символу схеми в бібліотеках корпусів компонентів *.LLB (FootprintLibraries) необхідно вибрати відповідний корпус. Це може бути зроблено за допомогою атрибуту PCB Footprint або файлу System.prt.

Після відкриття діалогового вікна натисніть на панель Linkexistingfootprinttocomponent. Там виберіть назву бібліотеки та корпусу, а також зображення реле, оскільки для них не було зарезервованого посадкового місця. Завантаживши список з'єднань на робочому екрані OrCADLayout, ми

отримали корпуси компонентів для конкретного проекту з електричними зв'язками.

Щоб зробити процес розміщення компонентів більш простим, додаємо міліметрову сітку поля в меню Options / SistemSettings.

Для розміщення компонентів і трасування вибираємо команду Tool/Obstacle/New. Ми вирішили використовувати прямокутний профіль для плати.

Далі розміщуємо деталі, які повинні мати фіксовані місця на платі. Здійснюємо цю операцію за допомогою команди Tool / Component / SelectTool. По черзі ставимо компоненти на відповідне місце, тримаючи їх натисканням клавіші L, щоб вони не змістилися після автоматичного розміщення.

Потім за допомогою команди *Auto / Place / Board* задаємо програмі наказ компоненти, що лишилися, самій розмістити у вільну задану область.

Щоб розпочати безпосереднє трасування плати, ми повинні вибрати ширину провідників в закладках.

Відключаємо два зайвих шари в таблиці трасування за допомогою команди Options>RouteStrategies>RouteLayers. Це необхідно, щоб плата була двосторонньою. Після цього ми залишаємо тільки чотири шари видимими: GlobalLayer, TOP, SSTOP і SSVOTTOM. На друкованій платі спочатку малюються розміри, які іноді збігаються з межею трасування. Потім малюється шар, на якому виконується трасування, а потім робляться написи на платі та рисуються її частини.

Команда Auto/Autoroute/Board запустила програму автоматичного трасування плати. У діалоговому вікні, яке можна відкрити, натиснувши кнопку Options>Route>Setting, можна налаштувати глобальні параметри стратегії автотрасування. Діалогові вікна, що відкриваються за допомогою команд Options>RouteStrategies, містять всі інші параметри.

По завершенні трасування змінюємо позначки елементів на платі за допомогою Tool / Text / SelectTool та оформляємо рисунок відповідно до вимог ДЕСТ.

2.4.1.3 Технологія виготовлення друкованих плат

Усі процеси виробництва друкованих плат можна розділити на: субтрактивні, адитивні, напівадитивні.

Субтрактивний процес - отримання провідного візерунка передбачає вибіркове видалення ділянок провідної фольги шляхом травлення.

Адитивний процес – передбачає вибіркове нанесення провідного матеріалу на підкладку картки.

Напівадитивний процес - складається з попереднього нанесення тонкого електропровідного покриття з подальшим видаленням цього покриття з ділянок, де є порожнечі.

Відповідно до ГОСТ 2375-86 проектування друкованих плат здійснюється з урахуванням таких методів виготовлення:

- хімічний - для двосторонніх друкованих плат;
- комбінований позитивний - для двосторонніх друкованих плат з плакованими монтажними отворами.

Як правило, двосторонні друковані плати виготовляються комбінованим позитивним методом, який передбачає експонування малюнка друкованих елементів з фотопозитиву. Технологічний процес виробництва друкованих плат цим методом добре відпрацьований і повністю оснащений технологічним обладнанням.

Комбінований метод — це поєднання хімічних і електрохімічних методів.

Вихідним матеріалом є лист діелектрика з обох сторін, тому провідна форма виходить травленням міді, а металізація отворів здійснюється за допомогою хімічного міднення з подальшим електрохімічним осадженням мідного шару. Пайка ЕРЕ виконується заповненням паяних отворів на платі.

Комбінований спосіб включає наступні основні операції: різання заготовки і хіміко-механічна підготовка поверхні, захисне відбір проб, нанесення захисної лакової плівки, свердління і розточування, хімічне міднення

і зняття лакової плівки, гальванічне міднення в два етапи. Цей спосіб характеризується високою трудомісткістю, оскільки процес включає багато ручних операцій [13].

Підготовка поверхні перед нанесенням фоторезисту включає хімічне знежирення, яке проводиться в розчині тринатрійфосфату. Температура розчину 40-60°C, час обробки 2-5 хвилин.

Виготовлення друкованої плати виконується за таким технологічним процесом:

1. Виготовляється заготовка фольгованого склотекстоліту шляхом розрізання листа дисковими фрезами діаметром $d=100\text{мм}$ і товщиною 3мм.;

2. Поверхня готується до нанесення фоторезисту. Виконується механічна і хімічна очистка поверхні мідної фольги, потім зачистка мідним наждаком, далі промивка в проточній воді та обробка в 5-7% розчині HCl, промивка;

3. Фоторезист наноситься на поверхню фольги поливом з центрифугуванням і сушкою;

4. Друкований рисунок експонується у копіювальній рамці протягом 8-10 хвилин;

5. Захисний позитивний рисунок проявляється після промивання теплою водою у ванні з ультразвуковим коливанням;

6. Захисний рисунок застигає після обробки розчином 3% хромового ангідриду;

7. Мідь видаляється з незахищених ділянок фольги у травильному агрегаті, потім плати обробляється водним розчином FeCl_3 та промивається в холодній воді;

8. Плата покривається лаком та сушиться при температурі 20-30°C протягом 6 годин;

9. Здійснюється свердління отворів та зенківка свердлом діаметром 1,25 мм;

10. Поверхня активується розчином хлорного олова;

11. Виконується хімічне міднення протягом 20 хв. 40% розчином мідного купоросу;
12. Захисний лак знімається ацетоном;
13. Плата сушиться та покривається сплавом РОЗЕ шляхом занурення у ванну.

2.4.1.4 Вибір матеріалу друкованої плати

До матеріалу висуваюмо вимоги:

- а) технологічність;
- б) хороші електрофізичні властивості;
- в) здатність працювати в умовах вакууму;
- г) висока адгезія;
- д) малі механічні короблення.

Для виготовлення друкованої плати використовують гетинакс і склотекстоліт таких марок:

- а) ГФ – фольгований гетинакс;
- б) СФ – фольгований склотекстоліт;
- в) ФГС – склотекстоліт фольгований травильний;
- г) СФПН – склотекстоліт фольгований нагрівостійкий;
- д) СТФ – склотекстоліт теплостійкий.

Товщина друкованої плати залежить від товщини вихідного матеріалу та вибирається в залежності від її елементної бази та навантажень.

Оскільки плата піддаються механічному впливу, слід вибирати скловолокно товщиною 1,5 мм. Критичне відхилення такої товщини склотекстолітових пластин становить 0,2 мм.

Таблиця 2.9 Властивості матеріалів друкованих плат

Параметр	Гетинакс	Текстоліт	Склотекстоліт
----------	----------	-----------	---------------

Щільність без фольги, кг/м ³	1300...1400	300...1500	1600...1900
Відносна діелектрична проникність	4,5...6	4,5...6	5...6
Питомий об'ємний опір, Ом·м	1012...1014	1012...1014	1014...1015
Діапазон робочих температур, °C	-60...+80	-60...+70	-60...+100
Коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м·К)	0,25...0,3	0,23...0,34	0,34...0,74
Температурний коефіцієнт лінійного розширення, 10 ⁻⁶ K ⁻¹	22	22	8...9

Такі властивості має склотекстоліт. Тому в якості матеріалу друкованої плати вибираємо двосторонній фольгований склотекстоліт СФ-2-35-1,5 ГОСТ 10316-78 з товщиною фольги 35 мікрометрів. Товщина матеріалу з фольгою 2 мм. Використовується для виготовлення двосторонніх і односторонніх плат. Цей матеріал являє собою шаруватий пресований пластик, виготовлений зі скловолокна, просоченого термореактивною смолою та ламінованого з двох сторін мідною електротехнічною фольгою.

Для ізоляції корпусу пропонується взяти пластмасу ТУ 812.362 СМЗ.

2.4.1.5 Вибір типу друкованої плати

Плити можуть бути односторонніми, двосторонніми (з шаровим з'єднанням і без), багатошаровими (з послідовним з'єднанням шарів, з попарним з'єднанням шарів, з наскрізними отворами).

Прилад складається з п'яти мікросхем з кроком 1,25 мм. Тому обираємо двосторонню плату для легшого трасування. Це дозволяє уникнути непотрібних перемичок і спрощує електронне трасування в пакетах САПР.

2.4.1.6 Вибір класу точності друкованої плати

Оскільки кроки координатної сітки по ГОСТ 10317-82 складають 1,25 мм і трасування є складним, оптимальним варіантом для даного виробу є вибір третього класу точності друкованої плати.

Цей клас характеризується такими конструктивними елементами:

- ширина провідника в широких місцях - 0,45 мм;
- ширина провідника у вузьких місцях - 0,25 мм;
- відстань між двома провідниками - 0,25 мм;
- гарантійний поясок зовнішнього шару - 0,1 мм;
- гарантійний поясок внутрішнього шару - 0,05 мм.

У широких місцях ширина провідника задається слідуючим класом, тобто – для третього це буде другий клас.

2.4.2 Обчислення діаметрів контактних площадок

Діаметр контактних площадок обчислюється за формулою:

$$D_{КП} = d_{ОТВ} + \Delta d_{ОТВ} + 2 * e + \Delta t_{\epsilon} + \Delta t_{TP} + \sqrt{T_d^2 + T_D^2 + T_{нв}^2} \quad (2.11)$$

де $d_{ОТВ}$ – діаметр отвору;

$\Delta d_{ОТВ}$ - верхній допуск на діаметр отвору;

e – ширина гарантійного пояса;

Δt_{ϵ} - верхній допуск на ширину провідника;

Δt_{TP} - допуск на підтравлювання діелектрика в отворі;

T_d – позиційний допуск розміщення отворів;

T_D - позиційний допуск розміщення центрів контактних площадок;

$\Delta t_{нв}$ - нижній допуск на ширину провідника.

Для двосторонньої плати третього класу такі значення параметрів: $\Delta d_{ОТВ} = 0$ мм; $e = 0,1$ мм; $\Delta t_{\epsilon} = 0,1$ мм; $\Delta t_{TP} = 0$; $T_d = 0,08$ мм; $T_D = 0,15$ мм; $\Delta t_{нв} = 0,1$ мм.

Загальний допуск:

$$D_{\text{КП}} = 0 + 0 + 2 \cdot 0,1 + 0,1 + 0 + \sqrt{0,15^2 + 0,08^2 + 0,1^2} = 0,497 \text{ (мм)}$$

Діаметри отворів обчислюємо так:

$$d = d_{\text{ВНВ}} + (0,2...0,4) \quad (2.12)$$

де $d_{\text{ВНВ}}$ – діаметри виводів елементів.

В розроблюваному приладі елементи мають та діаметри виводів: 0,5; 0,6; 0,6мм.

Отже:

$$d_1 = 0,5 + 0,4 = 0,9 \text{ мм};$$

$$d_2 = 0,6 + 0,3 = 0,9 \text{ мм};$$

$$d_3 = 0,6 + 0,4 = 1 \text{ мм}.$$

Маємо два діаметри отворів:

$$d_1 = 0,9 \text{ мм};$$

$$d_2 = 1 \text{ мм}.$$

Знаходимо діаметри контактних площадок:

$$D_1 = 0,9 + 0,497 = 1,397 \text{ мм};$$

$$D_2 = 1 + 0,497 = 1,497 \text{ мм}.$$

2.4.3 Розрахунок ширини провідників

Розраховуємо ширину провідників для шин живлення і для інформаційних провідників.

Для шин живлення маємо:

$$B_{\min} = \frac{I_{\max}}{j_{\text{доп}} \cdot t} [\text{мм}], \quad (2.13)$$

де $j_{\text{доп}}$ – допустима густина струму, для двосторонньої плати, яка була виготовлена комбінованим методом, $j_{\text{доп}}=48 \text{ А/мм}^2$,

t – товщина провідника, $t=35 \text{ мкм}$,

$I_{\max}$ – це максимальний постійний струм через провідник, $I_{\max}=0,25 \text{ А}$.

Маємо:

$$B_{\min} = \frac{0,25}{48 \cdot 0,035} = 0,148 \text{ мм.}$$

$$B_{\min}=0,148 \text{ мм}=148 \text{ мкм} (<250 \text{ мкм}).$$

Розрахуємо мінімальну ширину провідника при умові допустимого падіння напруги:

$$b_{\min} = \frac{I_{\max} \cdot \rho \cdot l_{\max}}{\Delta U_{\text{доп}} \cdot t}, \quad (2.14)$$

де ρ – це питомий опір провідників, $\rho=0,0175 \text{ Ом}\cdot\text{мм}^2/\text{м}$;

$I_{\max}$ – струм по провіднику, $I_{\max}=0,25 \text{ А}$;

$l_{\max}$ – максимально можлива довжина провідника, $l_{\max}=0,97 \text{ мм}$.

$U_{\text{доп}}$ – допустиме падіння напруги, 5% від напруги живлення,
 $U_{\text{доп}}=15 \cdot 0,05=0,75 \text{ В}$;

t – товщина провідника.

Маємо:

$$b_{\min} = \frac{0,25 \cdot 0,0175 \cdot 0,97}{0,75 \cdot 0,035} = 0,162 \text{ мм};$$

$$B_{\min} = 0,162 \text{ мм} = 1,62 \text{ мкм} (< 250 \text{ мкм}).$$

Таким чином. вище розраховані значення ширини провідників не перевищують значень, обраних для третього класу точності.

2.4.4 Аналіз електромагнітної сумісності елементів

Зі збільшенням швидкості пристрою питання високочастотних з'єднань між елементами стає все більш важливим. При цьому важливо визначити не тільки параметри тієї чи іншої лінії зв'язку (опір, ємність, індуктивність і т.д.), а й те, наскільки вони впливають один на одного (паразитна ємність, паразитна взаємна індуктивність і т.д.). Це особливо важливо в мікроелектронних виробках, оскільки час перемикання пристроїв становить наносекунди, а щільність мікросхем дуже висока.

Цілісний розгляд усіх цих факторів дуже складний і тому не корисний на етапі проектування друкованої плати. Тут потрібні спрямовані розрахунки з достатньою точністю, які будуть перевірені та уточнені після виготовлення та дослідження першої партії пристроїв.

Метою розрахунку електромагнітної сумісності є визначення працездатності пристрою під впливом зовнішніх електромагнітних полів, а також взаємних перешкод ліній зв'язку [16].

Визначаємо діелектричну проникність середовища між провідниками, розташованими на зовнішній поверхні плати, покритої лаком:

$$\varepsilon_r = 0,5 \cdot (\varepsilon_n + \varepsilon_{\text{л}}), \quad (2.15)$$

де $\varepsilon_{\text{п}}$ – діелектрична проникність склотекстоліту, $\varepsilon_{\text{п}}=6$;

$\varepsilon_{\text{л}}$ – діелектрична проникність лаку марки УР-231, $\varepsilon_{\text{п}}=4$.

$$\varepsilon_r = 0,5 \cdot (6 + 4) = 5.$$

Обчислюємо взаємну ємність та індуктивність провідників, розташованих на одній поверхні плати:

$$C = \frac{1,06 \cdot \varepsilon_r}{\lg\left(\frac{2 \cdot \delta}{W + b}\right)} [\text{пФ}], \quad (2.16)$$

де δ – мінімальна відстань між двома провідниками, $\delta=0,25$ мм;

W – товщина шару мідь на провіднику, $W=3,5 \cdot 10^{-5}$ м;

b – ширина провідників для третього класу точності, $b=2,5 \cdot 10^{-4}$, м.

$$C = \frac{1,06 \cdot 5}{\lg\left(\frac{2 \cdot}{3,5 \cdot 10^{-5} + 2,5 \cdot 10^{-4}}\right)} = 9,722 (\text{пФ}).$$

Визначаємо паразитну взаємоіндукцію між двома друкованими провідниками M , нГн, за формулою:

$$M = 2 \cdot l_2 \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot l_2}{S + 0,5 \cdot (t_1 + t_2)} - 1 \right), [\text{нГн}] \quad (2.17)$$

де S – відстань між провідниками, $S=0,05$ см;

l_2 – довжина взаємного перекриття провідників, $l_2=6,1$ см;

t_1, t_2 – ширина провідників, $t_1 = 0,025$ см., $t_2 = 0,025$ см.

Маємо:

$$M = 2 \cdot 6,1 \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot 6,1}{0,05 + 0,5 \cdot (0,025 + 0,025)} - 1 \right) = 49,89 \text{ (нГн)}.$$

Проведені розрахунки паразитних ємностей і індуктивностей демонструють, що їх параметри лежать в межах норми і не потребують додаткових засобів для їх зниження.

2.5.5 Розрахунок друкованої плати на вібростійкість

Частота власних коливань визначається так:

$$f_0 = \frac{\pi}{2 \cdot a^2} \cdot \left(1 + \frac{a^2}{b^2} \right) \cdot \sqrt{\frac{D}{M} \cdot a \cdot b}, \quad (2.18)$$

де a – ширина плати, $a = 50$ мм;

b – довжина плати, $b = 100$ мм;

Циліндрична жорсткість обчислюється так:

$$D = \frac{E \cdot h^3}{12 \cdot (1 - \nu^2)}, \quad (2.19)$$

де E – це модуль пружності, який для фольгованого склотекстоліту із друкованою схемою становить $E = 3,2 \cdot 10^{10}$ Н/м²;

h – товщина плати, $h = 1,5$ мм;

ν – коефіцієнт Пуассона, $\nu = 0,22$;

M – маса плати з радіoeлементами, яка визначається так:

$$M = \rho \cdot a \cdot b \cdot h + M_{ел}, \quad (2.20)$$

де ρ – це густина склотекстоліту, $\rho=1,4$ г/см³;

$M_{ел}$ – сумарна маса всіх елементів, $M_{ел}=24,5$ г.

$$M = 1,4 \cdot 5 \cdot 10 \cdot 0,15 + 21,88 = 32,38 \text{ г.}$$

$$D = \frac{3,2 \cdot 10^{10} \cdot 1,5^3}{12 \cdot (1 - 0,22^2)} = 9,46;$$

$$f_0 = \frac{3,14}{2 \cdot 0,005^2} \cdot \left(1 + \frac{0,005^2}{0,1^2}\right) \cdot \sqrt{\frac{9,46}{0,03238} \cdot 0,005 \cdot 0,1} = 540 \text{ Гц}$$

$$f = f_0 \quad (2.21)$$

$$80 \text{ Гц} \neq 540 \text{ Гц.}$$

Частота власних коливань не співпадає з частотою резонансу.
Співвідношення розмірів плати задовольняють вимогам по вібростійкості.

Коефіцієнт динамічності визначається так:

$$K_{дин} = \frac{\sqrt{((1 + (K_1(x) \cdot K_1(y) - 1) \cdot \eta_{11}^2)^2 + \varepsilon_{11}^2 \cdot \eta_{11}^2)}}{\sqrt{(1 - \eta_{11}^2)^2 + \varepsilon_{11}^2 \cdot \eta_{11}^2}}, \quad (2.22)$$

де $K(x)$, $K(y)$ – залежність коефіцієнта від коливань. У випадку, якщо обидва краї закріпленні, то $K(x)=K(y)=1,3$;

η – коефіцієнт розладу:

$$\eta = \frac{f}{f_0} = \frac{80}{540} = 0,14; \quad (2.23)$$

ε - показник затухання:

$$\varepsilon = \frac{\lambda}{\pi} = \frac{5 \cdot 10^{-2}}{3,14} = 0,016; \quad (2.24)$$

λ – декремент затухання, $\lambda = (2 \dots 10) \cdot 10^{-2}$.

Маємо:

$$K_{дин} = \frac{\sqrt{((1 + (1,3 \cdot 1,3 - 1) \cdot 0,14^2)^2 + 0,016^2 \cdot 0,14^2)}}{\sqrt{(1 - 0,14^2)^2 + 0,016^2 \cdot 0,14^2}} = 1,024.$$

Вібровміщення обчислюється так:

$$S_B = \xi_0 \cdot K_{дин}, \quad (2.25)$$

$$\xi_0 = \frac{a_0}{4 \cdot \pi^2 \cdot (f_0)^2}, \quad (2.26)$$

де a_0 – віброприскорення згідно технічного завдання, $a_0 = 2 \cdot g = 19,6 \text{ м/с}^2$.

$$\xi_0 = \frac{19,6}{4 \cdot 3,14^2 \cdot 540^2} = 1,704 \cdot 10^{-6} \text{ (мм)};$$

$$S_B = 1,704 \cdot 10^{-6} \cdot 1,024 = 1,745 \cdot 10^{-6} \text{ (мм)};$$

Віброприскорення:

$$a_B = a_0 \cdot K_{\text{дин}} = 19,6 \cdot 1,024 = 20,07 \text{ (м/с}^2\text{)}. \quad (2.27)$$

Прогин плати визначається:

$$\delta_{\text{ДОП}} = S_B - \xi_0 = 1,745 \cdot 10^{-6} - 1,704 \cdot 10^{-6} = 4,1 \cdot 10^{-8} \text{ (мм)}, \quad (2.28)$$

$$\delta_{\text{ГРАН}} = \delta_{\text{ДОП}} \cdot l^2 = 4,1 \cdot 10^{-8} \cdot 0,65^2 = 1,732 \cdot 10^{-8} \text{ (мм)}. \quad (2.29)$$

Виходячи з розрахунків, можна сказати, що вібраційне навантаження не впливає на роботу пристрою, оскільки прогин друкованої плати не перевищує допустимого значення.

2.4.6 Розрахунок на дію удару

Пристрій має витримувати ударні імпульси та пікові прискорення до 5g. Окрім розрахунку впливу вібрації, також виконуються розрахунки впливу удару на друковану плату. Враховуючи те, що максимальна ефективність досягається прямокутним імпульсом, необхідно перевірити умови ударостійкості цього імпульсу [16].

Умовна частота ударного імпульсу обчислюється так:

$$\omega = \frac{\pi}{\tau} \quad (2.30)$$

де τ – тривалість ударного імпульсу, мс.

Маємо

$$\omega = 625c^{-1}$$

Коефіцієнт передачі при ударі становить:

$$K_y = 2 \sin\left(\frac{\pi}{2 \cdot V}\right), \quad (2.31)$$

де V – коефіцієнт розладу:

$$V = \frac{\omega}{2 \cdot \pi \cdot f} = \frac{625}{2 \cdot 3,14 \cdot 80} = 1,24, \quad (2.32)$$

$$K_y = 2 \sin\left(\frac{3,14}{2 \cdot 1,24}\right) = 1,908.$$

Ударне прискорення розраховується так:

$$a_y = H_y \cdot K_y, \quad (2.33)$$

де H_y – амплітуда прискорення ударного імпульсу, $H_y=49$ мс.

$$a_y = 0,049 \cdot 1,908 = 0,093.$$

Максимальне відносне переміщення обчислюється таким чином:

$$Z_{\max} = \frac{H_y}{2 \cdot \pi \cdot f_0 \cdot \sin\left(\frac{\pi}{2 \cdot V}\right)} = \frac{0,049}{2 \cdot 3,14 \cdot 540 \cdot \sin\left(\frac{3,14}{2 \cdot 1,24}\right)} = 1,515 \cdot 10^{-5} \quad (2.34)$$

Для друкованої плати повинна виконуватись наступна умова:

$$Z_{\max} \leq 0,003b; \quad (2.35)$$

$$Z_{\max} = 1,515 \cdot 10^{-5} \leq 7,5 \cdot 10^{-4}.$$

Виходячи з отриманих даних, обраний спосіб кріплення друкованої плати (4 отвори по краю плати) і її товщина забезпечують найменшу власну частоту коливань, максимальне віброзміщення під дією вібрації і мінімальне ударне прискорення під дією удару.

2.4.7 Розрахунок надійності за раптовими відмовами

Надійність є одним з основних параметрів виробу, на основі її розрахунків робляться висновки про надійність обраної схеми та конструкції виробу. Надійність пристрою визначається надійністю і кількістю використовуваних елементів, кількістю з'єднань між ними, способом їх закріплення і характером з'єднань між ними, впливом зовнішніх теплових і електричних факторів.

Розрахунки надійності пристрою визначають показники надійності продукту на основі відомих характеристик надійності компонентів і умов експлуатації. Першим показником для розрахунків надійності є інтенсивність відмов радіоелементів у нормальних умовах.

Ми використовуємо метод розрахунку експлуатаційної надійності згідно з [17] з використанням математичної моделі.

Математична модель має вигляд:

$$\lambda_e = \lambda_0 \cdot \prod_i k_i, \quad (2.36)$$

де λ_e – експлуатаційна інтенсивність відмов, с^{-1} ;

λ_0 – інтенсивність відмов у нормальних умовах при номінальному електричному навантаженні, с^{-1} ;

K_i – складові коефіцієнти математичної моделі.

Сумарна інтенсивність відмов для електронної апаратури:

$$\lambda_{EA} = K_{AM} \cdot K_{ОБСЛ} \cdot \sum_{i=1}^N \lambda_{ei}, \quad (2.37)$$

де K_{AM} – коефіцієнт, котрий залежить від амортизації апаратури; при відсутності системи амортизації у виробі $K_{AM}=1$;

$K_{ОБСЛ}$ – коефіцієнт, котрий залежить від якості технічного обслуговування апаратури; для побутових виробів $K_{ОБСЛ}=1$;

λ_{ei} – експлуатаційна інтенсивність i -го типу електронної апаратури;

n – кількість типів електронних елементів у пристрої, $n=7$.

Так як пристрій переносний, то коефіцієнт умов експлуатації $K_e=1,5$. Тепер визначаємо математичні моделі для кожного елементу конструкції і розраховуємо інтенсивності відмов.

Для конденсаторів маємо:

$$\lambda_{EC} = \lambda_{0CG} \cdot K_P \cdot K_C \cdot K_e, \quad (2.38)$$

де K_P – коефіцієнт навантаження, $K_P=0,7$;

K_C – коефіцієнт, який залежить від ємності конденсатора, $K_C=0,8$.

Так як на конденсаторі максимальна напруга падає тоді, коли вона дорівнює напрузі живлення, то співвідношення:

$$\frac{U}{U_n} = \frac{2,5}{5} = 0,5 \quad (2.39)$$

$$\lambda_{EC} = 0,07 \cdot 10^{-6} \cdot 0,7 \cdot 0,8 \cdot 1,5 = 0,059 \cdot 10^{-6} \text{ (год}^{-1}\text{)}.$$

Для резисторів маємо:

$$\lambda_{ER} = \lambda_{0CT} \cdot K_P \cdot K_e \cdot K_R \quad (2.40)$$

де K_P – коефіцієнт навантаження, $K_P=0,7$ [19];

K_R – коефіцієнт, що залежить від опору резистора, $K_R=0,7$ [19];

Отримаємо:

$$\lambda_{ER} = 0,03 \cdot 10^{-6} \cdot 0,7 \cdot 0,7 \cdot 1,5 = 0,022 \cdot 10^{-6} \text{ (год}^{-1}\text{)}.$$

Для роз'ємів маємо:

$$\lambda_{EG} = \lambda_0 \cdot K_e, \quad (2.41)$$

$$\lambda_{EG} = 0,37 \cdot 10^{-6} \cdot 1,5 = 0,555 \cdot 10^{-6} \text{ (год}^{-1}\text{)}.$$

Для діодів маємо:

$$\lambda_{EVD1} = \lambda_{0CG} \cdot K_P \cdot K_e \cdot K_\Phi \cdot K_{S1} \quad (2.42)$$

де K_P – коефіцієнт навантаження, $K_P=0,8$ [19];

K_Φ – коефіцієнт, який залежить від функціонального режиму роботи, $K_\Phi=1$;

K_{S1} – коефіцієнт, який залежить від навантаження за напругою, $K_{S1}=1$.

Отже, маємо:

$$\lambda_{EVD1} = 0,35 \cdot 10^{-6} \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,5 = 0,42 \cdot 10^{-6} \text{ (год}^{-1}\text{)}.$$

Для світлодіодів маємо:

$$\lambda_{EVD2} = \lambda_{0CG} \cdot K_P \cdot K_e \cdot K_\Phi \cdot K_{S1}, \quad (2.43)$$

де K_P – коефіцієнт навантаження, $K_P=0,713$ [19];

K_Φ – коефіцієнт, що залежить від функціонального режиму роботи, $K_\Phi=1$;

K_{S1} – коефіцієнт, що залежить від навантаження за напругою, $K_{S1}=1$.

Отримаємо:

$$\lambda_{EVD2} = 0,35 \cdot 10^{-6} \cdot 0,713 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,5 = 0,3743 \cdot 10^{-6} \text{ (год}^{-1}\text{)}.$$

Для мікросхеми маємо:

$$\lambda_{EOP} = \lambda_H \cdot K_e, \quad (2.44)$$

$$\lambda_{EOP} = 0,01 \cdot 10^{-6} \cdot 1,5 = 0,015 \cdot 10^{-6} \text{ (год}^{-1}\text{)}.$$

В таблиці 2.10 подано результати обчислень.

Таблиця 2.10 – Експлуатаційні інтенсивності відмов елементів пристрою

Назва елементу	Експлуатаційна інтенсивність, $\times 10^{-6}$ год ⁻¹	Кількість елементів	Сумарна інтенсивність, $\times 10^{-6}$ год ⁻¹
Конденсатори	0,0590	6	0,708
Резистори	0,0220	13	0,418
Роз'єми	0,5550	2	1,11
Діоди	0,4200	2	1,68
Світлодіоди	0,3743	2	1,1229
Мікросхеми	0,015	1	0,015
Пайка	0,0500	96	4,8
Плата	0,1000	1	0,10
			9,9439

Отже, сумарна інтенсивність відмов:

$$\sum \lambda_{\Sigma} = 9,9439.$$

Надійність пристрою характеризується напрацюванням на відмову, яку можна обчислити за формулою:

$$T = \frac{1}{\lambda_{\Sigma}} \quad (\text{год}). \quad (2.45)$$

Підставляємо дані:

$$T_1 = \frac{1}{9,9439 \cdot 10^{-6}} = 10,056 \cdot 10^4$$

Таким чином, середній час напрацювання на відмову складе: $T=10056$ год.

Ймовірність безвідмовної роботи приладу протягом $t_1 = 1000 год.$ буде:

$$P(t_i) = \exp(-\lambda \cdot t_1), \quad (2.46)$$

$$P(t_i) = e^{-9,9439 \cdot 0,000001 \cdot 1000} = 0,99.$$

Надійність даного пристрою є достатньо високою, що підтверджує його оптимальність.

3 МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ПРИСТРОЮ КОНТРОЛЮ ТИПУ ДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА

З метою перевірки адекватності роботи розробленого пристрою виконаємо комплексне моделювання в програмі OrCAD PSpice.

Наберемо в Capture схему, котра показана на рисунку 3.1.

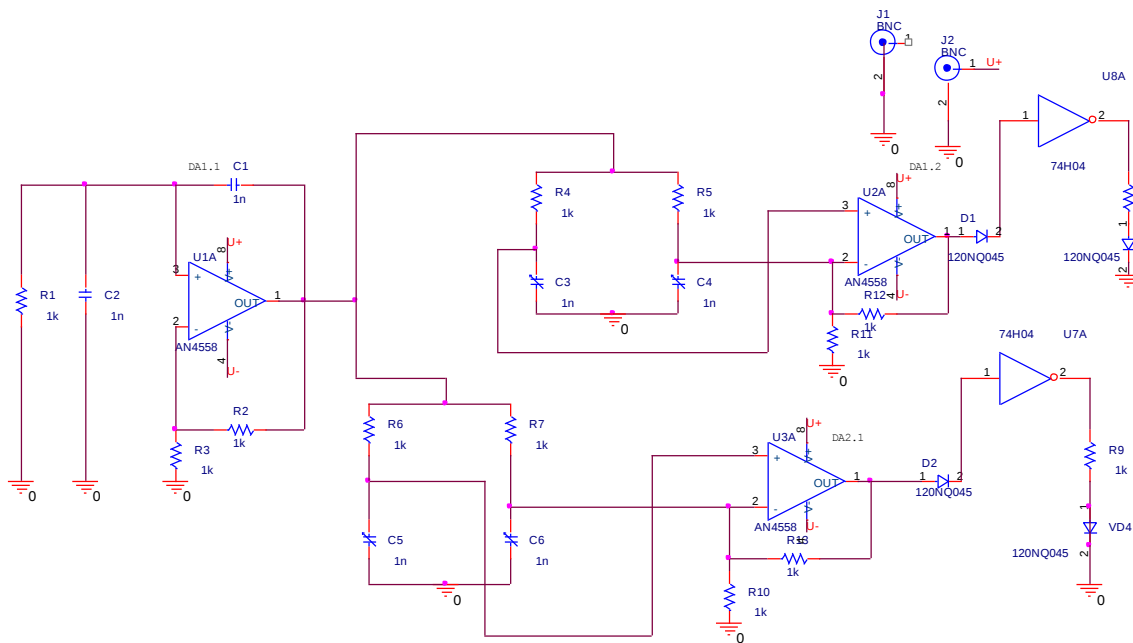


Рисунок 3.1 – Схема електрична принципова пристрою

На першому етапі необхідно дослідити роботу одного каналу негасенсора, побудованого на С-негатроні. Вихідний сигнал знімається з виходу операційного підсилювача U1A

Для цього створюємо новий профіль моделювання та обираємо тип аналізу - Transient.

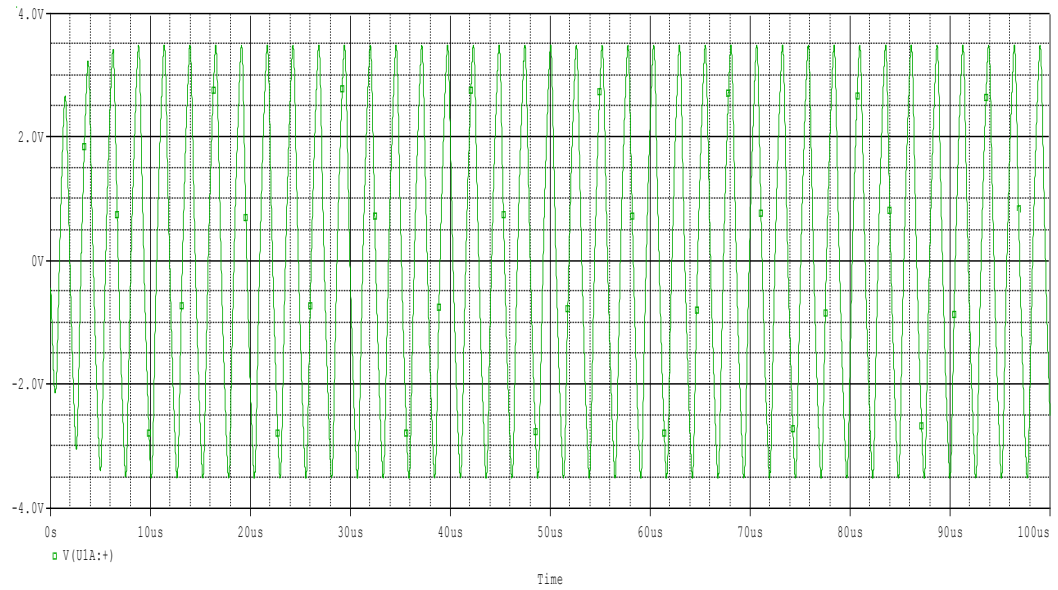


Рисунок 3.2 – Сигнал з виходу 1-го каналу частотою $f=1/2,6 \text{ мкс}=385\text{КГц}$

Знімаємо часову діаграму з виходу 2-го каналу.

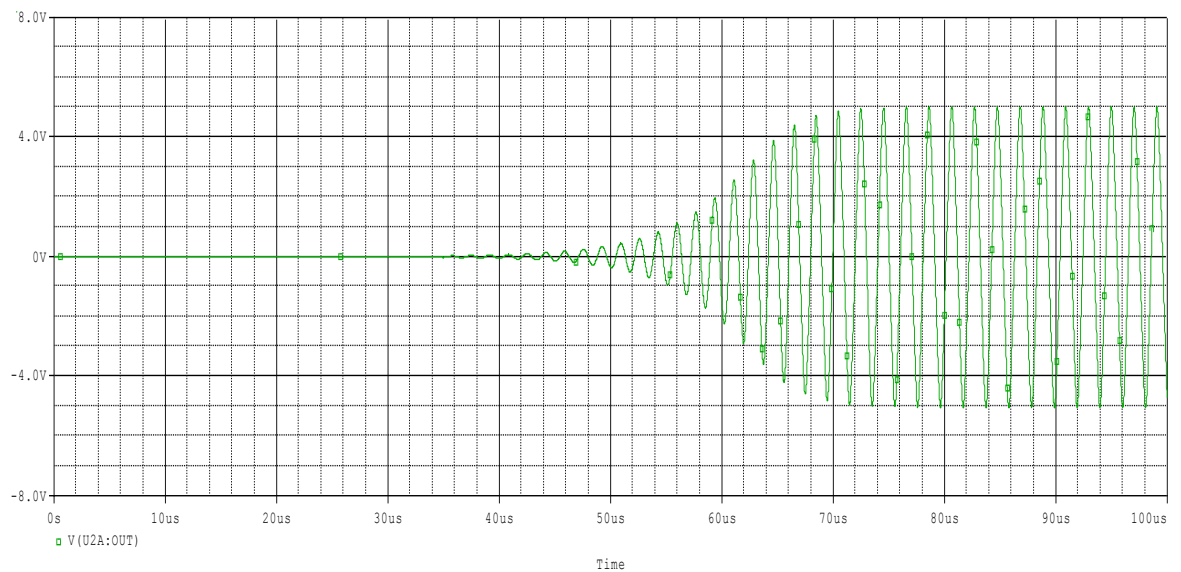


Рисунок 3.3 – Сигнал з виходу 2-го каналу частотою $f=1/1,97\text{мкс}=507\text{КГц}$

Знімаємо вихідний сигнал 3-го каналу у вигляді часової діаграми вимірювального перетворювача, де знаходиться невідомий тип дизельного палива.

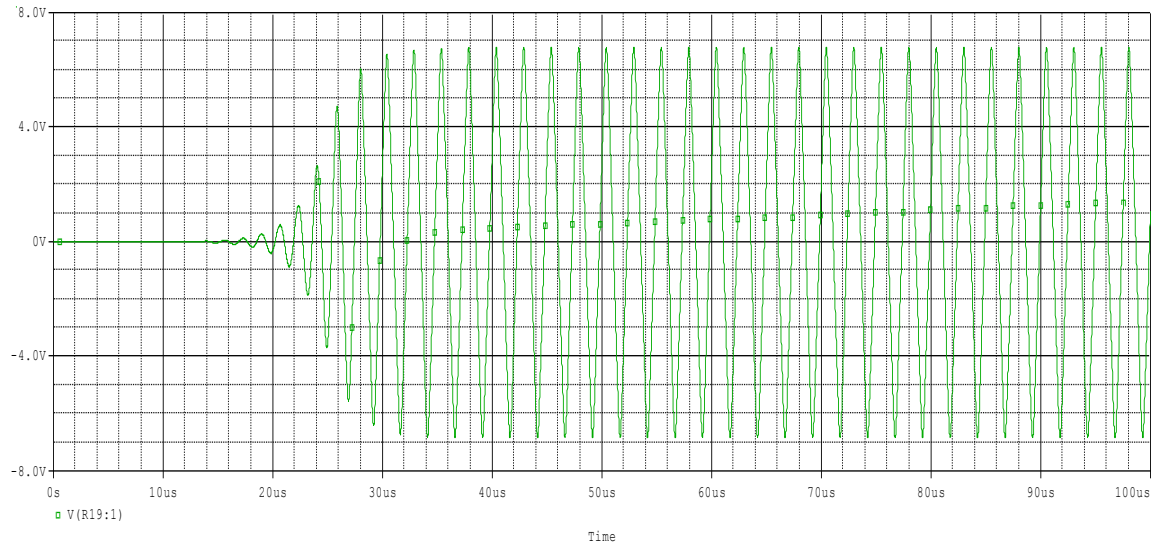


Рисунок 3.4 – Сигнал з виходу 3-го каналу частотою $f=1/2,54\mu\text{с}= 393\text{КГц}$

Проаналізувавши наведені графіки можна зробити висновок, що частота сигналу 393КГц 3-го каналу є найбільш близькою до 1-го каналу з частотою сигналу 385КГц. Таким чином, невідомий тип дизельного палива -1-й тип.

Наступна частина схеми відповідає за переведення частоту сигналу в амплітуду. Це виконується на ФНЧ на елементах R5 і C4.

Знімаємо отриманий сигнал з виходу перетворювачів.

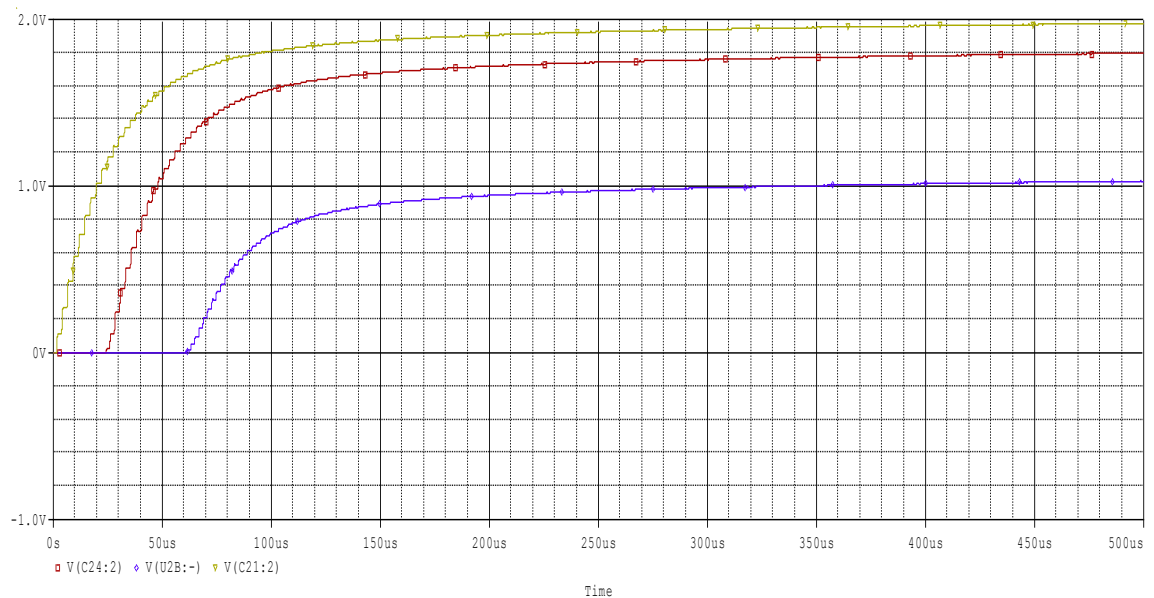


Рисунок 3.5 – Вихідний сигнал з перетворювачів, перший сигнал знімається з виходу 1-го каналу, другий сигнал знімається з виходу 2-го каналу, третій сигнал знімається з виходу 3-го каналу

З цього графіку на рис. 3.5 видно, що сигнал з невідомим типом дизельного палива подібний до першого сигналу.

Наступна частина схеми засвічує відповідний світлодіод. Для цього на компараторах порівнюються напруги. Після порівняння засвічується світлодіод 1-го каналу.

Моделювання, проведене в програмі PSpice, підтвердило правильність роботи пристрою.

На виході вимірювального перетворювача одержується різна частота сигналу, що визначається типом дизельного палива у первинному вимірювальному ємнісному перетворювачі. Частота в 3-му каналі буде близькою до однієї з 2-х відомих каналів. Отже, обробляючи ці сигнали, схема подасть напругу на необхідний світлодіод, що і показали результати моделювання.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

В галузі електроніки, автоматизації та електронних комунікацій важливо враховувати безпеку та здоров'я працівників. Це означає ретельне управління ризиками, пов'язаними з електричними системами, вентиляцією та тепловідведенням для запобігання перегріву, організацію робочих місць з урахуванням ергономіки, належне освітлення для забезпечення комфорту та здоров'я очей, навчання персоналу правильному використанню обладнання та діям у надзвичайних ситуаціях, а також заходи щодо запобігання пожеж, включаючи встановлення систем пожежного захисту та інструктаж персоналу. Також важливо враховувати і звукоізоляцію для захисту від шуму, що може виникати в процесі роботи. Головна мета - забезпечити безпеку та здоров'я всього персоналу у цій галузі.

Розробка мікроелектронного пристрою для визначення типу дизельного палива відбувалася в приміщенні, яке обладнане робочими місцями з ПК. На розробника могли мати вплив такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

1. Фізичні:

- підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони;
- підвищена чи понижена температура повітря робочої зони;
- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- підвищений рівень електромагнітного випромінювання;
- підвищена чи понижена іонізація повітря;
- недостатня освітленість робочої зони;
- відсутність чи нестача природного освітлення.

2. Психофізіологічні: статичне перевантаження; розумове перевантаження; емоційні перевантаження.

Відповідно до наведених факторів здійснюємо планування щодо безпечного виконання роботи.

4.1 Технічні рішення щодо безпечного виконання роботи

4.1.1. Обладнання робочого місця

При роботі з комп'ютером важливо дотримуватися вимог безпеки обладнання. Це означає, що обладнання повинно бути електробезпечним, заземленим і не створювати загрози пожежі. Також важливо, щоб комп'ютерна робоча зона була організована з урахуванням ергономіки, забезпечуючи зручне розташування клавіатури, миші та монітора. Вентиляційна система повинна забезпечувати оптимальну температуру пристроїв, а обладнання має бути захищене від механічних пошкоджень та впливу вологи. Крім того, важливо забезпечити безпеку даних шляхом використання антивірусного програмного забезпечення та систем резервного копіювання. Працівникам також слід отримати навчання щодо безпеки при роботі з комп'ютером, у тому числі про правильність використання обладнання та дії у випадку аварійних ситуацій. Всі ці заходи допомагають забезпечити безпеку користувачів та безперебійну роботу обладнання. [24].

У приміщенні, де проводиться робота, використовується чотирипровідна трифазна електромережа з заземленим нульовим проводом. Напруга цієї мережі становить 380 х 220 В (фазна напруга - 220 В, міжфазна лінійна - 380 В). Рівень небезпеки електротравматизму класифікується як без підвищеної [25].

Для запобігання електротравмам у приміщенні вживаються такі заходи:

- ізоляція струмоведучих елементів електроустаткування згідно з вимогами нормативів;
- захисне заземлення за допомогою природних заземлювачів;
- регулярний інструктаж з питань електробезпеки;
- строге дотримання правил електробезпеки на робочому місці.

Отже, організація та обслуговування робочих місць мають значний вплив на комфортність, стомленість та привабливість праці. Чим ефективніше

організоване робоче місце, чим комфортніше воно, та чим краще воно забезпечене всім необхідним для безперебійної та ритмічної роботи, тим менш втомлююча буде праця, тим більш привабливою буде праця, і тим вище буде продуктивність працівника.

4.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

4.2.1 Мікроклімат

Виробниче приміщення - це закритий простір у спеціально призначених будівлях або спорудах, де люди постійно (по змінах) або періодично (протягом частини робочого дня) займаються працею.

Мікрокліматичні умови на робочому місці у виробничих приміщеннях є ключовим фактором санітарно-гігієнічного характеру, який значно впливає на здоров'я та працездатність працівників. Вони визначаються різноманітними параметрами, такими як температура повітря і поверхонь, відносна вологість, швидкість руху повітря та теплове випромінювання.

Санітарні норми, встановлені у ДСН 3.3.6.042-99 [26], визначають величини параметрів мікроклімату, які створюють комфортні умови. Ці норми враховують сезонні зміни, характер трудового процесу та особливості виробничого приміщення (наявність значних або незначних тепловиділень).

Робота проектувальника за енерговитратами відноситься до категорії І а (енерговитрати до 139Дж/с) [27]. Допустимі параметри мікроклімату для цієї категорії наведені в табл.4.1.

Таблиця 2.1 – Параметри мікроклімату

Період року	Параметр мікроклімату	Величина
Холодний	Температура повітря в приміщенні	21 ... 25 ° С
	Відносна вологість	40 ... 60%
	Швидкість руху повітря	до 0,1 м / с
Теплий	Температура повітря в приміщенні	22 ... 28 ° С
	Відносна вологість	40 ... 60%
	Швидкість руху повітря	0,1 ... 0,2 м / с

Для досягнення встановлених нормативами параметрів мікроклімату у приміщенні використовують централізовану парову систему опалення в холодний період року і систему кондиціонування в теплий період року. Також проводиться систематичне вологе прибирання раз на зміну.

4.2.2 Склад повітря робочої зони

Збереження чистоти повітря в промисловому середовищі є ключовим фактором для збереження оптимального рівня працездатності працівників, формування позитивного ставлення до роботи та підвищення продуктивності. Наукові дослідження підтверджують, що система дихання людини найменш витривала до забрудненої атмосфери, оскільки слизові оболонки та легеневий апарат чутливіше реагують на забруднене повітря, ніж очі та шкіра. Багато виробничих процесів супроводжуються утворенням дрібних часток твердих або рідких речовин, які потрапляють у повітря. Ступінь забруднення промислового середовища характеризується кількістю домішок - газів, парів, пилу, що містяться у кожному літрі або кубічному метрі повітря у грамах.

У приміщенні, де проводиться робота, можуть бути присутні шкідливі речовини у повітрі, такі як фенол, пил та озон, які випускає офісна техніка. Пил може потрапляти у приміщення через вікна, двері або бути занесеним працівниками. ГДК шкідливих речовин, які знаходяться в досліджуваному приміщенні, наведені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – ГДК шкідливих речовин у повітрі

Назва речовини	ГДК, мг/м ³	Середньо добова	Клас небезпечності
	Максимально разова		
Фенол	0,01	0,01	3
Пил нетоксичний	0,5	0,15	4
Озон	0,16	0,03	1

Параметри іонного складу повітря на робочому місці, що обладнане ПК, повинні відповідати допустимим нормам (табл.4.3).

Таблиця 4.3 – Рівні іонізації повітря приміщень при роботі на ПК

Рівні	Кількість іонів в 1 см ³	
	n+	n-
Мінімально необхідні	400	600
Оптимальні	1500-3000	3000-5000
Максимально необхідні	50000	50000

Контроль за якістю повітря в робочій зоні забезпечується за допомогою системи кондиціонування та вологого прибирання.

4.2.3 Виробниче освітлення

Освітлення на робочих місцях має комплексний вплив на працівника, включаючи його емоційний стан, працездатність, мотивацію, продуктивність і безпеку праці. Світло не лише визначає умови для роботи зорового аналізатора, але й є важливим біологічним фактором для розвитку організму людини в цілому. Для людини день і ніч, світло і темрява визначають біологічний ритм – періоди активності та відпочинку. Таким чином, недостатня або занадто яскрава освітленість може призвести до зниження рівня збудженості центральної нервової системи і активності усіх життєвих процесів. Оптимальне освітлення є важливим елементом загальної культури виробництва, оскільки неможливо забезпечити чистоту та порядок у приміщенні, де панує напівтемрява або світильники знаходяться в брудному або занедбаному стані. Згідно ДБН В.2.5-28-2018 [28] в приміщенні, де здійснюється робота за допомогою ПК необхідно застосувати систему комбінованого освітлення.

Норми освітленості при штучному освітленні та КПО (для III пояса світлового клімату) при природному та сумісному освітленні для роботи зазначені у таблиці 4.4.

Таблиця 2.4 - Норми освітленості в приміщенні

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкта розрізнення	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкта розрізнення з фоном	Характеристика фона	Освітленість, лк		КПО, e_n , %			
						Штучне освітлення		Природне освітлення		Сумісне освітлення	
						Комбіноване	Загальне	Верхнє або верхнє і бокове	Бокове	Верхнє або верхнє і бокове	Бокове
Високої точності	0,3 -0,5	III	г	великий	світлий	700	300	5	2	3	1,2

Для забезпечення належного рівня освітлення враховуються такі аспекти:

- Максимальне використання природного бічного освітлення для максимального ефекту природного світла.
- Регулярне очищення віконного скла від бруду проводиться не рідше двох разів на рік з метою забезпечення максимальної пропускну здатності світла.
- Систематична заміна перегорілих ламп, щоб забезпечити постійний достатній рівень освітлення на робочих місцях.

4.2.4 Виробничий шум

Вплив шуму на організм людини вже давно вивчений і встановлено, що він може мати негативні наслідки для здоров'я. Ступінь цього впливу залежить від інтенсивності та тривалості експозиції, характеру шуму та індивідуальних особливостей кожної людини. Шум може призводити до різних захворювань,

таких як нервові та серцево-судинні, виразкова хвороба, порушення обмінних процесів та функціонування органів слуху.

Джерелом шуму під час розробки підсистеми контролю знань користувачів дистанційних курсів технічних дисциплін з використанням сучасних технологій програмування є працююча офісна техніка, а також – рух автотранспорту біля будинку. У табл. 4.4 вказані граничні рівні звуку залежно від категорії тяжкості і напруженості праці, що є безпечними відносно збереження здоров'я і працездатності згідно ДСН 3.3.6.037-99 [29].

Таблиця 4.4 – Граничні рівні звуку, дБ, на робочих місцях.

Категорія напруженості праці	Категорія важкості праці			
	I. Легка	II. Середня	III. Важка	IV. Дуже важка
I. Мало напружений	80	80	75	75
II. Помірно напружений	70	70	65	65
III. Напружений	60	60	-	-
IV. Дуже напружений	50	50	-	-

Для зменшення рівня шуму в приміщеннях, де працюють комп'ютери, можуть бути використані звукоізоляційні матеріали для обробки стін та стелі. Також можливо встановлення комп'ютерів з пасивним охолодженням та використання пластикових вікон з високим рівнем звукоізоляції для забезпечення прийнятних рівнів шуму в робочих приміщеннях.

4.2.5 Виробничі випромінювання

Розробка мікроелектронного пристрою для визначення типу дизельного палива відбувалася за допомогою ПК, відповідно існує ймовірність впливу ЕМП на працівника.

Вплив електромагнітних випромінювань на людину залежить від різноманітних факторів, таких як діапазон частот, тривалість опромінення, його характер та режим, а також індивідуальні особливості організму та поверхні

тіла, що піддається впливу. Наслідками дії електромагнітних полів можуть бути як гострі, так і хронічні порушення функцій організму. Ці порушення можуть виникати через вплив електричної складової електромагнітного поля на нервову та серцево-судинну систему, а також на структури головного та спинного мозку. У більшості випадків такі зміни мають зворотній характер, але при тривалій експозиції вони можуть накопичуватися та підсилюватися з часом. Однак вони зазвичай зменшуються та зникають після виключення джерела впливу та поліпшення умов праці. Довготривалий та інтенсивний вплив електромагнітних випромінювань може призводити до стійких порушень та захворювань.

Допустимі значення параметрів неіонізуючих електромагнітних випромінювань від монітору комп'ютера представлені в табл.4.5.

Таблиця 4.5 – Допустимі значення параметрів неіонізуючих електромагнітних випромінювань

Найменування параметра	Допустимі значення
Напруженість електричної складової електромагнітного поля на відстані 50 см від поверхні відеомонітору	10 В/м
Напруженість магнітної складової електромагнітного поля на відстані 50 см від поверхні відеомонітору	0,3 А/м
Напруженість електростатичного поля не повинна перевищувати:	для дорослих користувачів 20кВ/м для дітей 15кВ/м

Щоб зменшити вплив електромагнітного випромінювання на працівника, можна вжити наступні заходи: ретельно організувати робоче місце, розмістити технічне обладнання так, щоб мінімізувати вплив випромінювання, дотримуватися гігієнічних режимів праці та відпочинку, а також обмежувати час перебування у зоні опромінення.

4.3 Пожежна безпека

Пожежна безпека означає стан, коли з визначеною ймовірністю усувається можливість виникнення та подальшого розвитку пожежі, а також мінімізується вплив її небезпечних наслідків на людей і матеріальні цінності. Забезпечення пожежної безпеки є важливою складовою виробничої та іншої діяльності керівників, працівників підприємств, установ, організацій та підприємців. Ці принципи мають бути враховані у трудових договорах (контрактах) та статутах підприємств, установ та організацій.

В приміщенні, де проводилася робота, використовуються тільки негорючі речовини та матеріали у холодному стані, тому за ступенем вибухопожежної та пожежної безпеки приміщення відноситься до категорії «Д» [30]. За вогнестійкістю приміщення відноситься до третьої категорії [31].

4.3.1 Технічні рішення системи запобігання пожежі

Можливі причини пожежі у приміщенні, де проводиться робота це:

- Несправна електропроводка, така як іскри, перегрів провідників та пересихання електроізоляційних матеріалів.
- Використання електропобутових приладів, наприклад, електрочайники або обігрівачі, та попадання вологи на працююче електрообладнання.
- Залишення без нагляду увімкнутих комп'ютерів, обчислювальної техніки та інших електроприладів.

Для запобігання пожежі рекомендується вжити такі заходи:

- Проведення навчання з питань пожежної безпеки, включаючи інструктажі та знання пожежно-технічних правил.
- Суворе дотримання правил та норм, передбачених чинними нормативними документами, при реконструкції приміщень, будівель, технічного переобладнання електромережі, опалення, вентиляції та освітлення.
- Заборона паління та використання відкритого вогню у приміщенні.
- Своєчасне проведення профілактичних оглядів, випробувань та ремонтів

обчислювальної техніки та допоміжного обладнання.

4.3.2 Технічні рішення системи протипожежного захисту

Система протипожежного захисту охоплює організаційні заходи та технічні засоби, спрямовані на запобігання небезпечним наслідкам пожежі для людей та майна. Протипожежний захист підприємства включає наступні напрямки:

- Обмеження розмірів та поширення пожежі: це включає правильне розташування будівель та споруд з урахуванням протипожежних вимог, встановлення обмежень на кількість поверхів та площу, а також вибір вогнестійких будівельних конструкцій. Також важливо облаштування протипожежних перешкод у будівлях та системах вентиляції, а також встановлення автоматичної пожежної сигналізації та систем пожежогасіння.
- Обмеження розвитку пожежі: це передбачає обмеження кількості горючих матеріалів у приміщеннях та використання будівельних матеріалів з низькою вибухопожежонебезпечністю.
- Забезпечення безпечної евакуації людей та майна: це включає вибір такого планування та конструкції будівлі, щоб евакуація була можливою до настання небезпечних рівнів чинників пожежі. Також важливо встановлення систем протидимового захисту та створення необхідних шляхів евакуації.
- Створення умов для успішного гасіння пожежі: це включає встановлення систем пожежної автоматики та забезпечення приміщень необхідною кількістю первинних засобів пожежогасіння.

У приміщенні на випадок виникнення пожежі для обмеження її розповсюдження знаходиться переносний вуглекислотний вогнегасник типу ОУ-5, що відповідає нормам [32]. Підходи до засобів первинного пожежогасіння та відключення електросхем устаткування вільні.

У коридорі приміщення розташована схема евакуації людей при пожежі. Шляхи евакуації з відділу відповідають правилам пожежної безпеки. У будинку є два виходи, ширина коридору – 2-3 метри, ширина дверей – 0,8 м., двері відкриваються по ходу руху людей у випадку евакуації.

ВИСНОВКИ

У бакалаврській дипломній роботі було розроблено прилад, який контролює тип дизельного палива.

Зокрема, було обґрунтовано актуальність та необхідність здійснення розробки. Доведено доцільність використання такого роду систем.

Було проведено порівняльну характеристику приладу з іншими приладами, які вже існують, вказані переваги та недоліки.

Запропонована електрична принципова схема пристрою, на основі якої було проведено трасування та встановлені розміри плати виробу 50x100 мм і розрахована маса 32,38 г.

За матеріал для друкованої плати обрано склотекстоліт фольгований двосторонній марки СФ-2-35-1,5, який має товщину фольги 35 мкм., товщина матеріалу з фольгою – 1,5 мм.

Розроблений пристрій має такі переваги як простота у застосуванні, точність, висока температурна стабільність.

При розрахунку на удар показано, що і спосіб кріплення і товщина плати забезпечують найменшу частоту власних коливань, і водночас найбільше віброміщення при дії вібрації та найменше ударне прискорення при дії ударів.

Розроблена загальна структурна схема пристрою, викладено принцип його роботи. Принципова електрична схема оформлена, доопрацьована і проаналізована з конструкторських позицій.

Що стосується безпосередньо розрахунків, то можна сказати, що пропонуваній пристрій задовольняє усі технічні характеристики.

Також у бакалаврській дипломній роботі проведено розрахунки розділу охорони праці.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Створення мікроелектронних датчиків нового покоління для інтелектуальних систем / [Гордієнко Ю. О., Дзядевичта С. В., Дружинін А. О., Євнух А. А., Лєсков С. В., Мельник В. Г., Романов В. О.] ; під. ред. Я. І. Лєпїх. — Одеса: Астропринт, 2010. — 289 с.
2. Захарчук В.І., Ткачук В.В. Споживчі властивості нового біодизельного палива / В.І. Захарчук, В.В. Ткачук // *Енергосбережение*. — 2010. - №9. — с. 30-32.
3. Панасенко С. П. Властивості та якість паливно-мастильних матеріалів. Теорія і практичні рішення / С. П. Панасенко. — МК-Пресс — К., 2006. — 320 с.
4. Двигуни внутрішнього згоряння : [підручник] : у 6 т. / [за редакцією проф. А. П. Марченка, засл. діяча науки України, проф. А. Ф. Шеховцова]. — Т. 1 : Розробка конструкцій форсованих двигунів наземних транспортних машин. — Харків : Видавн. центр НТУ «ХПІ», 2004. — 493 с.
5. Анісімов В.Ф. Елементи математичної моделі процесу горіння в дизелях, що враховує зміну виду палива / В.Ф. Анісімов, В.П. Комаха, В.Б. Рябошапка // *Матеріали І регіональної науково-технічної конференції [«Перспективи розвитку двигунів внутрішнього згорання працюючих на різних видах палива»]*. — Вінниця: Видавництво ВНАУ. — 2015. — С. 78 - 80.
6. Семенов В.Г. Моделювання процесу згорання в тракторних і комбайнових дизелях, працюючих на різних видах палива за допомогою уточненої моделі І. І. Вібе шляхом апроксимації експериментальних даних / В.Г. Семенов, В.П. Комаха, В.Б. Рябошапка // *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. — №1 (91). — Вінниця. — 2015. — С. 52 - 58.
7. Щупляк Н. М. Основи електроніки та мікроелектроніки./ Н. М. Щупляк. Книга 2. — Дрогобич: 2012. — 217с.
8. Колонтаєвський Ю.П., Сосков А.Г. Електроніка і мікросхемотехніка: Підручник. 2-е вид — Київ: «Каравела», 2009р. 2

9. Руденко В.С., Ромашков В.Я., Трифонюк В.В. Промислова електроніка – Київ: Либідь, 1993р.
10. Будіщев М..С. Електротехніка, електроніка та мікропроцесорна техніка – Львів: Афіша, 2001р.
11. Цифрова схемотехніка електронних систем. Підручник / В.І., Бойко, В.Я. Жуйков, А.А. Зорі, В.В. Багрій, В.М. Співак, Т.О. Терещенко. 3-те вид. допов. і переробл.– К.: Вища школа, 2010. – 426 с. (гриф надано МОН України – протокол № 1.4/18-Г-414 від 14.02.2008 р.). ISBN 966-642-193-3.
12. Пащенко Е.І. Радіопередавальні пристрої. Принципи побудови і основи експлуатації радіопередавальних пристроїв: Навчальний посібник / Е.І. Пащенко, О.В. Андреєв -Житомир: ЖВІРЕ, 2006. - 176 с.
13. Ткачук В.М. Радіопередавальні пристрої: Навчальний посібник / В.М. Ткачук, С.М. Цирульник, Т.А. Петренко. – Вінниця: ВТК, 2015. - 188 с.
14. Пащенко Е.І. Пристрої генерування та формування сигналів. Частина 1. Навчальний посібник – Житомир: ЖВІРЕ. 2000. – 144 с.
15. Ткачук Р. А. Основи технології радіоелектронних апаратів : навчальний посібник / Р. А. Ткачук, В. Г. Дозорський, Л. Є. Дедів, І. Ю. Дедів. - Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2017. - 336 с.
16. Лободзінська Р.Ф., Костюк О.А., Нікольський О.І., Шеремета О.П. Конструювання і технологія радіоелектронних засобів. Навчальний посібник. – Вінниця: ВНТУ, 2007. – 91 с.
17. Елементна база радіоелектронної апаратури. Пасивні радіокомпоненти: навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра за освітньою програмою «Радіотехнічні комп'ютеризовані системи» спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад. В. О. Піддубний, І. О. Товкач. — Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 99 с..
18. Технологія приладобудування: навчальний посібник для студентів напрямку підготовки 6.051003 «Приладобудування», 7.090902 «Наукові, аналітичні та екологічні прилади та системи» приладобудівного ф-ту / Уклад.:

Автори: Шевченко В.В., Осадчий О.В., Симута М.О. – К.: НТУУ «КПІ», 2010. – 128 с.

19. Панфілов І.П. Компонентна база радіоелектронної апаратури: навч. посіб.; модуль 2 / Панфілов І.П., Савицька М.П., Флейта Ю.В. – Одеса: ОНАЗ ім. О.С. Попова, 2013. – 192 с.

20. Новиков А. О. Основи теорії надійності та стандартизації виробів електронної техніки : навчальний посібник / А. О. Новіков, Шубін О. В. – Вінниця: ВНТУ, 2009. – 152 с.

21. ДСТУ ISO 45001:2019 Системи управління охороною здоров'я та безпекою праці. Вимоги та настанови щодо застосування (ISO 45001:2018, IDT). URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=88004.

22. ДСТУ 8604:2015 Дизайн і ергономіка. Робоче місце для виконання робіт у положенні сидячи. Загальні ергономічні вимоги. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=71028

23. НПАОП 0.00-7.15-18 Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями. URL: http://sop.zp.ua/norm_npaop_0_00-7_15-18_01_ua.php

24. Про мінімальні вимоги безпеки при роботі з дисплейним обладнанням: 90/270/ЕЭС. Брюссель : Рада Європейських співтовариств, 1990. URL: <http://docs.pravo.ru/document/view/32704903/>

25. Правила улаштування електроустановок - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://www.energiy.com.ua/PUE.html>

26. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>

27. Гігієнічна класифікація праці (за показниками шкідливості і небезпеки факторів виробничого середовища від 12.08.1986 № 4137-86. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/v4137400-86>

28. ДБН В.2.5-28-2018 Природне і штучне освітлення - [Електронний

ресурс] - Режим доступу: <http://document.ua/prirodne-i-shtuchne-osvitlennja-nor8425.html>

29. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>
30. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпек. URL: https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu_b_v_1_1_36/5-1-0-1759
31. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. URL: http://www.poliplast.ua/doc/dbn_v.1.1-7-2002.pdf.
32. Наказ Міністерства внутрішніх справ України «Про затвердження Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0225-18#Text>.

Додаток А
(обов'язковий)

ІЛЮСТРАТИВНИЙ МАТЕРІАЛ

МІКРОЕЛЕКТРОННИЙ ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ТИПУ ДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА

Виконав: студент 4-го курсу, групи МНТ-206
спеціальності 153 –
«Мікро- та наносистемна техніка»
(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

Кочмала В. Б.
(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доц., асист. каф. ІРТС

Семенова О. О.
(прізвище та ініціали)

«10» 08 2024 р.

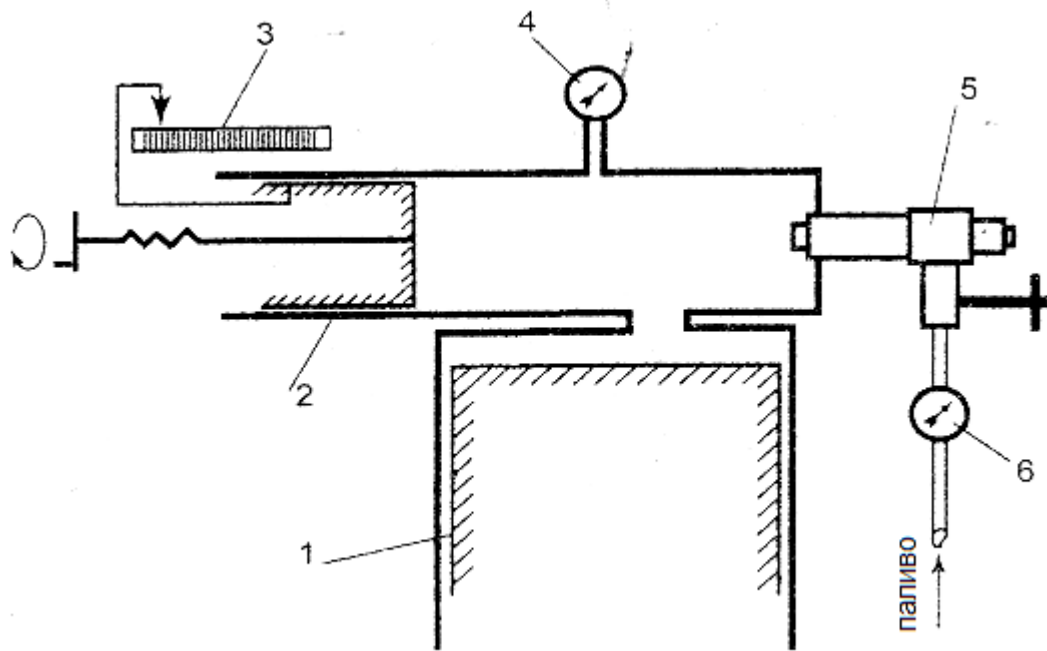


Рисунок 1 – Дослідницька установка

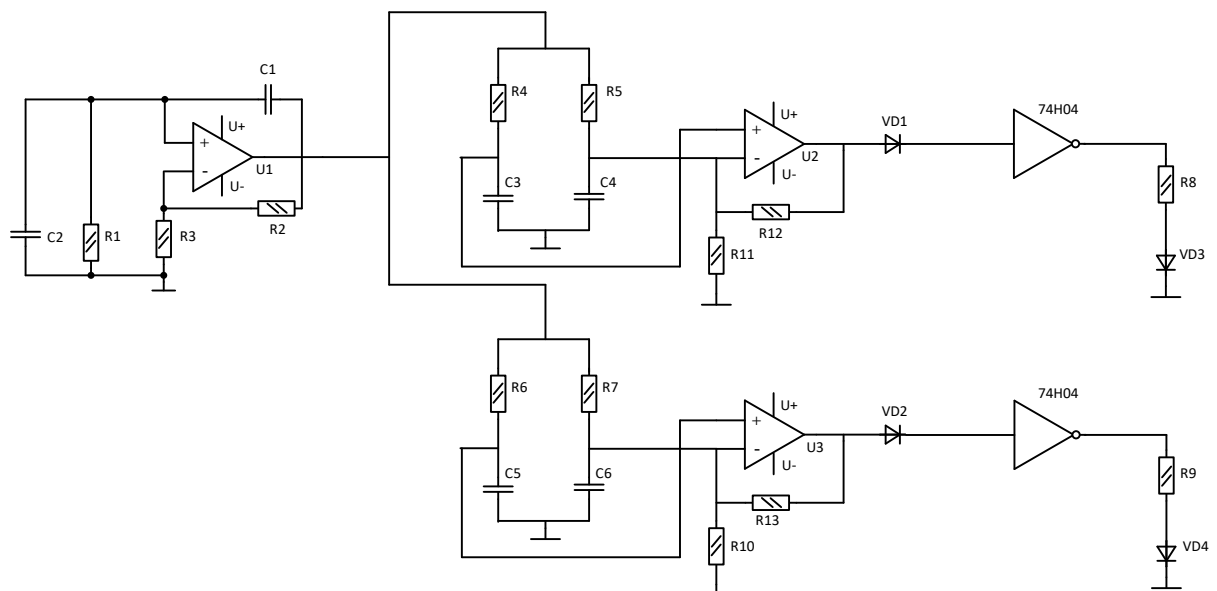


Рисунок 2 – Схема електрична принципова

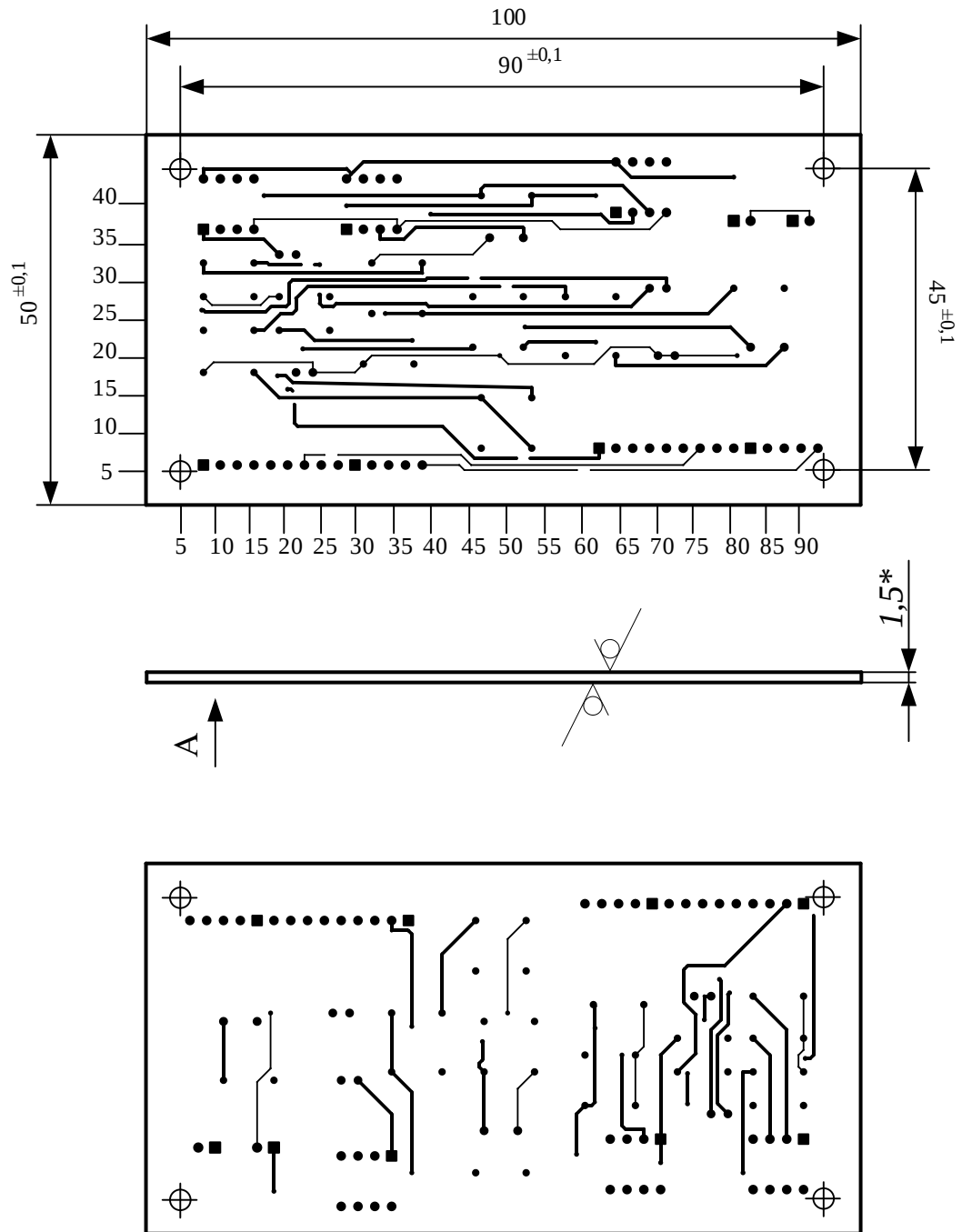


Рисунок 3 – Плата друкована

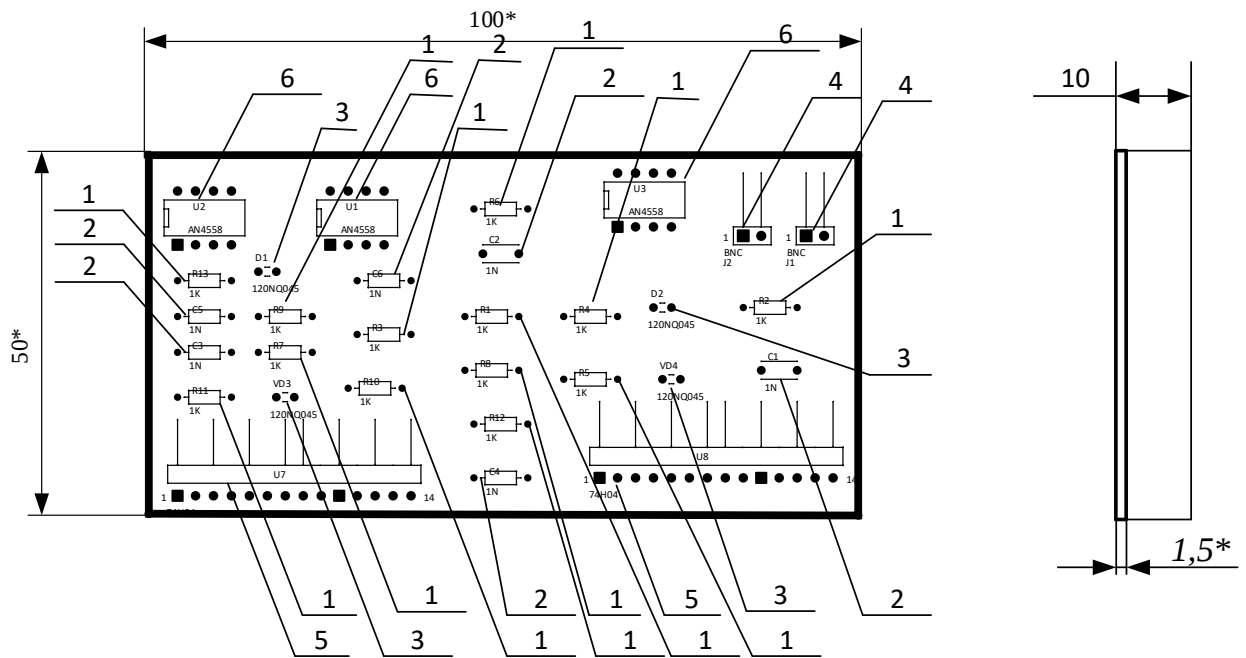


Рисунок 4 – Складальне креслення

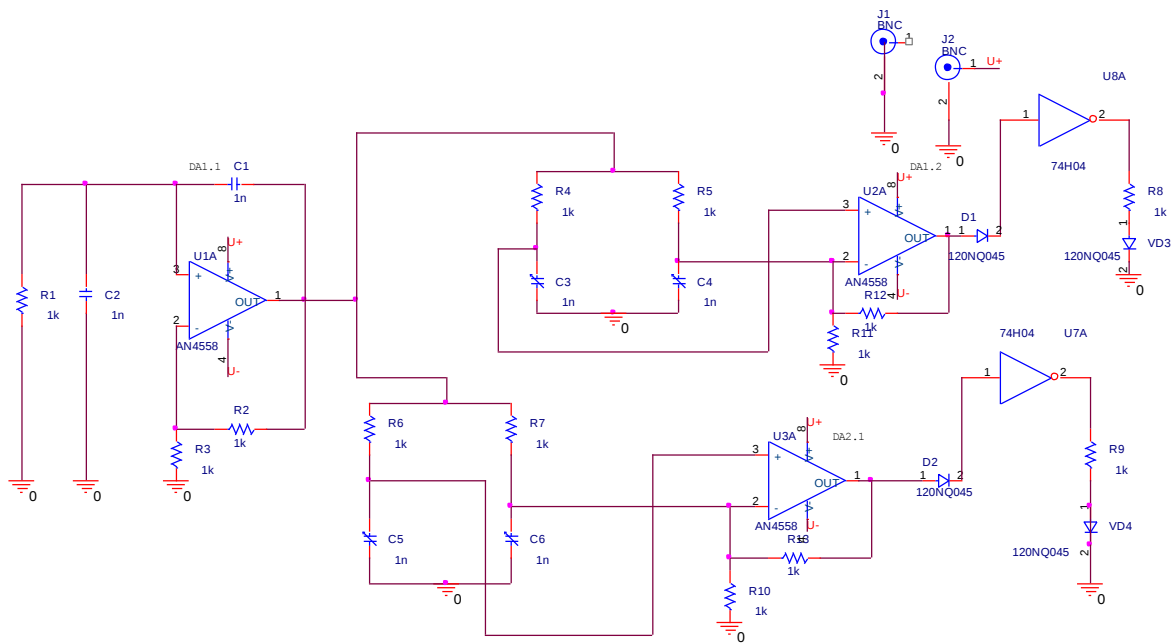


Рисунок 5 – Схема в програмі OrCAD PSpice

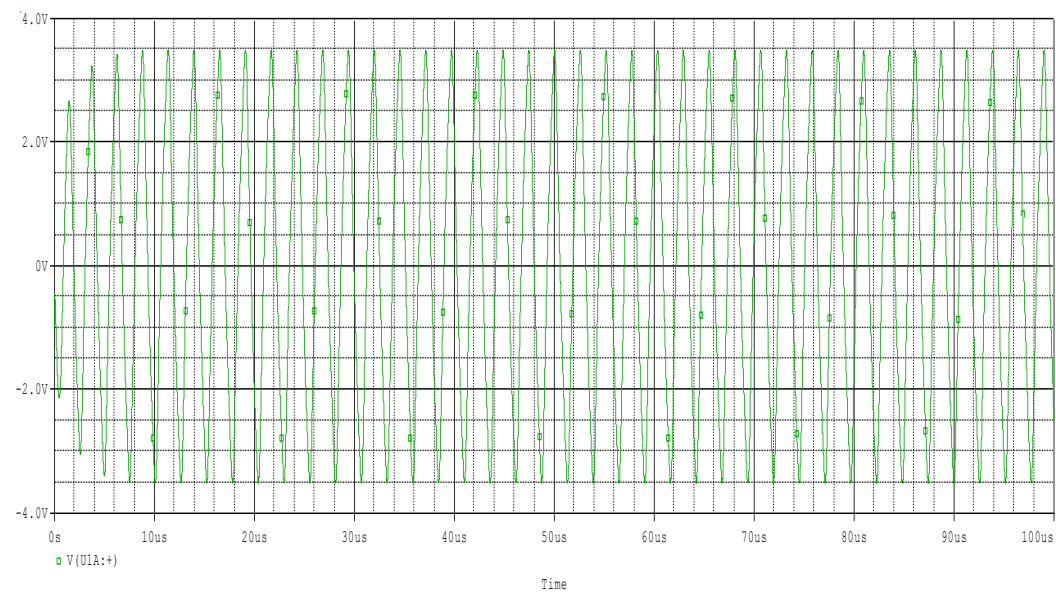


Рисунок 6 – Сигнал з виходу 1-го каналу

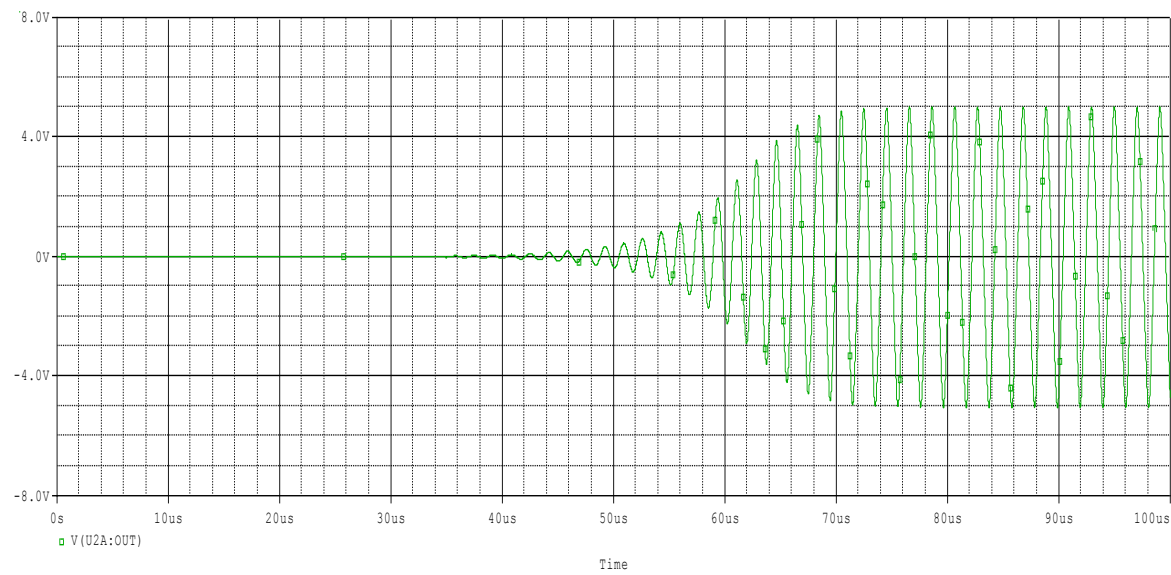


Рисунок 7 – Сигнал з виходу 2-го каналу

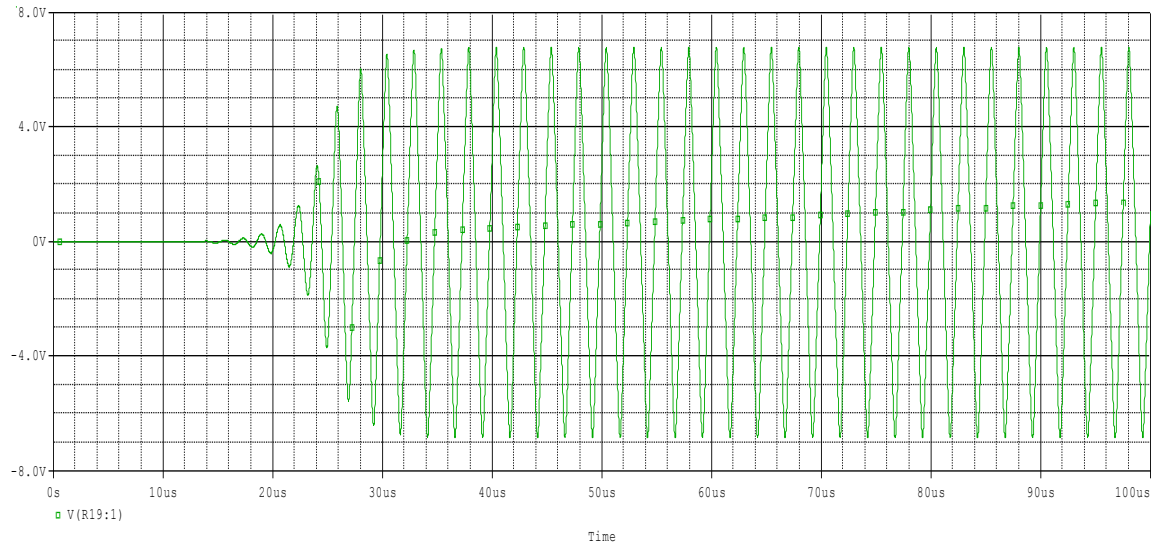


Рисунок 8 – Сигнал з виходу 3-го каналу

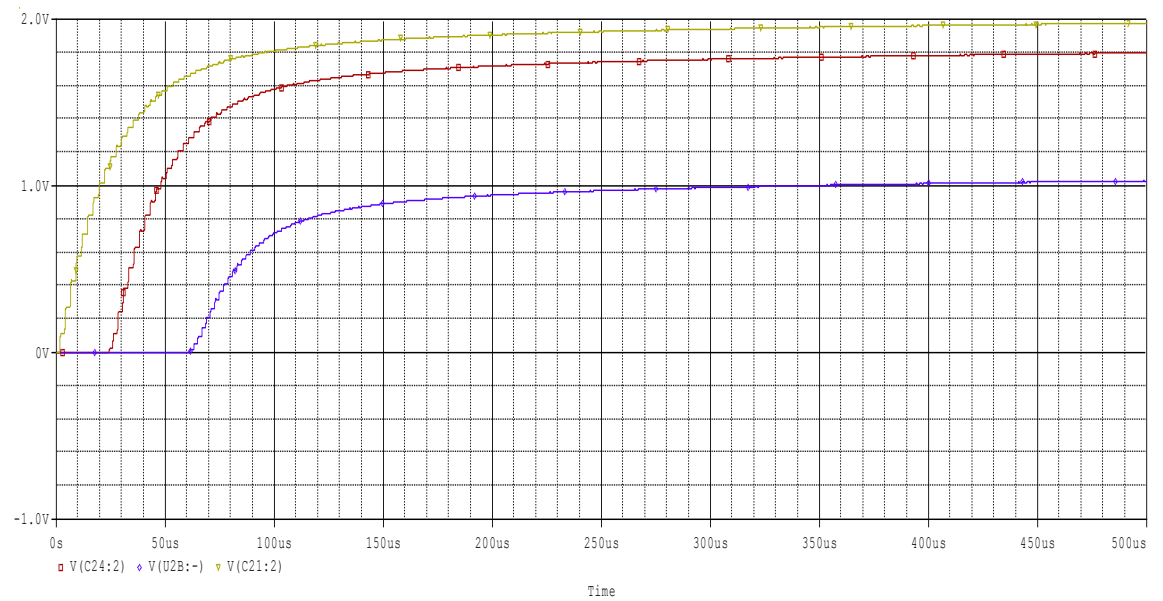


Рисунок 9 – Вихідний сигнал з перетворювачів

Додаток Б
(обов'язковий)

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ РОБОТИ

**МІКРОЕЛЕКТРОННИЙ ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ТИПУ
ДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА**

ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: «Мікроелектронний пристрій для визначення типу дизельного палива»

Тип роботи: БДР
(БДР, МКР)

Підрозділ ІРТС, ІЕС
(кафедра, факультет)

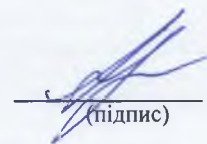
Показники звіту подібності Unicheck

Оригінальність 88,0% Схожість 12,0%

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

- ☒ 1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
- ☐ 2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.
- ☐ 3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Особа, відповідальна за перевірку


(підпис)

Олександр ЗВЯГІН
(прізвище, ініціали)

Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unicheck щодо роботи.

Автор роботи


(підпис)

Владислав КОЧМАЛА
(прізвище, ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Олена СЕМЕНОВА
(прізвище, ініціали)