

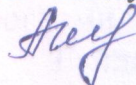
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
імені адмірала Макарова

Навчально-науковий інститут автоматики та електротехніки

Кафедра морського приладобудування

ДОПУЩЕНИЙ ДО ЗАХИСТУ

В.о. завідувача кафедри

 Гайдай Г.Ю.

« 17 » 06 2026 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»

на тему: «Розробка комп'ютерної системи моніторингу технічного стану
суднового обладнання»

Виконав: студент групи 4651

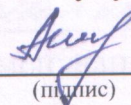


(підпис)

Данильчук І.О.

Керівник роботи:

В.о завідувача кафедри морського
приладобудування, к.т.н., доц.



(підпис)

Гайдай Г.Ю.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
імені адмірала Макарова

Інститут
Кафедра
Спеціальність

ННІАЕ
морського приладобудування
123 Комп'ютерна інженерія

Освітня програма

Комп'ютерні системи та мережі

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми

Гайдай Г.Ю. Гайдай Г.Ю.

« 18 » 06 2026 рік

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»

Студенту Данильчуку Ігорю Олександровичу
(Прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Розробка комп'ютерної системи моніторингу
технічного стану суднового обладнання

Керівник роботи Гайдай Ганна Юріївна, кандидат технічних наук, доцент
(Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ректора № 2864к від « 22 » 04 2026 року

2. Термін подання роботи: 15.06.26

3. Вихідні дані по роботі: В-розрядний високородуктивний
AVR мікроконтролер з великим споживанням; прогресивна
RISC архітектура; 130 високородуктивний чипсет; статична робота

4. Перелік питань, що належать до розробки (найменування розділів):

1. Огляд існуючих технічних засобів діагностування CEU; 2. Методи
діагностування CEU; 3. Розробка мікроконтролерного детектора масляного
туману; 4. Розробка печатної плати головного блоку системи; 5. Метрологічне
забезпечення системи; 6. Охорона праці;

5. Перелік презентаційних матеріалів: структурна схема
Блок - схема мікроконтролера ATmega16; Головні
блук - принципова схема; Головний блок - структурна
модель; Програма - принципова схема; Програма -
структурна модель.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
06 ОП	Тубальцев А.М.		

7. Дата видачі завдання « 9 » 02 2026 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Терміни виконання етапів роботи	Примітка
1.	Огляд існуючих технічних засобів діагностування СЕУ	9.02 ~ 23.02	век.
2.	Методи діагностування СЕУ	23.02 - 9.03	век.
3.	Розробка мікроконтролерного детектора масляного туману	9.03 - 30.03	век.
4.	Розробка печатної плати головного блоку системи	30.03 - 13.04	век.
5.	Метрологічне забезпечення системи	13.04 - 27.04	век.
6.	Охорона праці	27.04 - 18.05	век.

Студент

Керівник роботи

(підпис)

(підпис)

Данильчук І.О.
(прізвище та ініціали)
Гайдай Г.Ю.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Данильчук І.О. «Розробка комп'ютерної системи моніторингу технічного стану суднового обладнання». Кваліфікаційна робота зі спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія», освітньої програми «Комп'ютерні системи та мережі». Миколаїв: НУК ім. адм. Макарова. 2026 рік. 112 сторінок.

В даній роботі розроблено мікроконтролерний детектор масляного туману. Був проведений порівняльний аналіз існуючих систем діагностування судових енергетичних установок, розроблено технічне завдання, проведено патентний пошук.

Була розроблена структурна схема системи, електрична принципова схема та друкована плата головного блоку системи і програматора мікроконтролера. Також було складено перелік елементів для розроблених друкованих плат, алгоритм роботи головного блоку системи та написана програма для мікроконтролера. Мікроконтролерна система розроблена відповідно до вимог наглядових органів і має високі функціональні та експлуатаційні характеристики.

Ключові слова: діагностування, суднова енергетична установка, автоматизована система, мікроконтролер, масляний туман, картер, головний блок, РК-дисплей, джерело інфрачервоного світла, фотоприймач, структурна схема, схема електрична принципова, печатна плата, алгоритм.

					13.ДР.123.4651.01.ПЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ABSTRACT

Danylchuk I.O. «Development of a computer system for monitoring the technical condition of ship equipment». Qualification work in specialty 123 «Computer Engineering», educational program «Computer Systems and Networks». – Mykolaiv: Admiral Makarov National University of Shipbuilding, 2026, 112 pages.

In present work of the has been developed microcontroller detector of oil mist. Comparative analysis of existing marine power plant diagnostic systems, draft proposal, patent search has been made.

Structure chart of the system, electrical schematic circuit and PCB of main block of the system and microcontroller programmer has been created. List of components, main block of the system operation algorithm and program for microcontroller has been also made. Microcontroller system has been developed in compliance with oversight body specifications and has high functionality and operating characteristics.

Keywords: diagnosing, ship power plant, automated system, microcontroller, oil mist, crankcase, main unit, LCD display, infrared light source, photodetector, structural diagram, principal electrical diagram, printed circuit board, algorithm.

					13.ДР.123.4651.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ	10
ВСТУП.....	12
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ДІАГНОСТУВАННЯ СЕУ	13
1.1 Загальні положення	14
1.2 Системний аналіз ГЕУ	15
1.3 Моделі технічного стану ГЕУ і окремого обладнання	19
1.4 Умови працездатності ГЕУ	21
1.5 Узагальнений показник технічного стану обладнання ГЕУ	22
Висновки за розділом 1	24
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИ ДІАГНОСТУВАННЯ СЕУ	25
2.1 Діагностичні моделі ГЕУ	26
2.2 Термометричний метод	30
2.3 Електромагнітний метод	30
2.4 Віброакустичний метод	32
2.5 Тензометрический метод	33
2.6 Акустична емісія	34
2.7 Метод резонансних коливань	35
2.8 Метод спектрального аналізу масла	39
2.9 Області застосування типових методів технічного діагностування	41
Висновки за розділом 2	43
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА МІКРОКОНТРОЛЕРНОГО ДЕТЕКТОРА МАСЛЯНОГО ТУМАНУ	44
3.1 Розробка і опис структурної схеми	45
3.1.1 Призначення системи	45
3.1.2 Принцип дії	45

3.1.3 Спосіб відбору проб	48
3.1.4 Спосіб підключення детектора до двигуна	48
3.1.5 Опис роботи системи	50
3.1.6 Контроль і індикація стану системи	52
3.2 Розробка схеми електричної принципової головного блоку системи	53
3.3 Опис роботи схеми електричної принципової головного блоку системи. Вибір елементів	55
3.4 Характеристика і особливості мікроконтролера ATmega16	61
3.5 Розробка алгоритму роботи головного блоку системи	64
3.6 Розробка схеми електричної принципової програматора	66
3.7 Опис роботи схеми електричної принципової програматора	66
Висновки за розділом 3	68
РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА ПЕЧАТНОЇ ПЛАТИ ГОЛОВНОГО БЛОКУ СИСТЕМИ	69
4.1 Загальні вимоги до печатних плат	70
4.2 Загальні відомості про застосування та виготовленні печатних плат	73
4.3 Розробка печатних плат за допомогою програми Accel EDA PCB	75
4.3.1 Відповідність між елементом схеми і його фізичної сутністю	75
4.3.2 Печатні плати в Accel EDA PCB	76
4.3.3 Технологічний редактор Accel EDA PCB	76
4.3.4 Створення нового проекту. Установка початкових параметрів	77
4.3.5 Завантаження списку з'єднань	79
4.3.6 Ручне розміщення елементів	80
4.3.7 Установка кордонів ПП	82
4.3.8 Автоматичне трасування	84
4.4 Печатна плата головного блоку системи	85
4.5 Печатна плата програматора	87
Висновки за розділом 4	88

РОЗДІЛ 5. МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ	89
5.1 Загальні положення	90
5.2 Склад робіт з метрологічного забезпечення ІВС	92
5.3 Зміст робіт з метрологічного забезпечення ІВС	93
5.3.1 Метрологічна експертиза технічних завдань на розробку ІВС	93
5.3.2 Метрологічна експертиза конструкторської та технологічної документації	93
5.3.3 Метрологічна експертиза програмної документації	93
5.3.4 Державні випробування ІВС	94
5.3.5 Метрологічна атестація ІВС	94
5.3.6 Метрологічна атестація обчислювальних компонентів вимірювальних каналів ІВС	94
5.3.7 Метрологічний супровід обчислювальних компонентів вимірювальних каналів ІВС	95
5.3.8 Метрологічна атестація методик виконання вимірювань	95
5.3.9 Повірка (калібрування) ІВС	95
5.3.10 Державний метрологічний нагляд і метрологічний контроль за розробкою, виробництвом, впровадженням і експлуатацією ІВС	96
5.4 Перелік визначених характеристик похибки вимірювальних каналів	96
5.5 Визначення характеристик похибки вимірювального каналу	96
5.5.1 Вимоги до вихідної інформації	96
5.5.2 Підготовка вхідних даних до експерименту	97
5.5.3 Підготовка програми до проведення експериментів	98
5.5.4 Послідовність визначення характеристик похибки вимірювального каналу	98
5.5.5 Оформлення результатів	100
Висновки за розділом 5	101
РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ	120

6.1 Аналіз шкідливих та небезпечних факторів, які впливають на людину при зборці та випробуваннях ГТД	103
6.2 Освітлення	106
6.3 Параметри мікроклімату	107
6.4 Вібрація.....	107
6.5 Шум	109
Висновки за розділом 6	110
ВИСНОВКИ	111
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	112

					13.ДР.123.4651.01.ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

МК – мікроконтролер;
ЕОМ – електронна обчислювальна машина;
СЕУ – суднова енергетична установка;
ГЕУ – головна енергетична установка;
ТС – технічний стан;
ФСЕ – функціонально самостійний елемент;
РКІ – рідкокристалічний індикатор;
АЦП – аналого-цифровий перетворювач;
АЛП – арифметико-логічний пристрій;
ЦПП – центральний процесорний пристрій;
ТЗ – технічне завдання;
ПЗ – програмне забезпечення;
ПК – персональний комп'ютер;
ГБ – головний блок;
ІЧ – інфрачервоний;
САПР – система автоматичного проектування;
ПП – печатна плата;
ВІС – вимірювальна інформаційна система;
НД – нормативний документ;
ВКС – вимірювальний канал системи;
ОК – обчислювальний компонент;
RISC – reduced instruction set computer;
JTAG – joint test action group;
IEEE – institute of electrical and electronics engineers;
USB – universal serial bus;
MIPS – million instructions per second;
PDIP – plastic dual in-line package;
TQFP – thin quad flat pack;

					13.ДР.123.4651.01.ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

SOIC – small-outline integrated circuit;
 TSOP – thin small-outline package
 TTL – transistor-transistor logic;
 MUX – multiplexer;
 ADC – analog-to-digital converter;
 TWI – two wire interface;
 SPI – serial peripheral interface;
 SRAM – static random access memory;
 CPU – central processing unit;
 ALU – arithmetic logic unit;
 EEPROM – electrically erasable programmable read-only memory;
 USART – universal synchronous/asynchronous receiver/transmitter;
 MCU – micro controller unit;
 CTRL – complementary transistor-resistor logic;
 GND – земля;
 VCC – питание 5 В;
 LCD – liquid crystal display;
 PCB – printed circuit board;
 PCAD - Personal Computer Aided Design.

					13.ДР.123.4651.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

ВСТУП

Виявлення масляного туману, широко використовується для раннього попередження аварій підшипників в дизельних двигунах, а також дає можливість судити про технічний стан двигуна. Противибуховий захист картера заснований на спостереженні за перегрівом шарнірних зв'язків або підшипників. Проблема вибухів в картерах є актуальною як для теплових двигунів, так і для механізмів різного призначення (редуктори, насоси, парові установки, компресори).

При високих температурах масло, яке використовується для змащення двигунів, виділяє пари. Останні при контакті з більш холодним повітрям при температурі близько 70°C в картері двигуна конденсуються, створюючи туман. Це може викликати перегрів і пошкодження підшипників колінчастого валу. Дія детектора масляного туману ґрунтується на тому, що оптична прозорість повітря обернено пропорційна щільності масляного туману.

У випускній роботі бакалавра розроблений мікроконтролерний детектор масляного туману. Дана система забезпечує: індикацію на РК-дисплеї значення концентрації масляного туману в картері двигуна; сигналізацію при перевищенні допустимого значення концентрації масляного туману; можливість відбору проб атмосфери картера з 8 різних місць з обчисленням середнього значення концентрації масляного туману; можливість завдання порогового значення концентрації масляного туману без програмування МК; самоконтроль і сигналізацію в разі різних несправностей. Для контролю проводиться відбір проб повітря в картері в повторювальній послідовності. Щільність туману в пробах, перевіряється при пропущенні повітря через вимірювальну камеру, яка містить в одному кінці джерело світла, а в іншому фотоелемент. Вихідний сигнал фотоелемента, значення якого пропорційне щільності масляного туману, порівнюється з уставкой. Якщо значення щільності туману перевищує уставку, формується сигнал про необхідність зниження частоти обертання двигуна і негайного з'ясування його технічного стану.

					13.ДР.123.4651.01.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

					13.ДР.123.4651.01.ПЗ.Р1		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ДІАГНОСТУВАННЯ СЕУ		
Розробив		Данильчук І.О.					
Керівник		Гайдай Г.Ю.					
Консульт.							
Н. контроль		Грешнов А.Ю.					
Зав. каф.					НУК ім. ам. Макарова		

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ДІАГНОСТУВАННЯ СЕУ

1.1 Загальні положення

Аналіз сучасних систем автоматичного управління головної енергетичної установки (ГЕУ) дозволяє виділити (рис. 1.1 [1]) функції управління, регулювання, контролю і діагностування. Загальним функціональною ознакою розглянутих процедур є їх здатність вирішувати задачі ідентифікації технічного стану ГЕУ і забезпечувати її управління і обслуговування. Їх принциповою відмінністю є те, що процедури контролю та захисту (групи I, III і IV) вирішуються системою централізованого контролю і автоматизовані, а реалізація процедур діагностування (групи V, VI і VII) покладається на оператора або ремонтну бригаду. Рішення маловивчених і складних завдань "вручну" нашкоджується на певні труднощі, що впливають, по-перше, з необхідності евристичної обробки великого обсягу інформації і, по-друге, з необхідності логічного аналізу складних взаємопов'язаних процесів. Значення зазначених чинників посилюється в умовах комплексної автоматизації ГЕУ і, в більшій мірі, швидкоплинність робочих процесів і небезпеки для ГЕУ і судна в цілому помилковою або запізнілою оцінки її технічного стану, що не дозволяє отримати можливий техніко-економічний ефект від автоматизації ГЕУ в цілому.

Ці обставини визначають завдання діагностування.

Перша група цих завдань пов'язана з розробкою методичних основ формалізації і подальшої автоматизації процедур пошуку причин порушення працездатності ГЕУ.

Друга група завдань впливає з необхідності здійснення безрозбірного визначення технічного перебування обладнання і прогнозування його зміни в процесі експлуатації. Їх розробка пов'язана, з одного боку, зі створенням інструментальних фізичних методів діагностування та спеціальної вимірювальної апаратури, а з іншого - з дослідженням питань

					13.ДР.123.4651.01.ПЗ.Р1	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

контролепридатності обладнання з метою оптимізації номенклатури спеціальних датчиків і алгоритмічного забезпечення процедур діагностування.

1.2 Системний аналіз ГЕУ

Якщо під технічним станом (ТС) ГЕУ розуміти сукупність її властивостей, що змінюються під час роботи, то для диференціації завдання діагностування необхідно виділити ті суттєві властивості об'єкта, які забезпечують його стійке функціонування і є в зв'язку з цією характеристикою ТС, а також знайти закономірність вимірювання цих властивостей і тим самим визначити види ТС, в яких може знаходитися суднова ЕУ.

Для досягнення поставленої перед системою мети першорядне значення мають структурні властивості. До тих пір поки вони постійні або змінюються незначно, система оптимально вирішує поставлені функціональні задачі. Ці властивості визначаються сукупністю елементів і зв'язків між ними, формуються при створенні системи і проявляються в процесі її роботи. Головна роль у формуванні будь-якої системи, а, отже, і в характеристиках її структурних властивостей належить міжелементні зв'язки, так саме вони надають системі цілісний характер і забезпечують взаємодію елементів. Виявлення виду зв'язку між елементами дозволяє диференціювати систему на ряд рівнів з однаковою природою зв'язку, знайти форму її прояву через вимірювані параметри, визначити характер зміни останніх і сформулювати завдання діагностування, властиві підсистемі одного рівня.

Залежно від рівня аналізу суднову ГЕУ можна поділити на три типи взаємопов'язаних підсистем, що розрізняються між собою елементним складом і міжелементними зв'язками. Підсистема першого рівня, тобто суднова ГЕУ в цілому, складається з агрегатів, апаратів, пристроїв і механізмів, в яких відбувається закінчений цикл перетворення і передачі енергії. Фізичною основою зв'язків між цими елементами ГЕУ є процеси перенесення робочого тіла. Ці зв'язки можуть бути названі енергетичними. Їх кількісною оцінкою є традиційно контрольовані параметри стану робочого тіла або середовища.

					13.ДР.123.4651.01.ПЗ.Р1	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

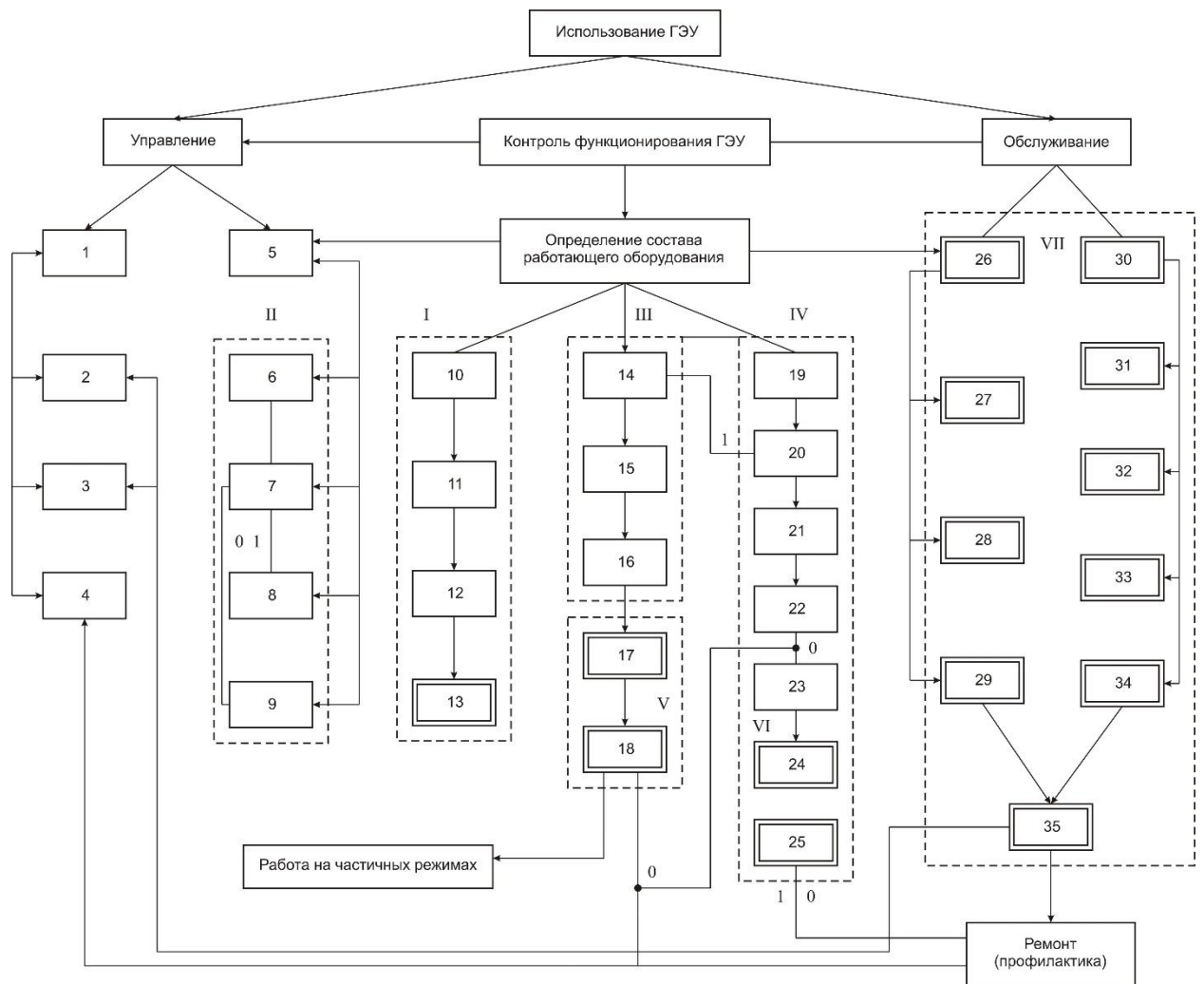


Рисунок 1.1 – Схема використання головної енергетичної установки:

1 - управління на кінцевих режимах; 2 - підготовка до дії; 3 - введення; 4 - висновок; 5 - управління в дії; 6 - відтворення уставок регуляторів; 7 - порівняння поточних значень параметрів з уставками; 8 - формування інформації про правильному функціонуванні; 9 - регулювання; 10 - безперервне вимірювання параметрів; 11 - виявлення тенденцій зміни параметрів; 12 - прогнозування зміни параметрів; 13 - прийняття рішення про управляючі впливи; 14 - відтворення уставок попереджувальної сигналізації (ПС); 15 - порівняння поточних значень теплотехнічних параметрів з уставками ПС; 16 - формування сигналу про вихід за уставку ПС; 17 - встановлення причини спрацювання ПС; 18 – прийняття рішення щодо подальшого використання ЕУ; 19 – відтворення уставок аварійної сигналізації (АС); 20 - порівняння поточних значень параметрів з уставками АС; 21 - формування сигналу про вихід за уставку АС; 22 -спрацювання засобів

аварійного захисту (А3); 23 - відтворення значень параметрів, що передують спрацювання А3; 24 - встановлення причини спрацювання А3; 25 - прийняття рішення щодо подальшого використання ЕУ; 26 - планово-попереджувальний огляд; 27 - якісна оцінка технічного стану за якісними показниками; 28 - визначення напрацювання устаткування; 29- прогнозування залишкового ресурсу за регламентом; 30 - дефектація; 31 - висновок обладнання з дії; 32 - часткова або повна розбирання обладнання; 33 - кількісна оцінка ТЗ шляхом вимірювання структурних параметрів; 34 - прогнозування ТС за даними дефектації; 35 - прийняття рішення щодо подальшого використання обладнання і ЕУ.

На другому рівні аналізу як самостійної підсистеми розглядається агрегат, пристрій або механізм. Елементом підсистеми цього рівня є деталь або вузол, а фізичною основою зв'язків слід вважати про процеси взаємодії деталей, визначається наявністю ступенів свободи. За своєю природою зв'язку між деталями є механічними. Вони типові для агрегатів, кінематичні пари котрих мають число ступенів свободи 1 і більше. Це повністю характеризує стан і рух деталей агрегатів і кількісно визначається узагальненою координатою механічної системи. Під нею розуміють кожен з незалежних один від одного параметрів, однозначно визначають відповідні їм положення деталей відносно нерухомої системи до ординат. Ці параметри називають структурними (зазор, міжцентровий проміжок, прогин і т.п.), і вони є до кількісного характеристикою механічних зв'язків.

На третьому рівні аналізу самостійною підсистемою буде елемент другого рівня - деталь або вузол, а їх структура характеризується молекулярну - зв'язками. Порушення цих зв'язків призводить до появи в конструкційному матеріалі деталей обладнання тріщин, ерозійних та корозійних пошкоджень і т.п., розміри яких можна також вважати структурним па параметром.

Таким чином, визначальним структурним властивістю, а отже, і кількісної характеристикою технічного стану судновий ГЕУ є: для підсистеми з енергетичними зв'язками - узагальнений структурний параметр θ_k ; для

					13.ДР.123.4651.01.ПЗ.Р1	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

підсистем з механічними і молекулярними зв'язками - структурні параметри S_i і S_j .

Фізична сутність параметрів θ_k , S_i , S_j однакова. Різниця полягає в тому, що θ_k включає в себе сукупність структурних параметрів і характеризує таким чином, структурні властивості об'єкта в цілому.

Якщо проаналізувати руйнівні фактори, які діють на обладнання в процесі експлуатації, легко прийти до цього ж висновку.

До руйнівних факторів відносяться: тривалі статичні навантаження, повторно-статичні навантаження, вібраційні навантаження, теплове деформаційне старіння матеріалів, радіаційне опромінення, корозія під напругою, корозійна втома.

В результаті дії всіх цих факторів інтенсифікуються процеси явищ втоми і зносу в елементів обладнання, що призводить до виникнення і розкриття тріщин, підвищення зносу деталей, що сполучаються і з $\neg$ трансформаційних змін геометрії проточних частин обладнання. Неконтрольований при експлуатації характер розвитку цих процесів створює враження раптові руйнування елементів обладнання або неприпустимого зміни його функціональних характеристик.

Таблиця 1.1 – Типова модель технічного стану роторного механізму

Вузол механізму	Характер дефекту	Структурні параметри
Опорні підшипники	Знос	Діаметральні зазори S_i
Завзятий підшипник	Знос	Осьовий зазор
Роторна система	Забруднення, засмічення, прогар і т.п.	Геометрія проточної частини, діаметральний зазор, невірноваженість (θ_j , $S_i + 2$, $S_i + 3$)
Ущільнення	Знос	Зазор $S_i + 4$ в ущільнюючій парі

Таким чином, шуканими структурними параметрами в діагностичній задачі обладнання ГЕУ є або мають стати показники, що характеризують знос поверхонь деталей і явища втоми в конструкційному матеріалі цих деталей. Цими показниками і є структурні параметри.

1.3 Моделі технічного стану ГЕУ і окремого обладнання

Технічний стан механізму визначається, якщо відомо значення кожного структурного параметра. Ці параметри повинні однозначно відповідати певним деталям обладнання. Таке завдання об'єкта називають моделлю його технічного стану. Остання може бути представлена в табличній формі, у вигляді n -мірного вектора технічного стану або в вигляді структурної схеми. Такі моделі для роторного, поршневого механізмів і теплообмінного апарату наведені відповідно в табл. 1.1-1.3 [1].

Таблиця 1.2 – Типова модель технічного стану поршневого механізму (характер дефекту - знос)

Вузол, деталь механізм	Структурні параметри
Поршень-втулка	Зазор S_1 між поршнем і втулкою
Перше компресіоне кільце	Зазор S_2 в замку
Кільце-поршень	Бічний зазор S_3 між першим компресійним кільцем і канавкою поршня
Головний підшипник	Діаметральний зазор S_4
Клапани	Тепловий зазор S_5
Мотильовий підшипник	Діаметральний зазор S_6
форсунка	Узагальнений параметр S_7

Таблиця 1.3 – Типова модель технічного стану теплообмінного апарату

Вузол апарату	Структурний параметр
Трубний пучок	Площа S_1 прохідного перетину осередненої труби, зайнята відкладеннями
Трубний пучок	Площа S_2 прохідного перетину першогоходу, зайнята закупореними трубами
Кришка – трубна решітка	Площа S_3 щілини між перегородкою і трубної ґратами
Трубний пучок	Площа S_4 щілини в місці з'єднання труб з трубними ґратами

При синтезі моделі технічного стану вирішують два основних питання: які вузли механізму підлягають діагностичному забезпеченню; які параметри в найкращій мірі характеризують зміну технічного стану цих вузлів.

Аналітичного вирішення цих завдань поки не існує. Для обґрунтованого призначення переліку вузлів механізмів, які підлягають діагностуванню, використовується статистичний матеріал з досвіду дефектації та ремонту обладнання. У цьому випадку коефіцієнт варіації ресурсу стає зручною формою порівняння ресурсних характеристик:

$$K_B = \frac{\sigma}{T_p}, \quad (1.1)$$

де $T_p = \sum_{j=1}^n T_{pj} \cdot n^{-1}$ – очікуваний ресурс вузла (T_{pj} – ресурс вузла в j -м механізмі до капітального ремонту; n – загальне число механізмів, які зазнали обстеження);

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (T_{pj} - \bar{T}_{pj})^2}{n-1}} \text{ – середньоквадратичне відхилення ресурсу вузла.}$$

При визначенні пріоритетності вузлів перше місце належить елементам з великими коефіцієнтами варіації ресурсу.

					13.ДР.123.4651.01.ПЗ.Р1	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

Обрана сукупність структурних параметрів повинна відповідати таким вимогам:

1) функціональна незалежність (кожен структурний параметр S_i може змінюватися незалежно від параметрів S_j), тобто не повинно існувати функції, яка дозволяла б однозначно визначати параметр S_j за відомими значеннями параметра S_i ;

2) зовнішні обмеження на зміну обраних структурних параметрів: їх компонентами можуть бути функціональні, технологічні обмеження, а також обмеження по довговічності і віброакустичним характеристиками.

У загальному випадку модель технічного стану обладнання може бути представлена сукупністю структурних параметрів у вигляді вектора технічного стану, заданого в n -вимірному просторі:

$$S(t) = S_1 i_1 + S_2 i_2 + S_3 i_3 + \dots + S_n i_n, \quad (1.2)$$

де $i_1, i_2, i_3, \dots, i_n$ – орт базису простору станів.

1.4 Умови працездатності ГЕУ

Модель технічного стану об'єкта діагностування включає кінцеве безліч значень сукупності структурних параметрів, які визначають два можливих підпростору працездатних і непрацездатних станів [10].

Для проведення площині їх розділу умова працездатності в загальному випадку:

$$S_i \leq S_{inpred}, \quad (1.3)$$

де S_i — структурний параметр, що входить в модель технічного стану об'єкта діагностування; S_{inpred} - граничне значення параметра S_i ;

Для значення граничних значень структурних параметрів можна рекомендувати використання системи названих вище обмежень. Тоді алфавіт технічного стану обладнання представляється у вигляді, показаному на рис. 1.2 [1].

					13.ДР.123.4651.01.ПЗ.Р1	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.5 Узагальнений показник технічного стану обладнання ГЕУ

Перевірка умов працездатності пов'язана з вимірюванням в певний момент часу t мінімізованої сукупності структурних параметрів S_i з порівнянням їх з гранично допустимими значеннями S_{inpred} .

Оскільки структурні параметри можуть вимірюватися в різних одиницях і змінюватися в різних діапазонах, зручно нормувати їх щодо граничного стану:

$$S_i^*(t) = \frac{S_{изм}(t) - S_{inpred}}{S_{инач} - S_{inpred}}, \quad (1.4)$$

де $S_{изм}(t)$ — значення параметра в момент діагностування; $S_{инач}$ - початкове значення параметра; S_{inpred} - граничне значення параметра.

Умовою працездатності об'єкта в цьому випадку буде $S_i^*(t) \geq 0$ для всіх $i = 1, 2, 3, \dots, n$.

У працездатного об'єкта величина, хоча б, одного структурного параметра дорівнює 0.

Такий підхід значно полегшує аналіз стану об'єкта за отриманими в результаті діагностування оцінками структурних параметрів і дозволяє висловити технічний стан окремого обладнання за допомогою одного узагальненого числового критерію.

Способи завдання узагальненого показника засновані на використанні комбінацій середнього геометричного і середнього арифметичного від числових характеристик функції технічного стану:

$$W[S(t)] = \frac{\sqrt[n]{\prod_{i=1}^n S_i^*}}{\sum_{i=1}^n a_i S_i^*}, \quad (1.5)$$

де a_i — вагові коефіцієнти.

Основний недолік цього виразу полягає в істотно нелінійному характері усереднення ступенів зносу вузлів. Універсальна формула узагальненого показника технічного стану має вигляд:

					13.ДР.123.4651.01.ПЗ.Р1	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$W[\bar{S}(t)] = \left(\frac{a_1}{S_1^*} + \frac{a_2}{S_2^*} + \frac{a_3}{S_3^*} + \dots + \frac{a_n}{S_n^*} \right)^{-1}. \quad (1.6)$$

Вираз (1.6) має наступні основні властивості:

1) у вихідному технічному стані об'єкта ($S_1^* = S_2^* = \dots = S_n^* = 1$)

$$W[\bar{S}(t)] = 1;$$

1) при досягненні граничного стану вузла (любий $S_i^* \rightarrow 0, k$ дорівнює 1,2,3,4,..., n)

$$W[\bar{S}(t)] \rightarrow 0;$$

2) для однакових ступенів зносу вузлів ($S_1^* = S_2^* = \dots = S_n^* = k$)

$$W[\bar{S}(t)] \leq 1;$$

4) вагоміший компонент S_i^* сильніше впливає на узагальнений показник технічного стану об'єкта;

5) безліч значень узагальненого показника є одиничним відрізком (0,1), тобто

$$0 \leq W[\bar{S}(t)] \leq 1. \quad (1.7)$$

Чудовим властивістю узагальненого показника є можливість його використання в задачах прогнозування, оскільки чисельне значення $W[\bar{S}(t)]$ в момент діагностування відповідає запасу працездатності об'єкта.

Однак в процесі реалізації узагальненого показника проблемним залишається питання призначення вагових коефіцієнтів a_i .

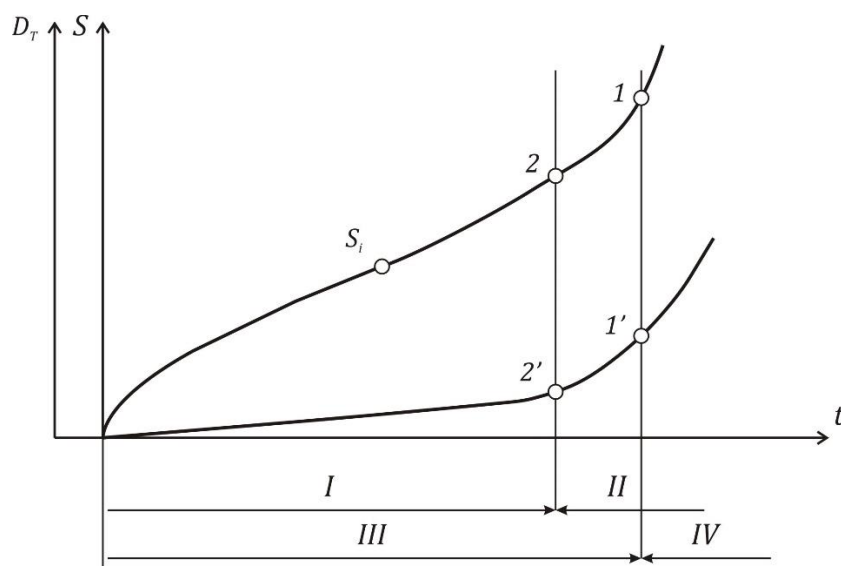


Рисунок 1.2 - Алфавіт ТС обладнання:

I - справний ТЗ; II - несправне ТС; III - працездатне ТЗ; IV - непрацездатний ТС; 1, 1' - граничне значення S_i і D_1 відповідно; 2, 2' - допустиме значення S_i і D_T відповідно (D_T - теплотехнічний параметр)

Відомий підхід до його вирішення полягає в призначенні вагових коефіцієнтів постійними на весь період експлуатації об'єкта, виходячи з апріорних умов, наприклад, за коефіцієнтом варіації ресурсу, часу заміни дефектних вузлів і т.п. Кращим є динамічний метод визначення вагових коефіцієнтів за ступенями зносу вузлів:

$$a_k = \frac{1}{1 + S_k^* \sum_{i=1}^n \frac{1}{S_i^*}}, \quad (1.8)$$

де $i \neq k$.

Коефіцієнти, обчислені по (1.8), задовольняють умові нормування $a_1 + a_2 + \dots + a_k + a_n = 1$.

Завдання вагових коефіцієнтів подібним чином дозволяє ранжувати і перерозподіляти їх значення відповідно до ступенями зносу діагностованих вузлів, посилюючи, таким чином, ефективність оцінки технічного стану.

Висновки за розділом 1

Основне призначення технологічної діагностики полягає в підвищенні експлуатаційної надійності об'єктів. Підвищення надійності забезпечується поліпшенням таких показників, як коефіцієнт готовності, коефіцієнт технічного використання, часу відновлення працездатності, напрацювання на відмову, а також ресурсу або строку служби [10]. Крім того, діагностичне забезпечення дозволяє отримувати достовірну інформацію про функціонування об'єктів.

					13.ДР.123.4651.01.ПЗ.Р1	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

					13.ДР.123.4651.01.ПЗ.Р2		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	МЕТОДИ ДІАГНОСТУВАННЯ СЕУ НУК ім. ам. Макарова		
Розробив	Данильчук І.О.						
Керівник	Гайдай Г.Ю.						
Консульт.							
Н. контроль	Грешнов А.Ю.						
Зав. каф.							

РОЗДІЛ 2. МЕТОДИ ДІАГНОСТУВАННЯ СЕУ

2.1 Діагностичні моделі ГЕУ

Об'єкт називають складним, якщо в його складі можна виділити ряд взаємозв'язаних підсистем, що мають самостійне значення. ГЕУ відноситься до числа особливо складних об'єктів, так як складається з великого числа функціонально-самостійних елементів - підсистем (ФСЕ), що послідовно здійснюють загальний цикл перетворення енергії палива в механічну роботу. Тут і надалі до ФСЕ будемо відносити окреме обладнання ГЕУ, в якому відбувається закінчений цикл перетворення або передачі енергії [2].

Незважаючи на різноманітність ФСЕ як за призначенням, так і по конструктивному виконанню, загальною ознакою для них є те, що їх взаємодія здійснюється через робоче тіло, контрольовані параметри якого є кількісна міра їх функціональних властивостей. Ця обставина служить підставою для подання ФСЕ в вигляді "чорного ящика", яке характеризується чотирма групами змінних:

$U(t)$, $Y(t)$ - вхідні і вихідні змінні, що визначають стан робочого тіла на вході і виході ФСЕ;

$\theta[S_1(t), \dots, S_n(t)]$ — внутрішні змінні або структурні параметри, сукупність яких визначає технічний стан ФСЕ; $\Phi(t)$ — змінні, що характеризують фізичні поля, супутні роботі ФСЕ.

У кожен момент часу ФСЕ можуть бути описані рівняннями виду:

$$\begin{aligned} Y(t) &= f_1[S(t), V(t)]; \\ \Phi(t) &= f_2[S(t), V(t)] \end{aligned} \quad (2.1)$$

При відомих $Y(t)$, $V(t)$ і $\Phi(t)$ визначається вектор технічного стану $S(t)$. Ця процедура, будучи здійснена без розбирання і демонтажу ФСЕ, і становить сутність діагностування, а рівняння є загальним видом діагностичної моделі.

Для ГЕУ, яка складається з більшого числа механізмів і апаратів, пов'язаних робочим циклом, ця система рівнянь навіть в неявному вигляді є складною і громіздкою.

					13.ДР.123.4651.01.ПЗ.Р2	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При розробці діагностичної моделі складного об'єкта завдання полягає, перш за все, в підборі математичного апарату, що враховує все різноманіття різних по фізичній природі зв'язків між елементами установки і вузлами обладнання. Жодна з відомих математичних моделей установки не враховує зміни внутрішніх змінних, що характеризують технічний стан обладнання. Ці змінні входять в рівняння або в формі постійних коефіцієнтів, або взагалі явно не виражені.

Принципово важливим наслідком системного підходу до аналізу ГЕУ є те, що з'являється можливість синтезу загальної діагностичної моделі ГЕУ і системи приватних моделей, функціонально підпорядкованих загальній моделі. При цьому характер і область зміни теплотехнічних параметрів дозволяють представити їх зміни у вигляді одиничної функції Хевісайда (рис. 1.2):

$$D_T(1)(t - \tau) = \begin{cases} 1 \text{ при } t < \tau; \\ 0 \text{ при } t > \tau. \end{cases} \quad (2.2)$$

Тоді похідна контрольованих параметрів по τ дорівнює нулю $\left(\frac{dD_{Ti}}{d\tau} = 0 \right)$.

Рівняння моделі установки записуються в формі алгебраїчних рівнянь зв'язку вхідних і вихідних параметрів, що дозволяє мінімізувати їх число і після заміни коефіцієнтів і параметрів, характеризують геометричні розміри елементів обладнання на θ_i , написати вихідну функцію кожного елемента у вигляді логічного рівняння:

$$D_{Ti} = F_{\text{лог}}[\{D_T, x\}, \theta] \quad (2.3)$$

де x — вхідні параметри i -го елемента — та з боку зовнішнього середовища.

Система таких рівнянь і є описом ГЕУ верхнього рівня. Вирішення цієї системи щодо θ_i створює інженерно-технічні передумови автоматизації процедури пошуку причин порушення працездатності ГЕУ (ППНР), тобто групи завдань верхнього рівня (рис. 1.1).

Таким чином, логічний метод діагностування може бути застосований до безперервного об'єкту з локалізацією несправності до функціонально самостійного елемента ГЕУ. Це істотно спрощує числове рішення діагностичної

					13.ДР.123.4651.01.ПЗ.Р2	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

моделі, так як прикладні питання застосування алгебри Буля досить добре розроблені. Такий підхід дозволяє відмовитися від складних громіздких моделей ГЕУ на базі диференціальних рівнянь і отримати результат більш простим способом, тим більше що він добре узгоджується з традиційною системою централізованого контролю "в допуску - не в допуску" і є, по суті, її розвитком, так як дозволяє встановити не тільки факт і порушення працездатності ГЕУ, але і визначати ФСЕ, які з'явилися причиною цього, але не більше.

Отримати аналітичне рішення діагностичного завдання другого і третього рівнів не вдається.

Перше питання, на яке слід відповісти при вирішенні цього завдання, складається у визначенні діагностичних можливостей традиційно контрольованих в процесі експлуатації параметрів і їх похідних (тиск, температура робочого тіла, потужність, частота обертання і т.д.). Очевидний зв'язок цих параметрів зі структурними параметрами, що визначають геометрію проточної частини обладнання. Однак технічний стан опорних і передавальних ланок, наявність закритих тріщин в деталях обладнання мало або зовсім не впливає на характеристики робочого процесу. Як приклад проаналізуємо дисипативну функцію відцентрового насоса:

$$R(t) = N_0 - N_{п.г.}, \quad (2.4)$$

де $N_0 = M\omega$ — підводиться до насоса потужність (M — момент на валу; ω — кутова швидкість ротора); $N_{п.г.} = EQ$ - корисна гідравлічна потужність (E — натиск; Q - подача).

При допущенні $N_0 = const$ маємо:

$$\Delta R(t) = \Delta N_{п.г.},$$

де $\Delta R(t)$ — приріст дисипативної функції.

Збільшення дисипативної функції призводить до зниження напірної характеристики. Враховуючи що $\Delta R(t) = \sum \Delta N_j(S_j)$, де $\Delta N_j(S_j)$ — зміна втрат потужності в j -му вузлі в процесі експлуатації насоса, для визначення діагностичних можливостей теплотехнічних параметрів оцінимо втрати

					13.ДР.123.4651.01.ПЗ.Р2	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

потужності в вузлах в залежності від зміни діаметрального зазору S_1 підшипника кочення, та зазору S_2 в парі кінцевого ущільнення ротора. Розподілу втрат потужності, пов'язані зі зміною зазначених змінних ТС, по окремих вузлах насосу виглядають наступним чином:

$\Delta N_1(S_{1нач}) \leq 0,08\% N_0$; $\Delta N_1(S_{1пред}) \leq 0,7\% N_0$ - втрати потужності на тертя і мастило в підшипнику ковзання;

$\Delta N_2(S_{2нач}) \approx \Delta N_2(S_{2пред}) \leq 0,16\%$ - втрати потужності на тертя в підшипнику кочення;

$\Delta N_3(S_{3нач}) \approx \Delta N_3(S_{3пред}) \leq 0,08\%$ - втрати потужності на тертя і витік рідини через кінцеве ущільнення ротора.

Наведений приклад показує не істотність зв'язку функціональних характеристик об'єкта зі змінними ТС його опорних ланок. Тріщина в деталях обладнання виявляється за допомогою параметрів робочого процесу тільки після її розкриття.

Все це дозволяє розглядати дві групи структурних параметрів: I - структурні параметри, що характеризують технічний стан (ТС) елементів проточної частини обладнання; II - структурні параметри, що характеризують ТС опорних і передавальних ланок обладнання, і відповідно зробити висновок, що діагностичні можливості теплотехнічних параметрів обмежуються ідентифікацією ТС елементів обладнання, що контактують з робочим тілом. Характер зміни цих параметрів описується одиничною функцією Хевісайда і практично не дозволяє диференціювати по елементам - деталям проточної частини.

Загальна постановка непрямого вимірювання структурних параметрів другої групи зводиться до аналізу параметрів фізичних полів, супутніх роботі устаткування і є наслідком взаємодії деталей і вузлів. До числа цих полів відносять теплове, віброакустичне, електромагнітне, напруги і ін [2]. Відповідно до цього розрізняють наступні методи діагностування, в тому числі ідентифікуючі тріщини в конструкційному матеріалі (III рівень аналізу).

					13.ДР.123.4651.01.ПЗ.Р2	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2 Термометричний метод

Реалізація термометричного методу припускає наявність функціонального зв'язку між зміною температури в деякій точці деталі і зміною структурного параметра. У загальному випадку теоретична оцінка точності зв'язку скрутна, але кількісне визначення її можливе при постановці експерименту. Відомі дані дозволяють зробити висновок про монотонні зміни температури і практично лінійного зв'язку її зі структурним параметром. Типовий вимірювальний канал по τ казан на рис. 2.1. В якості первинного перетворювача (датчика) можуть бути застосовані малоінерційні термопари або резистивні перетворювачі. Перевага тому чи іншому датчику віддається при аналізі умов їх розміщення і вимог до точності і швидкодії.

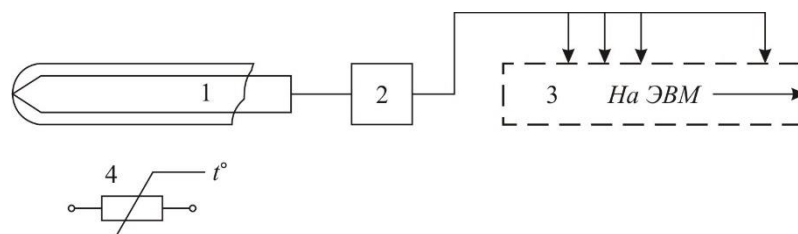


Рисунок 2.1 - Термометричний вимірювальний тракт:

1 - термопара; 2 - підсилювач; 3 - демонстраційні прилади; 4 - термоопір

2.3 Електромагнітний метод

Електромагнітний метод заснований на безконтактному вимірюванні щодо відповідності зсувів будь-яких металевих феромагнітних поверхонь. Амплітуди вихідних сигналів електромагнітних датчиків, встановлених безпосередньо або поблизу сполучення, що зношується, зіставляються зі структурними параметрами. Електромагнітні датчики об'єднують чотири типи перетворювачів: індуктивні, трансформаторні, магнітопружні і індукційні. Для цих перетворювачів характерно використання залежності характеристик магнітного ланцюга (магнітного опору R_M , магнітної проникності μ , магнітного потоку Φ та ін.) при механічному впливі на елементи цього ланцюга. Конструкції і схеми включення індуктивних перетворювачів наведені

на рис. 2.2. Ці датчики повинні знайти широке застосування в майбутніх системах діагностики, так як вони особливо чутливі при малих зазорах (діапазон вимірювань переміщень становить 0,01 - 2 мм). У цьому діапазоні характеристика перетворювача близька до лінійної.

На відміну від індуктивних, індукційні перетворювачі відносяться до розряду генераторних перетворювачів, так як при впливі вхідний величини вони здатні генерувати електричну енергію.

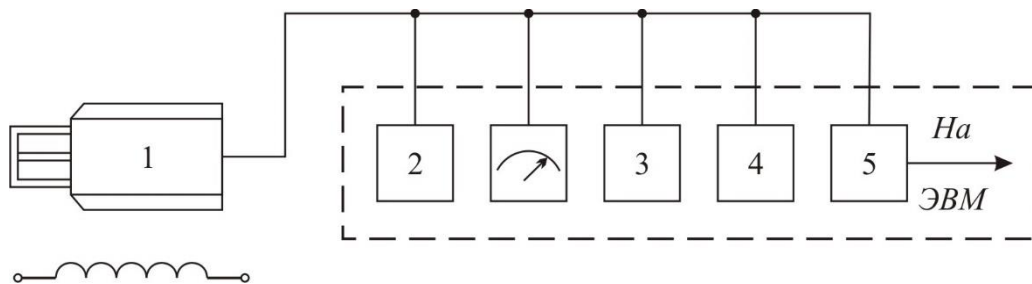


Рисунок 2. 2 - Вимірювальний канал електромагнітного методу
діагностування:

1 - індуктивний (струмовихровий) датчик; 2 - підсилювач; 3 – осцилограф;
4 - самописець; 5 - перетворювач сигнал - код

В індукційних перетворювачах для перетворення механічних переміщень в електричний сигнал використовується наведення ЕРС в електричному контурі, в якому змінюється магнітний потік. Індукована в котушці ЕРС:

$$e = -w \frac{d\Phi}{dt},$$

де e — миттєве значення ЕРС; w - число витків котушки; Φ - магнітний потік.

Наводиться ЕРС залежить не від абсолютного значення магнітного потоку, а від швидкості його зміни всередині контуру. Тому індукційні перетворювачі можуть застосовуватися безпосередньо тільки для вимірювання швидкості переміщень.

2.4 Віброакустичний метод

Наслідком динамічної взаємодії деталей та інших причин в механізмі виникають пружні коливання, які при поширенні від місця їх зародження зазнають перетворення, такі, як фільтрація, модуляція і т.п. Віброакустичний метод діагностування заснований на припущенні про зворотню функціональну залежність між структурними параметрами і параметром поля вібрації. Причому структурні параметри повинні впливати на віброактивність механізму, в іншому випадку їх зміни не можуть відбитися на сигналі вібрації і бути вимірюваними акустичним способом.

Датчики вібрації, встановлені на, працюючий механізм, сприймають складні результуючі сигнали, характеристики яких в загальному випадку залежать від структурних параметрів:

$$A_i = f_i(S_1, S_2, \dots, S_n),$$

де діагностичні параметри A_i вважаються відомими, так як можуть бути виміряні, а структурні параметри S_j визначаються. Вид функції f_i вдається отримати аналітичним шляхом при наявності припущень в деяких простих випадках. Складність полягає: 1) в різноманітті типів поверхонь, що коливаються (рами, балки, пластини, оболонки), що мають різні умови закріплення; 2) у великій кількості джерел вібрації; 3) в величині і формі імпульсів опору; 4) в розмаїтті шляхів і видів хвиль пружних коливань, що поширюються по елементах конструкції механізму. Тому процес коливань в локальній точці механізму, де встановлено датчик вібрації – акселерометр, є багатофакторним з наявністю великого числа перешкод, які ускладнюють отримання інформації в прийнятому сигналі. Найбільшу трудність в постановці віброакустичного діагностування являє пошук діагностичних параметрів у вібросигналі. В якості діагностичних параметрів використовуються різноманітні характеристики сигналу. В основному вони пов'язані зі спектрально-кореляційними властивостями вібрацій механізмів.

Якщо спектри сигналів, випромінюваних кожним вузлом обладнання, повністю не перекриваються, то, використовуючи смугові фільтри, можна звільнити сигнал вузла від спотворюючих коливань. При звуженні смуги сигналу шляхом фільтрації зменшується розмірність сигналу, а значить, і його інформаційна ємність. Тому, якщо частина спектра сигналу вузла, на яку не накладають спектри сигналів від інших вузлів, вузька, то відфільтрований сигнал може виявитися непридатним для вирішення поставленого діагностичної задачі. Якщо спектри сигналів вузлів механізму повністю перекриваються, то розділити їх за допомогою фільтрації взагалі неможливо.

Для поршневих механізмів сигнали, що виробляються різними вузлами, рознесені в часі. Шляхом стробування в сигналі можна виділити тільки потрібну частину процесу, а інші придушити. Таке стробування здійснюється за допомогою спеціальних пристроїв.

2.5 Тензометричний метод

Тензометричний метод передбачається існуванням залежності між деформацією вузла і структурними параметрами деталі. Залежність проявляється в процесі функціонування механізму і вимірюється за допомогою тензометричного перетворювача. Не дивлячись на малу деформацію і відносно невеликі зміни в залежності від структурних параметрів, спостерігається лінійний зв'язок між деформацією і структурним параметром.

Для вимірювання деформацій використовуються дрові, фольгові і напівпровідникові тензорезистори. Застосовуються в основному дві схеми вимірювань - потенціометрична і мостова (рис. 2.3). Істотним недоліком потенціометричної схеми є наявність на виході схеми значної постійної складової U , що ускладнює безпосереднє вимірювання напруги ΔU . У цьому сенсі мостова схема є більш досконалою. Для виключення початкової постійної складової міст повинен бути у рівновазі. Умовою рівноваги є співвідношення $R_1 R_4 = R_2 R_3$. При виконанні цієї умови різниця потенціалів на вершинах вимірювального діапазону дорівнює нулю.

					13.ДР.123.4651.01.ПЗ.Р2	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

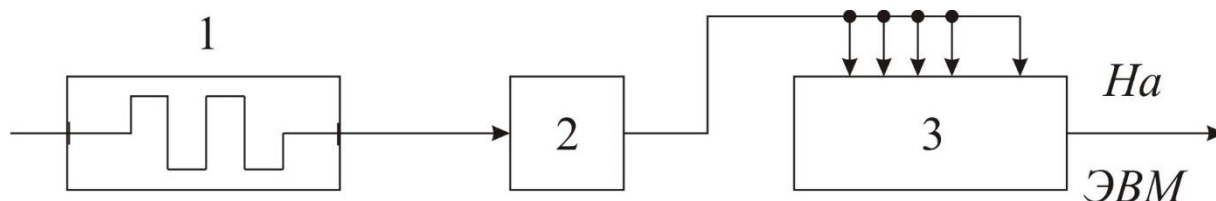


Рисунок 2.3 - Вимірювальний канал тензометричного методу діагностування:

1 - тензодатчик; 2 - тензопідсилювач; 3 - демонстраційні прилади

2.6 Акустична емісія

Дія комплексу руйнуючих факторів "озвучує" потенційні джерела акустичної емісії (АЕ), які завжди є в конструкційному матеріалі об'єкта діагностування. Одні з них носять потенційно небезпечний характер і переходять у тріщину, інші - ні. Використання АЕ-методу діагностування обмежується в даний час практикою спеціальних лабораторних або стендових випробувань. Однією з причин, що $\neg$ перешкоджає широкому впровадженню даного методу в експлуатацію, є відсутність ефективних способів обробки реєстрованої інформації, що дозволяє знаходити аналітичні вирази, що описують процеси руйнування і створення на їх основі практичних застосовних методів діагностування. Дане питання є головним у вирішенні проблеми застосування АЕ - діагностування, оскільки розвиток процесів руйнування відбувається на значних часових інтервалах, що обчислюються іноді тисячами годин.

Типовий вимірювальний тракт (рис. 2.4 [2]), який реалізує АЕ-метод, містить блок I первинних перетворювачів (датчиків АЕ) і підсилювачів, блок II аналогової обробки сигналів, блок III аналого-цифрового перетворення, блок IV обчислювальних пристроїв і панелі блока V індикації технічного стану обладнання, що діагностується.

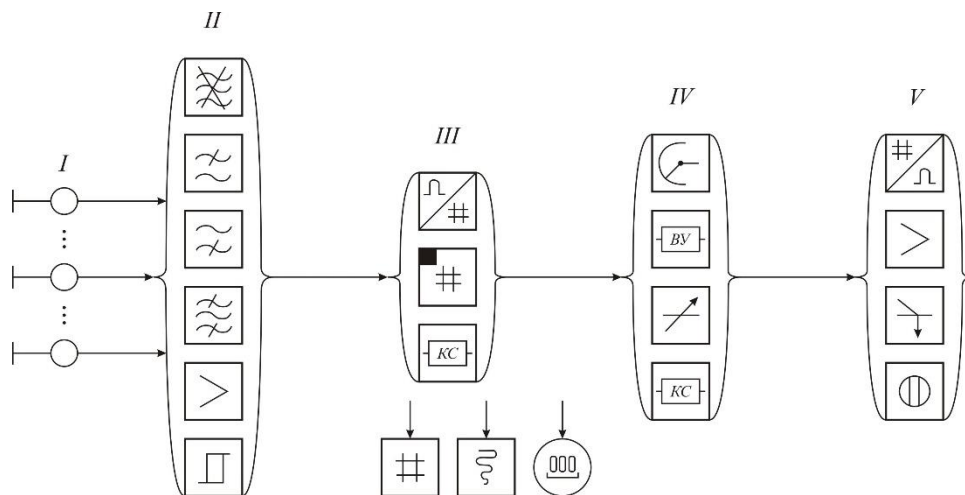


Рисунок 2.4 - Структурна схема АЕ - підсистеми діагностування

Блок датчиків і попередніх підсилювачів перетворює механічні коливання поверхні деталі, викликані розвитком дефекту, в електричні сигнали і підсилює до величини, достатньої для забезпечення роботи блоку аналогової обробки сигналів.

Блок аналогової обробки сигналів виконує функції виділення сигналів АЕ на тлі перешкод і їх дискримінацію за амплітудною ознакою, що дозволяє практично виключити вплив безперервних стаціонарних шумових сигналів.

Блок аналого-цифрового перетворювання трансформує сигнали АЕ в цифровий код і направляє їх у пристрій, де вони зберігаються до надходження команди виведення з комутатора блоку обчислювальних пристроїв.

Блок обчислювальних пристроїв обробляє інформацію за спеціальним алгоритмом і видає рішення про технічний стан обладнання.

2.7 Метод резонансних коливань

Структурні зміни конструкційного матеріалу ряду елементів турбомашин призводять до появи і розвитку втомних тріщин. Типовим прикладом є дефекти робочих лопаток турбомашин. Для ідентифікації цих дефектів необхідні такі методи діагностування, які забезпечують досить частий контроль технічного стану лопаток під експлуатації, високу чутливість виявлення докритичного

розміру тріщини і допускають максимальну ступінь автоматизації з приміненням швидкодіючих засобів обробки інформації.

Процес розвитку втомної тріщини включає дві стадії: зародження і поступовий розвиток тріщини, миттєве руйнування (обрив) лопатки .

Можливо розрахувати критичний розрив тріщини, відповідний запасам міцності лопаток. Він становить $\sim 40\%$ вихідної площі пошкодженого перетину. Це ґрунтовно дозволяє зробити висновок, що сукупність власних частот коливань лопатки, які визначаються її жорсткістю, в процесі розвитку тріщини суттєво змінюється; вона може бути обрана в якості діагностичного параметра. Лопатки, як і будь-яке тверде тіло, має коливальну систему, що володіє рядом форм вільних коливань, власні частоти яких залежать від змін структурної цілісності лопатки. Якщо прийняти в якості показників технічного стану лопатки розмір і місце розташування тріщини, а як ознака його зміни сукупність власних частот коливань, то встановлена взаємна відповідність між ними буде являти собою діагностичну модель лопатки.

Безпосереднє вимірювання власних частот лопаток під час роботи турбомашини неможливо, так як вони коливаються під впливом змущених сил. Однак при збігу останніх при певній кратності k з частотою обертання ротора n на резонансному спектрі $A(n)$ спостерігаються піки, положення яких пов'язане з власними частотами коливань лопаток відповідно до резонансних діаграм (рис. 2.5). Оскільки $F_0 = kn_0$ - еталонне значення, $F_1 = kn_1$ - діагностується, то :

$$\bar{F} = \frac{F_0 - F_1}{F_0} = \frac{kn_0 - kn_1}{kn_0} = \bar{n}_0.$$

Якщо обозначити $\frac{F_1}{F_0} = \alpha < 1$, то $n_1 = \alpha n_0$. Останній вираз дозволяє використовувати в якості показника зміни відносного зсуву резонансних піків вздовж осі частот обертання і називати метод діагностування методом резонансних коливань.

Разом з тим вимірювання параметрів коливань робочих лопаток турбомашин є складним технічним завданням. З відомих методів безконтактного

					13.ДР.123.4651.01.ПЗ.Р2	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вимірювання перевагу можна віддати дискретно-фазовому, який розроблено А.А. Равіним і заснований на вимірюванні часових інтервалів від датчиків, закріплених на корпусі турбомашин, які видають їм імпульси при проходженні повз них, кінців лопаток і міток [2] . Датчики індуктивного типу відрізняються малими габаритами і високою надійністю, а роль міток виконує зубчастий обід, який кінематично пов'язаний з діагностованим ротором.

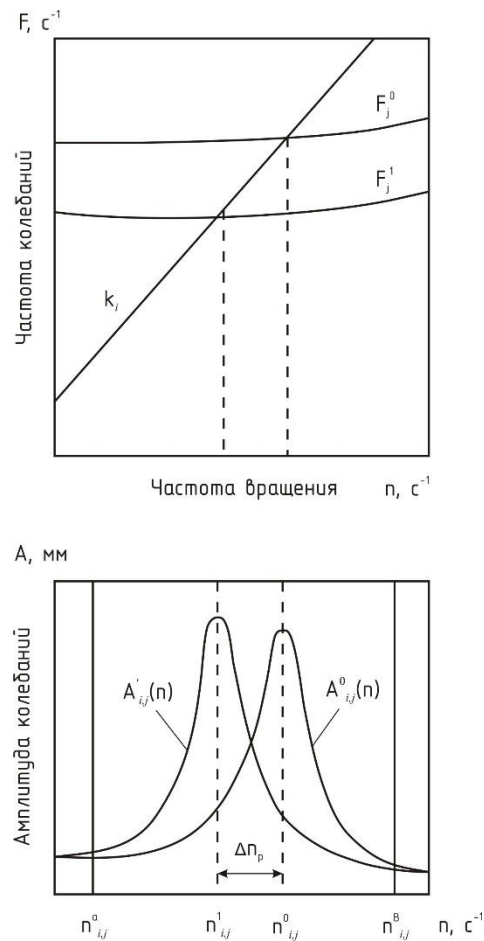


Рисунок 2. 5 - Резонансна діаграма:

F_j° - еталонне значення частоти коливань лопатки; F_j' - значення частоти коливань лопатки, що діагностується; k_i - кратність збігів частоти коливань вимушених сил з частотою обертання ротора; $A_{ij}^\circ(n)$ - еталонне значення амплітуди коливань лопатки; A_{ij}' - значення амплітуди

коливань лопатки, що діагностується; n - частота обертання ротора; Δn_p - відносний зсув резонансних піків

Типова схема вимірювального тракту показана на рис. 2.6. Основними його компонентами є процесор, блоки попередньої обробки сигналів і датчики [2]. Останні необхідно встановити на корпусі турбомашини в перетинах контрольованих вінців. Загальне число безконтактних датчиків :

$$N = \sum_{i=1}^m (2n_m + 2),$$

де m - число контрольованих роторів; n_m - число контрольованих вінців зразків на роторі.

Крім того, на контрольованому роторі закріплюється спеціальний лічильник, виконаний у вигляді зубчастого обода або набору штирькових міток.

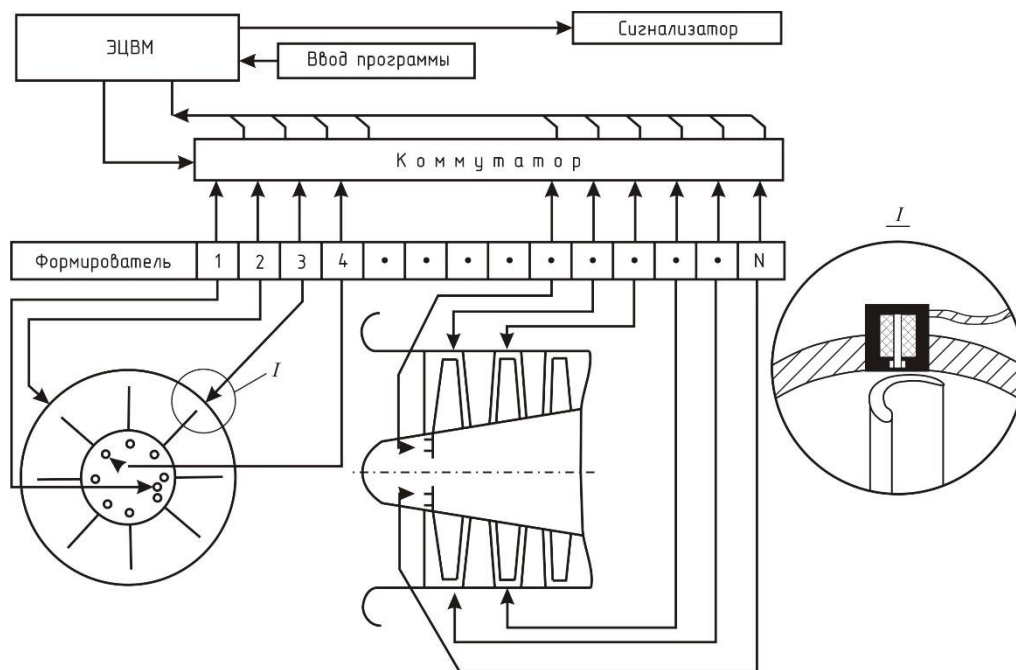


Рисунок 2. 6 - Схема вимірювального тракту, що реалізує метод резонансних коливань

2.8 Метод спектрального аналізу масла

Метод спектрального аналізу масла застосовується для контролю технічного стану поршневого або роторного механізму та полягає в тому, що періодично, в моменти між доливками масла, вимірюють концентрацію продуктів зносу деталей, що труться, що містяться в олії мастильної системи двигуна, визначають кількість масла, долитого в систему після останнього відбору проби, проводять обробку результатів, порівнюють результат з критерієм і за результатами порівняння визначають показник технічного стану двигуна, вимірюють концентрацію продуктів зносу деталей, що труться, що містяться в пробах відпрацьованого масла, відібраних щонайменше в двох точках мастильної системи; в якості критерію визначають критичне значення концентрації даного продукту зносу :

$$k_{j\text{кр}}^{\text{mod}} = \frac{\sum_{i=1}^n \xi_{ji}^{\text{mod}}}{G_{\Phi} + Q_{\text{д}}},$$

де $k_{j\text{кр}}^{\text{mod}}$ - критичне значення концентрації j -го хімічного елемента в мастилі дизеля певного типу mod , г/ч; ξ_{ji}^{mod} - інтенсивність надходження j -го хімічного елемента від i -ї деталі дизеля певного типу mod , причому :

$$\xi_{ji}^{\text{mod}} = \sum_{i=1}^n v_i S_i p_{ji} \gamma_j$$

(v_i - розрахункова швидкість зношування i -ї деталі, мм / год; S_i - площа бічної поверхні i -ї деталі, мм²; γ_j - щільність j -го хімічного елемента, г / мм³; p_{ji} - процентний вміст j -го хімічного елемента в i -ї деталі, %; mod - індекс двигуна певного типу; n - число деталей, що містять j -й хімічний елемент); G_{Φ} - поточна інтенсивність фільтрації, г / ч;

$$G_{\Phi} = \frac{(k_{1j} - k_{2j})}{k_{1j}} Q_m$$

					13.ДР.123.4651.01.ПЗ.Р2	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

(k_{1j}, k_{2j} — концентрації j -го хімічного елемента в мастильній системі двигуна до і після фільтра відповідного, г / ч; Q_m - подача насоса, г / ч); Q_d - поточна інтенсивність доливання масла, г / ч;

$$Q_d = \frac{\xi_d}{\Delta t},$$

ξ_d - інтенсивність доливання масла в проміжок часу між поточними відбираннями проб масла, г; Δt - періодичність відбору проб масла, ч).

Показник технічного стану двигуна в цілому

$$h[k(t)] = \frac{\sqrt{\prod_{j=1}^m |k_{1j} - k_{j\text{кр}}^{\text{mod}}| |k_{0j} - k_{1j}|}}{\sum_{j=1}^m A_j |k_{1j} - k_{j\text{кр}}^{\text{mod}}| \prod_{j=1}^m |k_{0j} - k_{1j}|},$$

де k_{0j} - концентрація j -го хімічного елемента в чистому мастилі, г / ч; k_{1j} - концентрація j -го елемента в мастилі дизеля, певна в пробі масла, відібраної до фільтра, г / ч; A_j - ваговий коефіцієнт; m - кількість хімічних елементів, що визначаються в пробі масла.

На рис. 2. 7 представлена схема пристрою, що дозволяє здійснити розгляд методу.

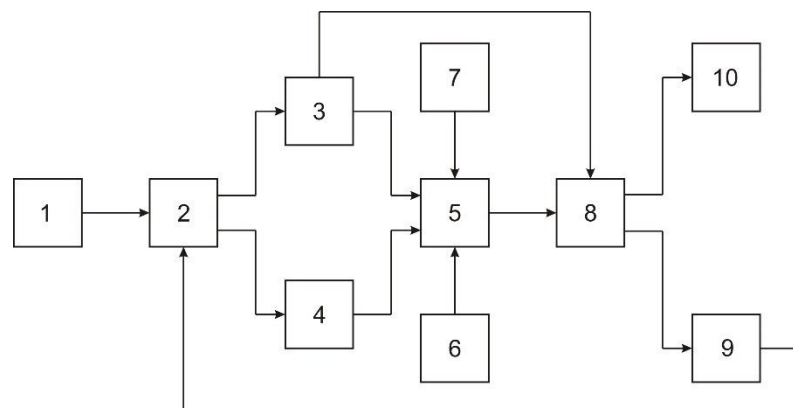


Рисунок 2. 7 - Схема пристрою для реалізації методу спектрального аналізу масла

Схема пристрою складається з блоку 1 оптимізації періодичності відбору проб масла, реле часу 2, датчиків концентрації 3 і 4, блоку корекції 5, датчика 6 кількості масла, блоку 7 статистичної обробки даних, блоку порівняння 8, блоку 9 кількісної оцінки технічного стану (ТС) двигуна, блоку сигналізації 10. При цьому блок 1 оптимізації періодичності відбору проб пов'язаний з реле часу 2, керуючі сигнали від якого подаються на датчики 3 і 4 концентрацій продуктів зносу. Вироблені ними сигнали, а також сигнали з датчика 6 кількості масла подаються в блок корекції 5; одночасно з цим в цей блок надходять сигнали з блоку 7 статистичної обробки даних. Отримані сигнали, пропорційні концентраціям хімічних елементів, що входять в продукти зносу, з блоків 3 і 4 і відкориговані порогові значення цих величин з блоку 5 поступають в блок порівняння 8, який з'єднує з блоком сигналізації 10 і блоком 9 кількісної оцінки ТС, котрий, в свою чергу, пов'язаний з реле часу 2.

2.9 Области застосування типових методів технічного діагностування

У табл. 2.1 наведені рекомендовані області застосування типових методів технічного діагностування.

При використанні названих вище фізичних методів діагностування необхідно визначити коефіцієнти зв'язку між структурними і вимірювальними діагностичними параметрами. Теоретичний і експериментальний аналіз фізичних методів діагностування показує, що в більшості випадків функція зв'язку монотонна, має незначну нелінійність і може бути апроксимована поліномом першого ступеня :

$$D_i = b_{i0} + b_{i1}S_i + b_{ij}S_j + \dots + b_{in}S_n, \quad (2.5)$$

де D_i — діагностичний параметр; b - коефіцієнт регресії;

$i=1,2, 3 \dots, n; j=1,2,3 \dots, m.$

Рівняння (2.5) описує загальний випадок, коли вимірювані параметри фізичних полів в тій чи іншій мірі залежать від багатьох параметрів . У

					13.ДР.123.4651.01.ПЗ.Р2	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

практичних випадках краще прагнути до того, щоб знайти істотні і однозначні зв'язки між ними, тобто :

$$D_i = a_{ij} + b_{ij}S_{ij}. \quad (2.6)$$

Діагностична модель ФСЕ може бути задана в табличній формі. Така необхідність виникає при виконанні, наприклад, логічного методу діагностування.

Таблиця 2.1 - Рекомендовані області застосування типових методів технічного діагностування

Метод технічного діагностування	Первинний перетворювач (датчик)	Область застосування методів
Логічний	датчик тиску, температура, витрати робочого середовища	Автоматизація завдань пошуку причин порушення працездатності ЕУ
Електромагнітний	індуктивний (струмів Ревою)	Вимірювання зазорів, прогинів, зсувів, швидкостей обертання
Віброакустичний	акселерометр	Вимірювання зазорів, вібросміщення, дизбалансу
Тензометричний	тензодатчик	Вимірювання зазорів, тріщин в конструкційному матеріалі
Метод резонансних коливань	індукційний	Визначення тріщин в робочих лопатках турбомашин, частоти обертання роторів
Термометричний	термопара (термоопір)	Визначення зазорів, відколів та інших дефектів в вузлах тертя
Метод акустичної емісії	п'єзо - перетворювач	Визначення тріщин в корпусних конструкціях
Спектральний аналіз масла	аналізатор спектра в маслі	Визначення зносу поверхонь деталей, що труться
Ферографія	ферограф	теж

Висновки за розділом 2

Незважаючи на різноманітність ФСЕ як за призначенням, так і по конструктивному виконанню, загальною ознакою для них є те, що їх взаємодія здійснюється через робоче тіло, контрольні параметри якого є кількісна міра їх функціональних властивостей.

У цьому розділі були розглянуті наступні типові методи діагностування :

1. Термодинамічний метод.
2. Електромагнітний метод.
3. Віброакустичний метод.
4. Тензометричний метод.
5. Метод акустичної емісії.
6. Метод резонансних коливань.
7. Метод спектрального аналізу масла.

					13.ДР.123.4651.01.ПЗ.Р2	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

					13.ДР.123.4651.01.ПЗ.РЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив	Данильчук І.О.				РОЗРОБКА МІКРОКОНТРОЛЕРНОГО ДЕТЕКТОРА МАСЛЯНОГО ТУМАНА	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник	Гайдай Г.Ю.							
Консульт.						НУК ім. ам. Макарова		
Н. контроль	Грешнов А.Ю.							
Зав. каф.								

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА МІКРОКОНТРОЛЕРНОГО ДЕТЕКТОРА МАСЛЯНОГО ТУМАНА

3.1 Розробка і опис структурної схеми

3.1.1 Призначення системи

Розроблюваний мікроконтролерний детектор масляного туману дозволяє встановити допустиму концентрацію масляних парів в картері дизеля (наприклад, при нагріванні підшипників) і за допомогою прийняття відповідних заходів уникнути аварії двигуна.

3.1.2 Принцип дії

Якщо масло, яке подається для змащення двигунів, перегріється, то виникає суміш з масляного випаровування і диму, яку називають масляним туманом. Можна враховувати туманні утворення, як в окремій секції, так і в усьому обсязі картера. Частина масляного туману поглинається розбризкує маслом, решта становить істотну частку атмосфери картера.

Пристрій детектора засноване на одну особливість масляного туману - він поглинає світло. Енергія світлової хвилі при її поширенні в масляному тумані зменшується, тобто вона залежить від концентрації масляного туману.

Це явище використовується для контролю температури картера. Утворений в картері масляний туман всмоктується спеціальним контролюючим пристроєм. Останнє має світлову камеру, через яку проходить потік масляного туману. В світловій камері світловий промінь, що випромінюється джерелом світла, проходить через масляний потік. Частина світлового променя поглинається, а інша частина потрапляє на фоторезистор, який вимірює щільність світла. При зменшенні щільності світла нижче заданого значення (порогу) дається сигнал тривоги.

					13.ДР.123.4651.01.ПЗ.РЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

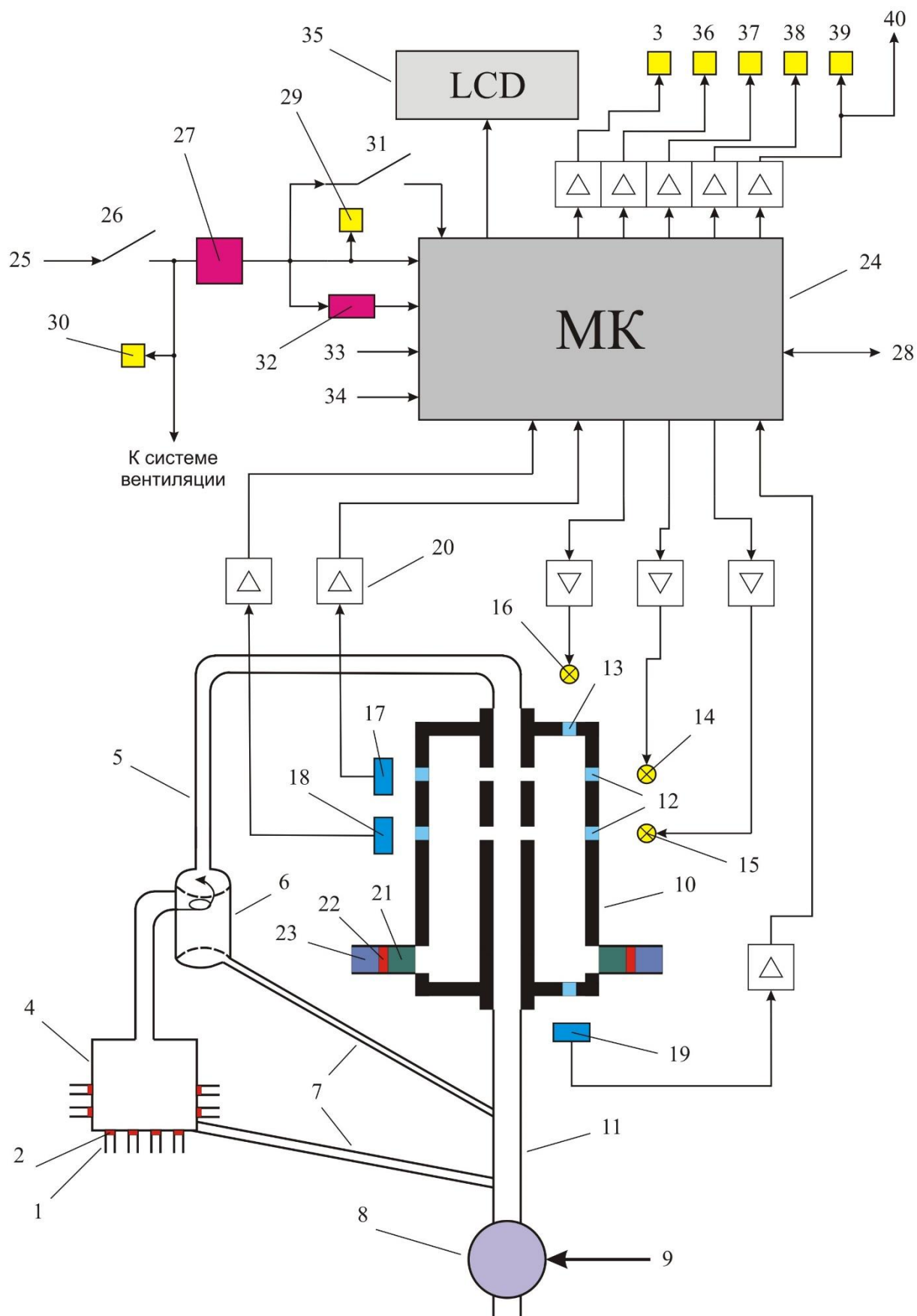


Рисунок 3.1 – Структурна схема системи

- 1 - збірні трубки;
- 2 - електромагнітні клапани збірних трубок;
- 3 - блок індикації несправності основного джерела / приймача світла;
- 4 - збірна камера;
- 5 - збірний канал;
- 6 - сепаратор;
- 7 - канали для відведення відсепарованого масла;
- 8 - повітряний насос;
- 9 - трубопровід для подачі робочого повітря до насоса;
- 10 - оптична вимірювальна камера;
- 11 - канал для висмоктування масляного туману;
- 12 - віконця світлової камери;
- 13 - віконце світлової камери;
- 14 - основне джерело світла (напівпровідник);
- 15 - резервне джерело світла (напівпровідник);
- 16 - коригувальне джерело світла (напівпровідник);
- 17 - основний приймач світла;
- 18 - резервний приймач світла;
- 19 - коригувальний приймач світла;
- 20 - підсилювачі;
- 21 - фільтри повітря;
- 22 - електромагнітні клапани системи вентиляції;
- 23 - вентилятор;
- 24 - мікроконтролер (МК);
- 25 - живлення +12 В;
- 26 - перемикач живлення системи;
- 27 - стабілізатор напруги для живлення МК;
- 28 - програмування за допомогою програматора;
- 29 - індикатор живлення системи;
- 30 - індикатор живлення системи вентиляції;

					13.ДР.123.4651.01.ПЗ.РЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

- 31 - перемикач (перемичка) установки порогового значення;
- 32 - потенціометр для завдання порогового значення;
- 33 - сигнал від датчика оборотів вентилятора №1;
- 34 - сигнал від датчика оборотів вентилятора №2;
- 35 - рідкокристалічний індикатор (РКІ);
- 36 - блок індикації несправності вентилятора №1;
- 37 - блок індикації несправності вентилятора №2;
- 38 - блок індикації несправності оптики;
- 39 - блок індикації несправності двигуна;
- 40 - сигнал зниження оборотів двигуна;

3.1.3 Спосіб відбору проб

З окремих картерних секцій висмоктується масляний туман в загальну збірну трубу, де він перемішується. Ця установка послідовно включає місця відбору. Збірна труба виконана таким чином, що її поперечний переріз значно більше, ніж перетин секційних труб, що відсмоктують атмосферу з картера. Цим гарантується падіння тиску в збиральній трубі, досягається можливість відбору пара усіма відгалуженнями трубами картера в однаковому обсязі за одиницю часу.

Зниження тиску, при якому проводиться відбір атмосфери з картера, не повинно перевищувати 250Па. Це гарантується установкою регулюючого вентиля тиску перед повітряним насосом. Вентиль повинен бути відрегульований так, щоб він починав працювати при тиску в діапазоні 10-150Па.

3.1.4 Спосіб підключення детектора до двигуна

Прилад кріпиться перпендикулярно до поверхні двигуна. Місце для установки приладу вибирають так, щоб обидві збірні трубки мали однакову довжину і ухил 1:30. Ухил необхідний для того, щоб масло, яке залишається на

					13.ДР.123.4651.01.ПЗ.РЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

стінках трубки, стікало. Збірні трубки повинні мати всередині гладку поверхню і перетин в діаметрі не менше 18 мм.

При цьому довжина кожної збірної трубки не повинна перевищувати 6 м. Для підключення збірної трубки до камери приладу передбачені штуцери.

На кінці кожної збірної трубки знаходиться сифон (рисунок 3.2), через який масло повертається в картер. При пуску сифон повинен бути наповнений маслом. Цим запобігається можливість попадання атмосфери картера в збірну трубку. Мінімальна висота стовпа масла повинна бути 40 мм. Від збірної трубки 1 короткі забірні трубки 2 підключені до секцій картера. До приладу може бути підключено максимально вісім секцій. Трубки в картері слід поміщати так, щоб в отвір відбору якомога менше потрапляло розбризаного масла. Для того щоб частково або повністю уникнути закупорювання трубки, на її кінці встановлюють воронку 3 (рисунок 3.2, а) або роблять косий зріз (рисунок 3.2, б).

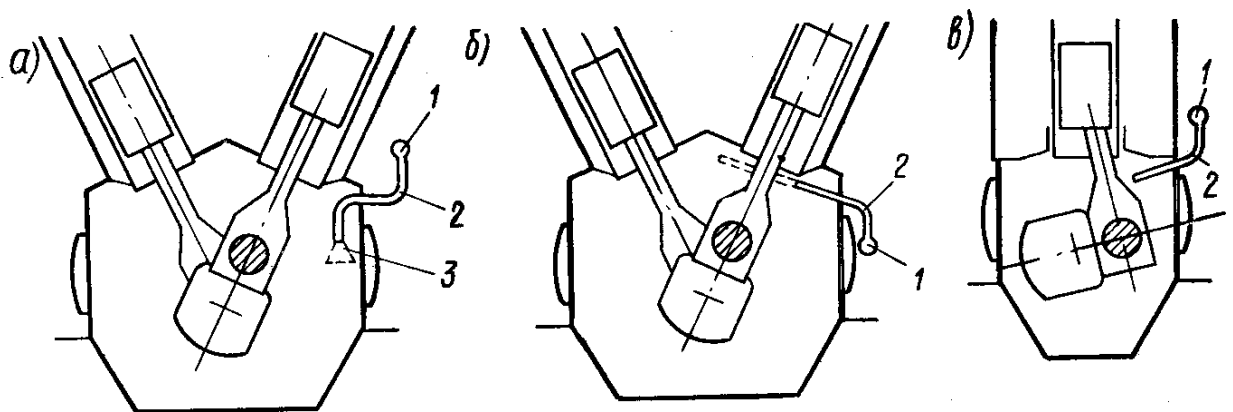


Рисунок 3.2 – Варіанти установки детектора масляного туману

Місце для відсмоктування масляного туману зазвичай вибирають в верхній частині картера (рисунок 3.2, в). При цьому слід уникати місця, де розташовані кришки і люки картера. Забірні трубки розміщують таким чином, щоб від кожного місця надходило однакову кількість масляного туману (таблиця 3.1).

Таблиця 3.1 - Характеристики збірних і забірних трубок

Кількість місць відбору	Довжина забірної трубки, мм	Внутрішній діаметр трубки, мм	
		Забірної	Збірної
Менш 5	200 — 400	8	18 — 20
	400 — 800	10	
Від 5 до 8	200 — 400	6	
	400 — 800	7	

У середині картера всі забірні трубки повинні бути змонтовані так, щоб у них була однакова довжина. Забірні трубки не повинні мати вигинів, які звужують внутрішній діаметр, і гострих країв. Це запобігає змін швидкості течії засмоктувального середовища, які можуть привести до конденсації масляного туману і тим порушити роботу приладу.

3.1.5 Опис роботи системи

Двигун обладнаний в певних місцях патрубками для відсмоктування з картера атмосфери. Масляний туман (він утворюється в картері в результаті перегріву) відсмоктується і передається по збірним трубкам 1 в збірну камеру 4. Потім суміш проходить через сепаратор 6, де під впливом відцентрової сили відсіваються великі частки масла. Відсепароване масло по каналах 7 надходить до насоса 8. Завдяки цьому значно зменшується ризик можливості забруднення приладу.

З сепаратора 6 контрольна суміш через канал 5 надходить в оптичну вимірювальну камеру 10. Для того щоб забруднення в цій зоні було мінімальним, особливо віконець 12 і 13 в світловий камері, обидві частини камери через фільтри повітря 21 періодично продуваються.

Через канал 11 повітряний насос 8 створює необхідне знижений тиск в відсмоктує системі. Для роботи насоса подається робочий повітря по трубопроводу 9. Вихідна з повітряного насоса суміш, що складається з

атмосфери картера, робочого повітря і масла, може бути направлена в збірну ємність і картер. Відсепароване масло зазвичай надходить в двигун.

Джерело світла 14 (напівпровідник) випромінює інфрачервоне світло певної яскравості на приймач 17. Приймачем світла є фототранзистор, що перетворює світловий сигнал в пропорційний електрострум, який надходить в підсилювач 20. У разі відмови джерела світла 14, або приймача 17 включаються резервне джерело світла 15 і приймач 18. Джерело світла 16 і приймач 19 служать для контролю забруднення світлових віконць, а також для коригування значення концентрації масляного туману.

Частина світла поглинається через світлову щілину атмосферою картера, що веде до зменшення електросигнала. Мікроконтролер 24 порівнює приходить з підсилювача 20 сигнал з граничним значенням, встановленим за допомогою потенціометра 32, і управляє вихідним каскадом тривоги 39 і 40. мікроконтролер 24 негайно призводить його в дію, якщо вимірювальний сигнал буде менше порогового сигналу. Це відбувається в тому випадку, якщо атмосфера картера (масляний туман) має підвищену концентрацію масляних часток. Для завдання порогового значення концентрації масляного туману за допомогою потенціометра 32 потрібно переключити перемичку 31 для подачі логічної одиниці на МК.

Після включення живлення МК відкриває клапан збиральної трубки №1 і повітря засмоктується з місця відбору даної проби в картері двигуна в збірну камеру 4, звідки через сепаратор 6 потрапляє безпосередньо в оптичну вимірювальну камеру 10. Вихідний сигнал фотоелемента 17 перетворюється мікроконтролером 24 в цифрову форму, міститься в пам'ять і використовується для вказівки на дисплеї 35 рівня туману у відсотках, де нульове значення відповідає змісту туману 0%, а 100% - повного поглинання світла туманом. Далі клапан збиральної трубки №1 закривається, відкривається клапан збиральної трубки №2 і знову відбувається запам'ятовування концентрації туману. Кожен наступний вентиль по черзі відкривається, і відповідний сигнал обробляється і поміщається в пам'ять. Після відбору проб з усіх спостережуваних точок перший

					13.ДР.123.4651.01.ПЗ.РЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

цикл завершується, за всіма значеннями відібраних проб мікроконтролером обчислюється середнє значення, яке також міститься в пам'яті і на дисплеї видається середнє значення концентрації масляного туману в процентах.

Магніти управляються мікроконтролером. Число контрольованих камер картера (від 2 до 8) програмується при монтажі системи на судні за допомогою програматора 28. Кожен вентиль включається по черзі на 1 с. Аналоговий сигнал з фотоелемента, пропорційний непрозорості вимірюваного середовища, перетворюється в цифрову форму і заноситься в пам'ять мікроЕОМ. Даний процес повторюється по черзі для кожного вхідного вентиля. Після роботи в такому режимі протягом 10 хв впускні клапани 2 знеструмлюють і на 1,1 ... 1,2 с відкриваються клапани системи вентиляції 22. Протягом цього часу вимірювальна камера продувається від масляного туману. В цьому режимі МК не опитує сигнали від фотоелементів.

Для забезпечення живлення системи через вимикач 26 подається напруга + 12В, яке перетворюється стабілізатором 27 в постійну напругу +5 В для живлення МК і РКІ. При наявності живлення МК індикатор 29 буде включений. Індикатор 30 служить для індикації наявності живлення + 12В.

3.1.6 Контроль і індикація стану системи

Як вже було сказано вище, для того щоб забруднення в оптичній вимірювальній камері 10 було мінімальним, особливо віконець 12 і 13, обидві частини камери через фільтри повітря 21 періодично продуваються. Продув забезпечують вентилятори 23, живлення яких забезпечується блоком 28. Кожен вентилятор має датчик оборотів, сигнал від якого надходить на входи МК. У разі поломки вентилятора сигнал 33 або (і) 34 від датчиків обертів відсутній, і МК виробляє сигнал, який надходить через підсилювач на блок 36 або (і) 37 відповідно. Блок 36 сигналізує про несправності вентилятора №1, а блок 37 - про несправності вентилятора №2.

Для контролю забруднення світлових віконець і коригування значення концентрації масляного туману використовується джерело світла 16 і приймач

					13.ДР.123.4651.01.ПЗ.РЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

19. Світловий потік від джерела світла 16 не проходить безпосередньо через потік масляного туману, а лише через простір вимірювальної камери. Так, якби забруднення не було, сигнал від приймача 19 постійно відповідав би нульовому змісту масляного туману. Але тому що вимірювальна камера поступово забруднюється, і забруднюються світлові віконця, частина світла від 16 поглинається і сигнал від 19 зменшується. Величина, на яку сигнал від 19 менше свого максимального значення додається в МК до сигналу від 17 (або 18), що дозволяє врахувати забруднення світлових віконць і скорегувати значення концентрації масляного туману. У разі ж досягнення порогового значення забрудненості світлових віконць МК формує сигнал, який надходить через підсилювач на блок індикації несправності оптики 38. При цьому необхідно провести очищення оптики і перевірити працездатність джерел світла і приймачів. У разі виходу з ладу джерела світла 16, або приймача 19 сигнал на відповідному вході МК буде близький до 0 і МК сформує сигнал несправності оптики. У разі виходу з ладу джерела світла 14, або приймача 17 сигнал на відповідному вході МК також буде близький до 0, тоді МК переключиться на резервне джерело світла 15 і приймач 18 і видасть сигнал на блок індикації несправності основного джерела / приймача світла 3.

3.2 Розробка схеми електричної принципової головного блоку системи

Розроблюваний головний блок мікроконтролерного детектора масляного туману має наступну електричну принципову схему (рисунок 3.3).

					13.ДР.123.4651.01.ПЗ.РЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

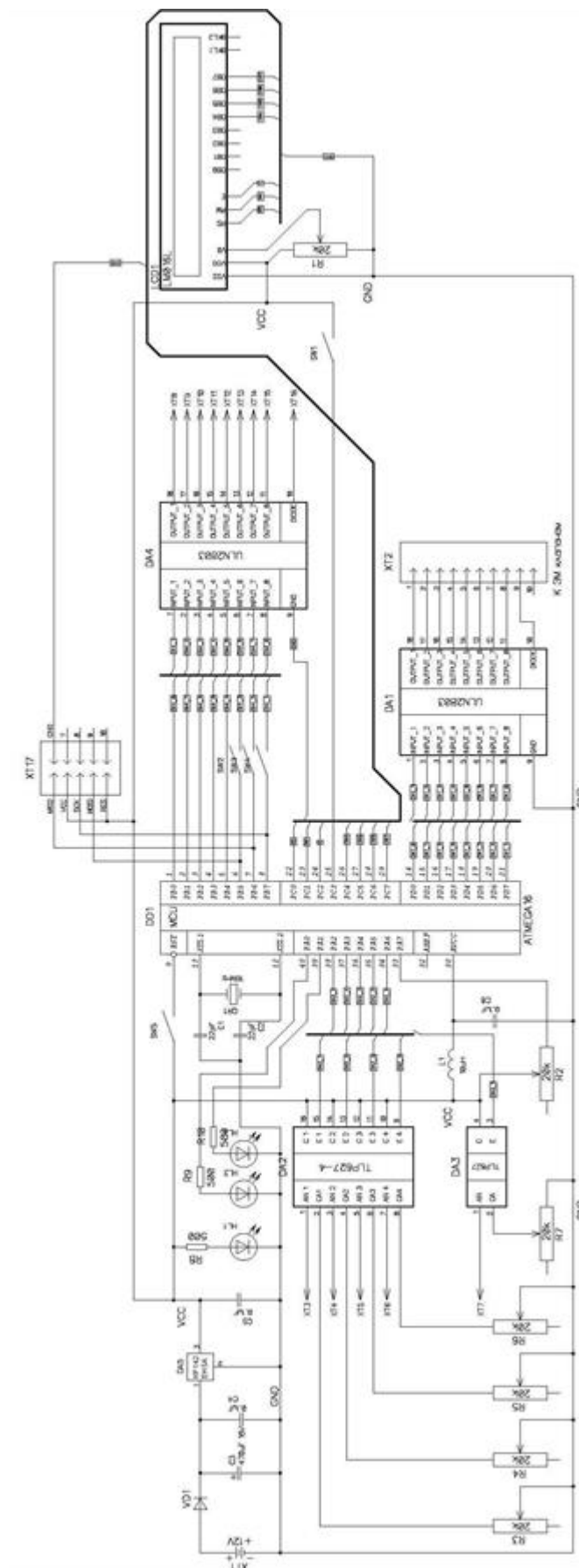


Рисунок 3.3 – Електрична принципова схема системи

3.3 Опис роботи схеми електричної принципової головного блоку системи. Вибір елементів схеми

До роз'єму XT1 підключається блок живлення з постійною напругою + 12В. Стабілізатор фіксованого позитивної напруги DA5 [7] призначений для перетворення +12 в +5 і стабілізації напруги. Схема підключення DA5 і позначення висновків показані на малюнку 3.4. Діод VD1 захищає систему від невірної подачі напруги живлення. Конденсатори C3-C5 - блокувальні. Індикатор HL1 вказує на наявність напруги + 5В, котре формується стабілізатором DA5.

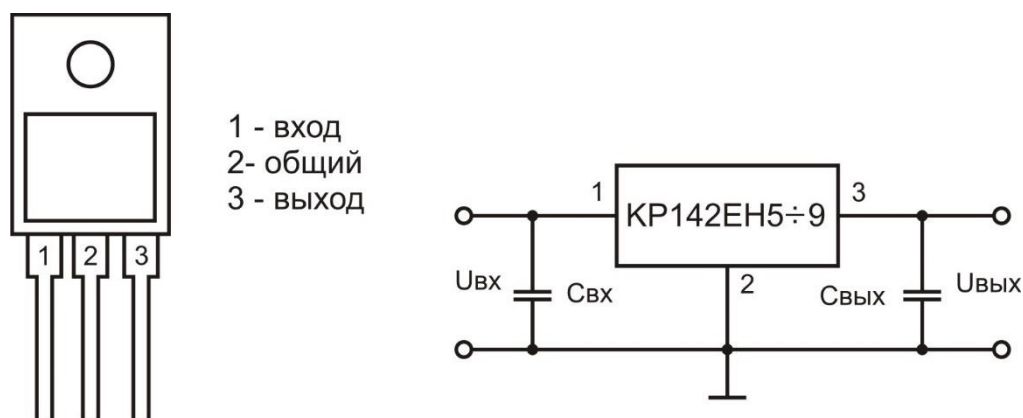


Рисунок 3.4 – Позначення висновків і схема підключення стабілізатора напруги

Центральним елементом головного блоку системи є 8-бітний AVR мікроконтролер ATmega16 фірми Atmel [3] [4] (DD1 на схемі). МК виконаний в корпусі DIP-40 (малюнок 3.5 [7]). До висновків XTAL1 і XTAL2 мікроконтролера підключений кварцовий резонатор QR1 з частотою тактових імпульсів 16 МГц. Конденсатори C1 і C2 - фазозсувні. Мікроконтролер ATmega16 має вбудований 8-канальний 10-розрядний аналогово-цифровий перетворювач. Для роботи АЦП до висновку AVCC через котушку індуктивності L1 подається напруга живлення. Котушка індуктивності L1 і конденсатор C6 служать фільтром нижніх частот.

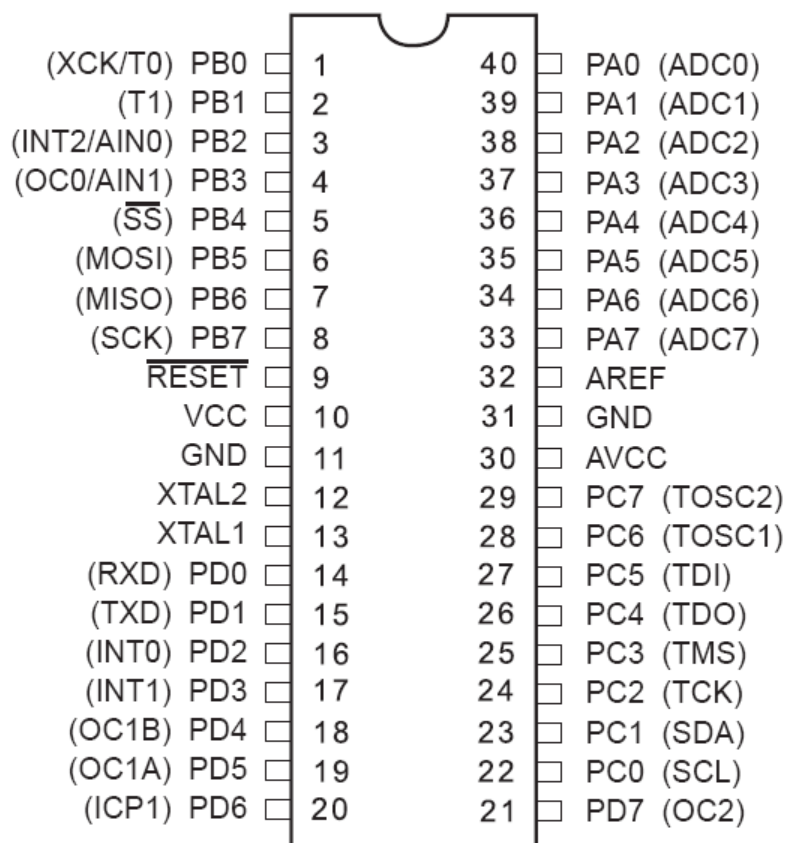


Рисунок 3.5 – Позначення виводів мікроконтролера ATmega16

Через роз'єми XT3-XT7 надходять сигнали від датчиків: XT3 - від основного приймача світла 17 (рисунок 3.1), XT4 - від резервного приймача світла 18, XT5 - від коригуючого приймача світла 19, XT6 - від датчика оборотів вентилятора №1, XT7 - від датчика оборотів вентилятора №2. Мікросхеми DA2 і DA3 служать для забезпечення гальванічної розв'язки схеми і є набором оптопар. Дані мікросхеми виконані в корпусах DIP-16 і DIP-4 відповідно (рисунок 3.6 [7]). Сигнали з виходів DA2 і DA3 надходять на входи вбудованого АЦП мікроконтролера (порт А). Підлаштування резистори R3-R7 служать для регулювання вихідних сигналів DA2 і DA3.

Для відображення концентрації масляного туману до порту С мікроконтролера підключений РК-дисплей LCD1. Позначення висновків РК-дисплея показано в таблиці 3.2 [7]. Для управління контрастністю РК-дисплея використовується підлаштування резистор R1.

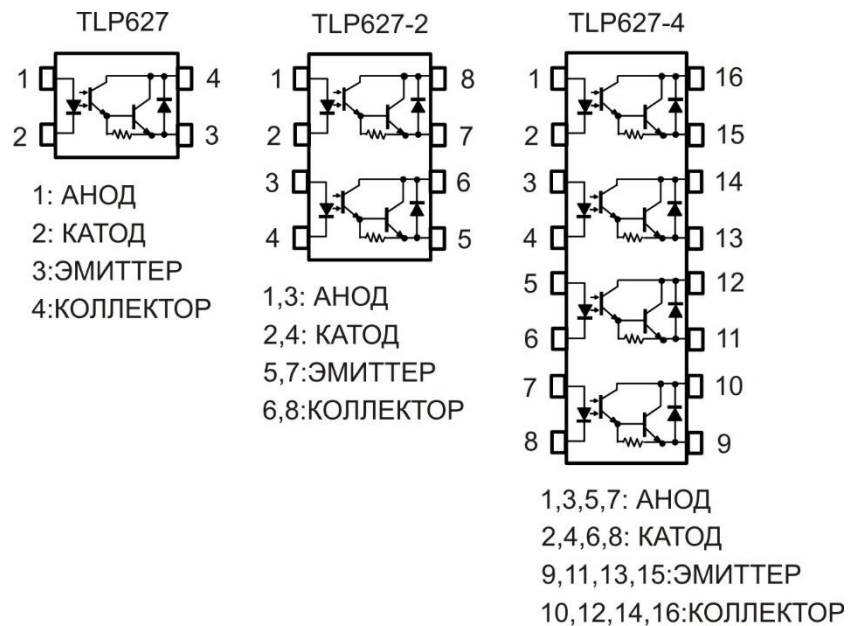


Рисунок 3.6 — Позначення виводів мікросхеми TLP627

Таблиця 3.2 — Позначення виводів РК-дисплею LM016L

Номер виводу	Позначення виводу	Опис
1	V_{SS}	Живлення – 0В (земля)
2	V_{DD}	Живлення +5В
3	V_0	Напруга, що управляє контрастом
4	RS	Вибір вводу даних/інструкцій
5	R/W	Вибір запису/читання
6	E	Вирішальний сигнал
7	DB0	Шина даних
...	...	
14	DB7	
15	BKL1	Живлення підсвічування (якщо використовується)
16	BKL2	

Вивід RS з'єднаний з виводом PC0 мікроконтролера, R / W - PC1, E - PC2. Вивід PC0-PC2 мікроконтролера здійснюють управління РК-дисплеєм. Виводи DB4-DB7 підключені до виводів PC4-PC7 мікроконтролера і здійснюють передачу даних для РК-дисплея. Решта виводів РК-дисплея не використовуються.

Для завдання порогового значення концентрації масляного туману, з яким буде порівнюватися поточне значення, служить підлаштовувачий резистор R2 підключений до висновку PA7 мікроконтролера. Щоб зробити установку порогового значення перемикач SW1, поєднана з висновком PC3 мікроконтролера, повинна бути встановлена. При установці порогового значення, дане значення відображається на РК-дисплеї і МК заносить його пам'ять. Після установки потрібного порогового значення перемикач SW1 повинна бути відключена.

Мікросхема DA1 служить для управління електромагнітними клапанами за допомогою МК і є набором транзисторних ключів. Дана мікросхема виконана в корпусі DIP-18 (малюнок 3.7 [7]). Виводи 1-8 даної мікросхеми з'єднані з виводами PD0-PD7 мікроконтролера, вивід 9 заземлений.

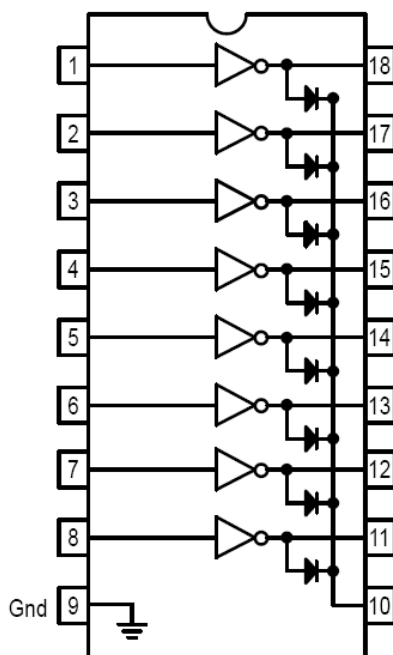


Рисунок 3.7 — Позначення виводів мікросхеми ULN2803

Виводи 11-18 мікросхеми підключаються через роз'єм XT2 до обмоток відповідних електромагнітних клапанів. Вивід 10 мікросхеми, відповідний катодам діодів, через роз'єм XT2 підключається до обмоток всіх електромагнітних клапанів для захисту схеми від напруги самоіндукції, що виникає в обмотці ЕМ клапана при знятті з неї напруги. Схематичне виконання кожного транзисторного ключа мікросхеми ULN2803 показано на рисунку 3.8.

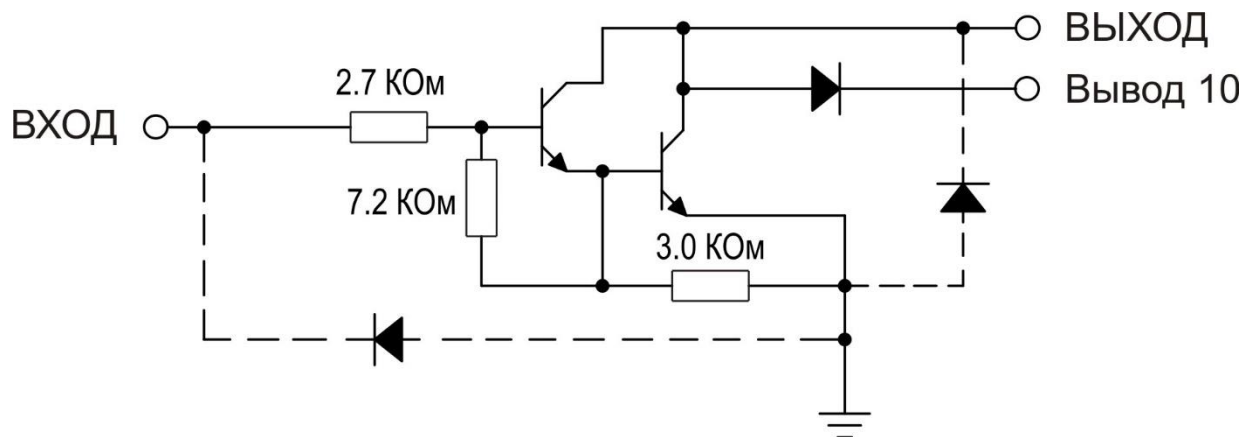


Рисунок 3.8 — Схематичне виконання кожного транзисторного ключа мікросхеми ULN2803

Мікросхема DA4 є такою ж, як і мікросхема DA1 і використовується для управління навантаженням за допомогою МК. Виводи 1-8 даної мікросхеми з'єднані з виводами PB0-PB7 мікроконтролера. Виводи 11-18 мікросхеми підключаються через роз'єми XT8-XT16 до обмоток відповідних електромагнітних реле (XT15 до обмотці ЕМ клапана). Схема з'єднання з реле показана на малюнку 3.9, де ER1 - ЕМ реле. Контакт 1 реле підключається через лінію зв'язку з роз'ємом XT8-XT16, на контакт 2 подається напруга живлення реле, також контакт 2 через лінію зв'язку з'єднаний з висновком 10 мікросхеми DA4. Контакт 3 реле з'єднаний з навантаженням - блоками індикації несправностей, а на контакт 4 подається напруга живлення даної навантаження.

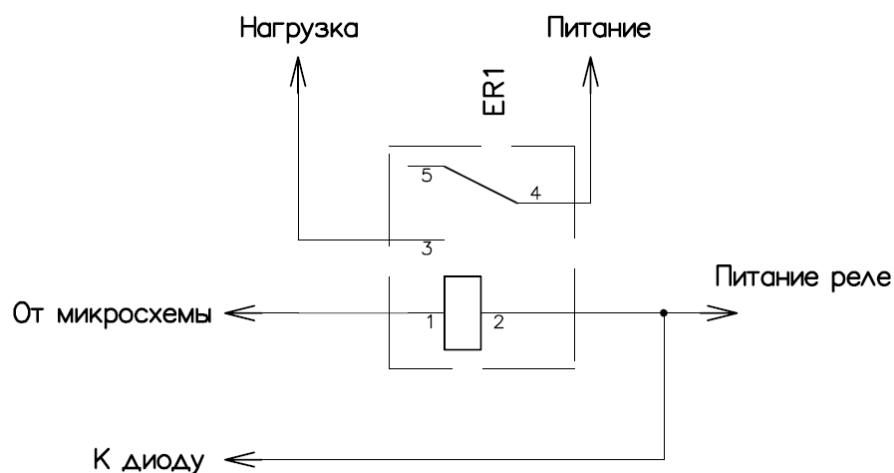


Рисунок 3.9 — Схема з'єднання з ЕМ реле

Роз'єм XT8 з'єднаний з блоком індикації несправності двигуна, XT9 з'єднаний з блоком індикації несправності оптики, XT10 з'єднаний з блоком індикації несправності основного джерела / приймача світла, XT11 з'єднаний з блоком індикації несправності вентилятора №1, XT12 з'єднаний з блоком індикації несправності вентилятора №2. Роз'єм XT13 з'єднаний з резервним джерелом світла 15 (рисунок 3.1), XT14 - з коригувальним джерелом світла 16. Роз'єм XT15 з'єднаний з обмоткою електромагнітних клапанів 22 системи вентиляції. Дані ЕМ клапани служать для контролю продувки оптичної вимірювальної камери 10.

Для індикації несправності резервного джерела / приймача світла служить світлодіод HL2, а для індикації коригуючого джерела / приймача світла служить світлодіод HL3.

Для програмування МК призначений роз'єм XT17. Позначення виводів роз'єму XT17 показано в таблиці 3.3 [7]. Висновки роз'єму XT17 з'єднуються з відповідними висновками мікроконтролера. При програмуванні перемички SW2-SW4 і роз'єм XT1 повинні бути від'єднані. Також рекомендується від'єднувати при програмуванні роз'єми XT3-XT16 і XT2 на платі. Для скидання виконання програми МК в початкову точку призначена кнопка SW5.

Таблиця 3.3 — Позначення виводів роз'єму IDC-10M

Номер виводу	Позначення виводу	Опис
1	MISO	З'єднання з виводом MISO ATmega16
2	VCC	Живлення програматора
3	SCK	З'єднання з виводом SCK ATmega16
4	MOSI	З'єднання з виводом MOSI ATmega16
5	RES	З'єднання з виводом RESET ATmega16
6	GND	Земля
7	—	Не використовується
...	—	
10	—	

3.4 Характеристика та особливості мікроконтролера ATmega16 [7]

Відмінні особливості:

- 8-розрядний високопродуктивний AVR мікроконтролер з малим споживанням.
- Прогресивна RISC архітектура:
- ✓ 130 високопродуктивних команд, більшість команд виконується за один тактовий цикл;
- ✓ 32 8-розрядних робочих регістра загального призначення;
- ✓ повністю статична робота;
- ✓ продуктивність наближається до 16 MIPS (при тактовій частоті 16 МГц);
- ✓ вбудований 2-циклової перемножувач.
- Незалежна пам'ять програм і даних:
- ✓ 16 Кбайт внутрісистемного програмованої Flash пам'яті (In-System Self-Programmable Flash);
- ✓ забезпечує 1000 циклів стирання / запису;

✓ додатковий сектор завантажувальних кодів з незалежними битами блокування.

➤ Внутрішньосистемних програмування вбудованої програмою завантаження:

✓ забезпечений режим одночасного читання / запису (Read-While-Write)

✓ 512 байт EEPROM;

✓ забезпечує 100000 циклів стирання / запису

✓ 1 Кбайт вбудованої SRAM;

✓ програмована блокування, що забезпечує захист програмних засобів користувача.

➤ Інтерфейс JTAG (сумісний з IEEE 1149.1):

✓ можливість сканування периферії, що відповідає стандарту JTAG;

✓ розширена підтримка вбудованої налагодження;

✓ програмування через JTAG інтерфейс: Flash, EEPROM пам'яті, перемичок і бітів блокування.

➤ Вбудована периферія:

✓ два 8-розрядних таймера / лічильника з окремим попередніми дільником, один з режимом порівняння;

✓ один 16-розрядний таймер / лічильник з окремим попередніми дільником і режимами захоплення і порівняння;

✓ лічильник реального часу з окремим генератором;

✓ чотири канали PWM;

✓ 8-канальний 10-розрядний аналого-цифровий перетворювач;

✓ 8 несиметричних каналів;

✓ 7 диференціальних каналів (тільки в корпусі TQFP);

✓ 2 диференціальних каналу з програмованим посиленням в 1, 10 або 200 разів (тільки в корпусі TQFP);

✓ байт-орієнтований 2-дротовий послідовний інтерфейс;

✓ програмований послідовний USART;

✓ послідовний інтерфейс SPI (провідний / ведений);

					13.ДР.123.4651.01.ПЗ.РЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- ✓ програмований сторожовий таймер з окремим вбудованим генератором;
- ✓ вбудований аналоговий компаратор.
- Спеціальні мікроконтролерні функції:
- ✓ скидання по подачі живлення і програмований детектор короткочасного зниження напруги харчування;
- ✓ вбудований калібрований RC-генератор;
- ✓ внутрішні і зовнішні джерела переривань;
- ✓ шість режимів зниженого споживання: Idle, Power-save, Power-down, Standby, Extended Standby і зниження шумів ADC.
- Виводи I/O і корпусу:
- ✓ 32 програмовані лінії вводу/виводу;
- ✓ 40-виводний корпус PDIP и 44-виводний корпус TQFP.
- Робоча напруга:
- ✓ 2,7 - 5,5 В (ATmega16L);
- ✓ 4,5 - 5,5 В (ATmega16).
- Робоча частота:
- ✓ 0 - 8 МГц (ATmega16L);
- ✓ 0 - 16 МГц (ATmega16).

Блок-схема мікроконтролера ATmega16 показана на рисунку 3.10.

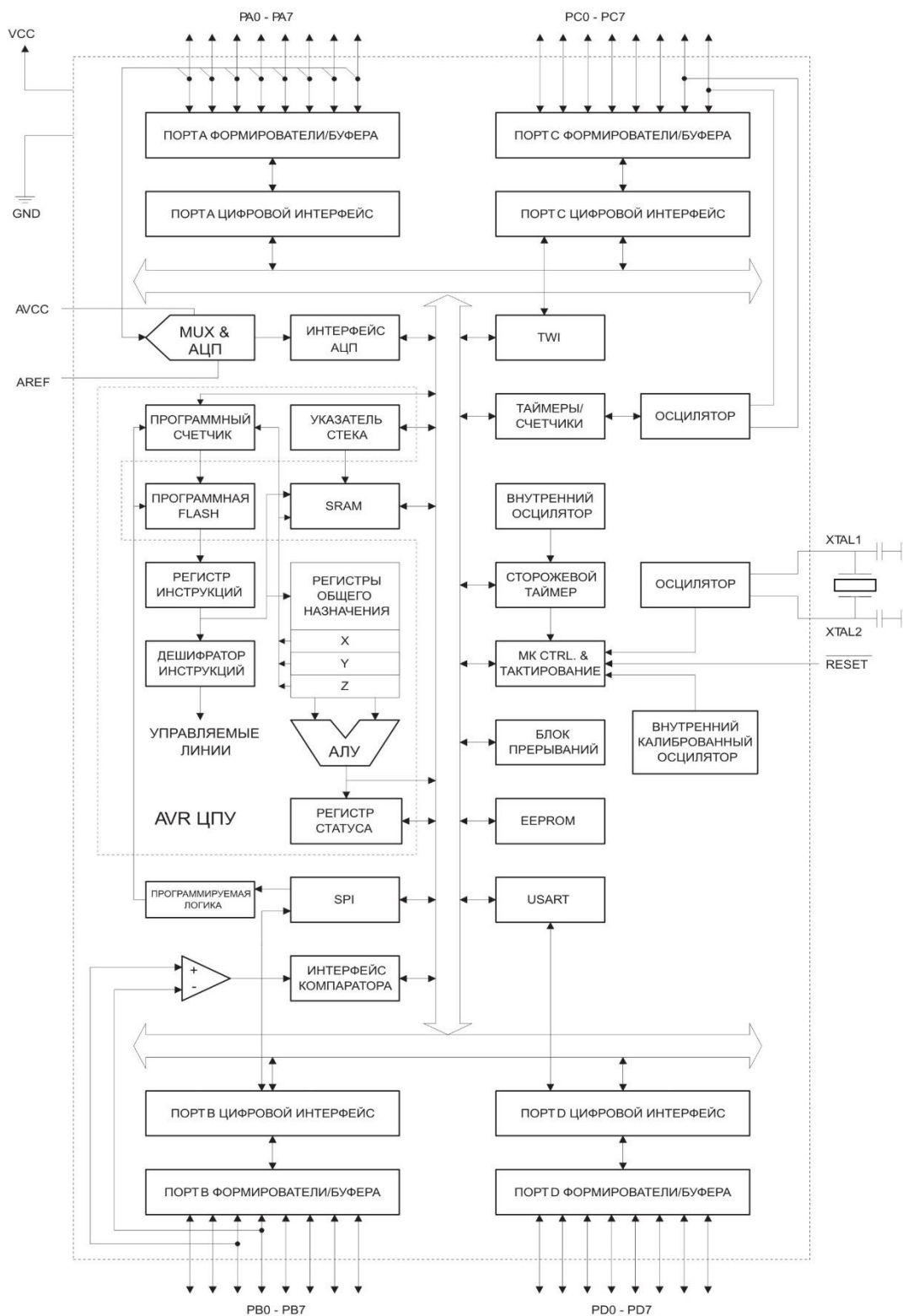


Рисунок 3.10 — Блок-схема мікроконтролера ATmega16

3.5 Розробка алгоритму роботи головного блоку системи

Розроблюваний алгоритм роботи головного блоку мікроконтролерного детектора масляного туману має такий вигляд (рисунок 3.11).

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

13.ДР.123.4651.01.ПЗ.РЗ

Арк.

64

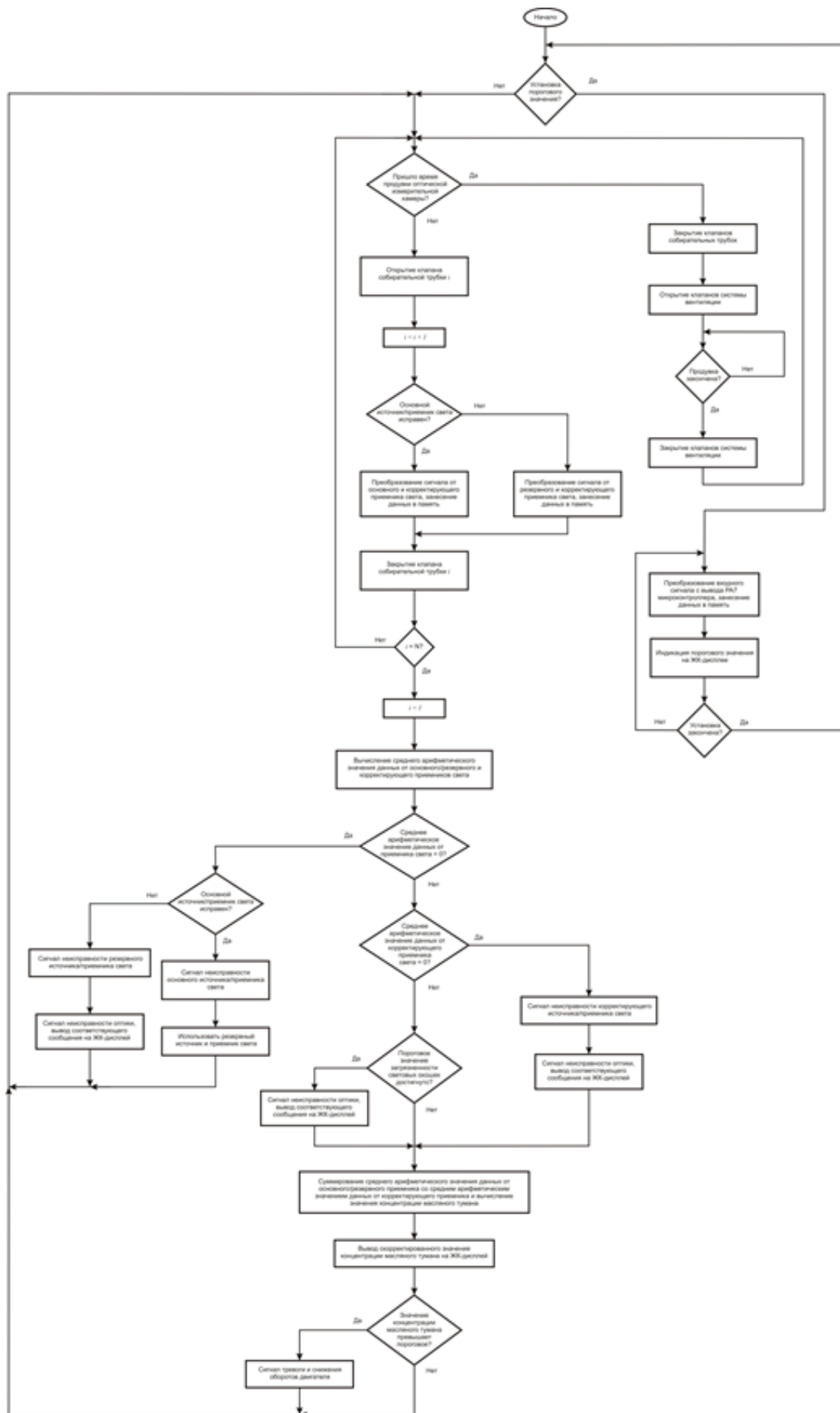


Рисунок 3.11 — Блок-схема алгоритму роботи головного блоку системи

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

13.ДР.123.4651.01.ПЗ.РЗ

3.6 Розробка схеми електричної принципової програматора

Розроблюваний програматор має наступну електричну принципову схему (рисунк 3.12).

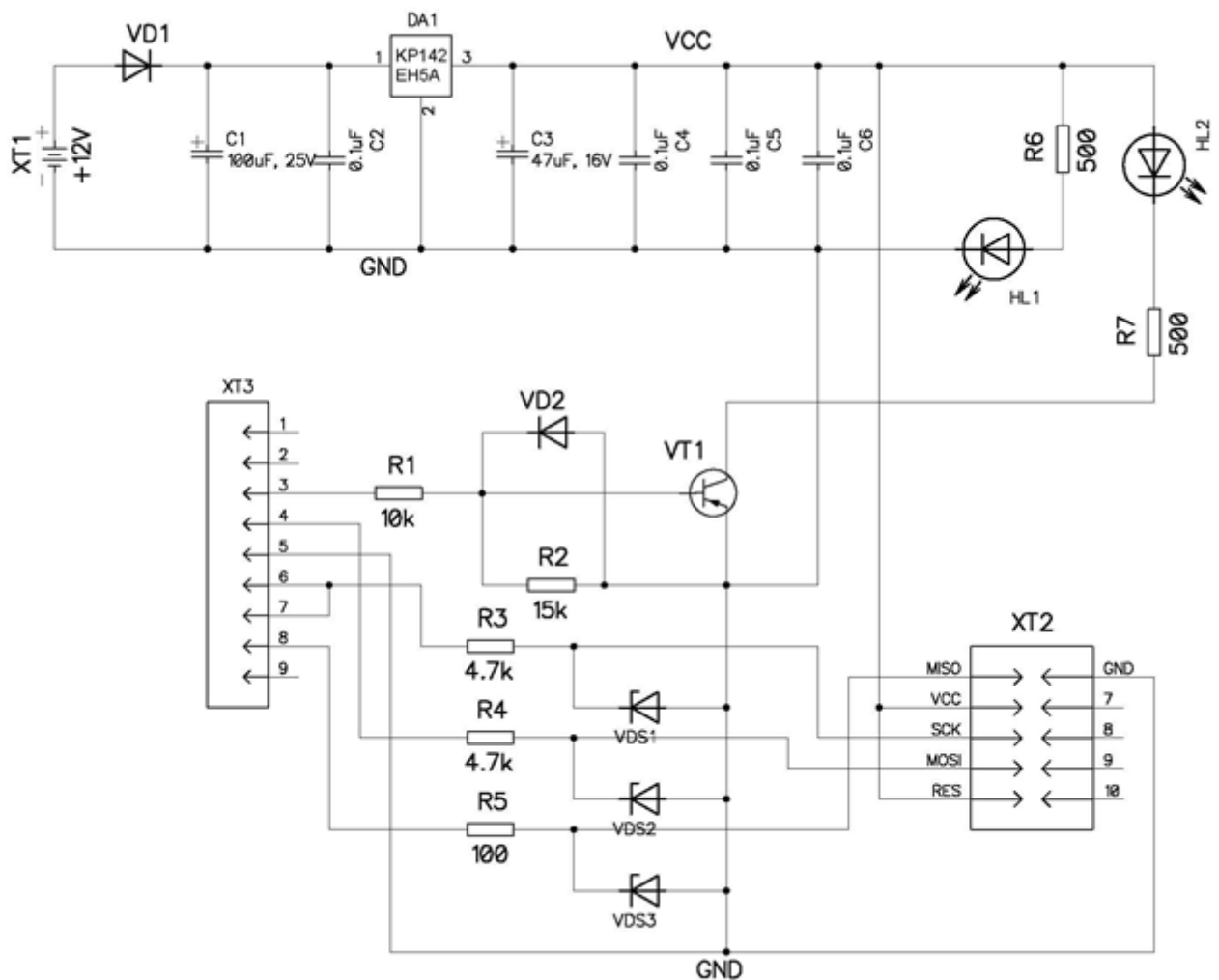


Рисунок 3.12 – Електрична принципова схема програматора

3.7 Опис роботи схеми електричної принципової програматора

До роз'єму XT1 підключається блок живлення з постійною напругою + 12В (допустима напруга 10 ... 15В при струмі 100 мА). Стабілізатор фіксованого позитивної напруги DA1 призначений для перетворення +12 в +5 і стабілізації напруги. Схема підключення DA1 і позначення висновків показані на малюнку 3.4. Діод VD1 захищає систему від невірної подачі напруги живлення. Конденсатори C1-C6 - блокувальні. Індикатор HL1 вказує на наявність напруги + 5В, ко-лось формується стабілізатором DA1.

Сполучення з COM-портом виконано за допомогою VT1, VD2, R1-R5, VDS1-VDS3 [4]. Роз'єм XT3 призначений для з'єднання з COM-портом комп'ютера, роз'єм XT2 - для з'єднання з мікроконтролером. Позначення і призначення висновків XT3 приведено в таблиці 3.4 [7]. Резистори R1, R3-R5 обмежують струми, стабілітрони VDS1-VDS3 обмежують напругу (4,7 В), резистор R2 закриває транзистор VT1 при від'єднанні кабелю від комп'ютера. Діод VD2 обмежує напруга негативної полярності, що надходить з COM-порту. При використанні транзисторів BC547 (Philips) в якості VT1 діод VD2 можна не встановлювати. Індикатор HL2 світиться тільки в процесі програмування. Як ПО для програмування МК слід використовувати програму PonyProg.

Таблиця 3.4 — Позначення виводів роз'єму DRB-9MA

Номер виводу	Позначення виводу	Опис
1	DCD	Carrier Detect
2	RXD	Receive Data
3	TXD	Transmit Data
4	DTR	Data Terminal Ready
5	GND	System Ground
6	DSR	Data Set Ready
7	RTS	Request to Send
8	CTS	Clear to Send
9	RI	Ring Indicator

Перший контакт, DCD, передає сигнал початку передачі даних. Він необов'язковий, але в умовах з великою кількістю перешкод буває вельми корисний. Наступний RXD контакт, який приймає дані. Третій TXD контакт служить для передачі даних. DTR, DSR, RTS і CTS призначені тільки для

перевірки і підтвердження відправки-отримання даних. Дев'ятий RI - сигнал початку зв'язку, який зберігся як історична реліквія і практично ніколи не використовувався. П'ятий контакт GND - «земля».

Висновки за розділом 3

Розроблюваний мікроконтролерний детектор масляного туману дозволяє встановити допустиму концентрацію масляних парів в картері дизеля (наприклад, при нагріванні підшипників) і за допомогою прийняття відповідних заходів уникнути аварії двигуна.

Дана система забезпечує:

1. Індикацію на РК-дисплеї значення концентрації масляного туману в картері двигуна.
2. Сигналізацію при перевищенні допустимого значення концентрації масляного туману.
3. Можливість відбору проб атмосфери картера з 8 різних місць з обчисленням середнього значення концентрації масляного туману.
4. Можливість завдання порогового значення концентрації масляного туману без програмування МК.
5. Самоконтроль і сигналізацію в разі несправності основного джерела/приймача світла.
6. Самоконтроль і сигналізацію в разі несправності оптики (надмірне забруднення оптичної вимірювальної камери).
7. Самоконтроль і сигналізацію в разі несправності системи вентиляції оптичної вимірювальної камери.

					13.ДР.123.4651.01.ПЗ.Р4							
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата								
Розробив		Данильчук І.О.			РОЗРОБКА ПЕЧАТНОЇ ПЛАТИ ГОЛОВНОГО БЛОКУ СИСТЕМИ				Літ.		Арк.	Аркушів
Керівник		Гайдай Г.Ю.										
Консульт.									НУК ім. ам. Макарова			
Н. контроль		Грешнов А.Ю.										
Зав. каф.												

РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА ПЕЧАТНОЇ ПЛАТИ ГОЛОВНОГО БЛОКУ СИСТЕМИ

4.1 Загальні вимоги до печатних плат

За конструкцією печатні плати (ПП) поділяються на такі типи: односторонні (ОПП), двосторонні (ДПП) і багатошарові (БШС). При виборі типу ПП для конструкції, яка розробляється, слід враховувати техніко-економічні показники.

ОПП є діелектричною основою з отворами, пазами, вирізами і т. п., на одній стороні якої виконаний провідникової рисунок, а на інший при складанні розміщують інтегральні мікросхеми і електрорадіоелементи.

У зв'язку з обмеженою площею для трасування рисунка схеми таких ПП застосовують для простих електронних пристроїв побутового і допоміжного призначення. Найбільш прості за конструкцією і дешеві у виготовленні - ОПП без металізованих отворів. Більш складні, але і більш надійні в експлуатації плати з металізованими за допомогою пістонів отворами.

ДПП мають провідниковий рисунок на обох сторонах діелектричної основи. Необхідні з'єднання печатних провідників різних сторін ДПП виконують за допомогою дротяних перемичок, металізованих отворів, контактних майданчиків. Такі плати дозволяють реалізувати більш складні схеми і мають найбільш широке застосування при виготовленні вузлів електронних схем. Менш поширені ДПП на металевій основі з нанесеним на неї електроізоляційним покриттям. Вони мають кращий тепловідвід, що істотно при великій потужності навісних елементів.

БШС складаються з шарів ізоляційного матеріалу і ведучого рисунка, що чергуються. Між провідними шарами в структурі плати можуть існувати або бути відсутнім міжшарові з'єднання. Існує досить велика різноманітність конструктивно технологічних різновидів БШС в залежності від наявності та характеру міжшарових з'єднань. Найбільшого поширення серед них отримали БШС з металізацією наскрізних отворів, котрі не мають обмеження на число шарів і пристосовані для установки елементів як з штирьовими, так і з планарних

					13.ДР.123.4651.01.ПЗ.Р4	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

виводами. Перевага у використанні БШС цього типу обумовлена високою щільністю монтажу, гарною якістю міжшарових з'єднань, задовільною ремонтпридатністю, можливістю автоматизації і механізації як процесів виготовлення самої плати, так і збірки на них вузлів.

Залежно від складності електричної схеми, яка реалізовується, і використаної елементної бази вибирають конструктивне виконання плати, число шарів і щільність провідникового рисунка схеми. При виборі числа шарів плати слід мати на увазі, що найменше трудомісткі і прості у виготовленні ОПП без металізованих отворів і приблизно рівні за витратами ОПП і ДПП з металізованими отворами. Найбільш складні і трудомісткі у виготовленні БШС, число шарів яких обмежено гранично допустимим співвідношенням між діаметром металізованих отворів і товщиною плати (незгірш від 0,33). Орієнтовно співвідношення трудомісткості виготовлення ОПП без металізованих отворів, ДПП і БШС становить 1: 4: 20 [6].

За точністю виконання елементів конструкції ПП діляться на п'ять класів. Клас точності вказують на кресленні ПП. Під елементами конструкції ПП маються на увазі елементи провідникового рисунка. Печатні плати 1-го і 2-го класів точності найбільш прості у виконанні, надійні в експлуатації і мають мінімальну вартість. Плати печаток 3-го, 4-го та 5-го класів точності вимагають використання високоякісних матеріалів, інструменту та обладнання, обмеження габаритних розмірів, а в окремих випадках і особливих умов при виготовленні [6].

Розміри кожного боку ПП повинні бути кратними:

- 2,5 мм - при довжині до 100 мм;
- 5,0 мм - при довжині до 350 мм;
- 10,0 мм - при довжині більше 350 мм

Рекомендується розробляти ПП простої прямокутної форми. Конфігурацію, відмінну від прямокутної, слід використовувати тільки в технічно обґрунтованих випадках.

					13.ДР.123.4651.01.ПЗ.Р4	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Співвідношення лінійних розмірів ПП повинно бути не більше 3: 1. Допускається збільшення цього співвідношення за згодою із замовником.

Максимальні розміри ПП і (або) робочого поля груповий установки повинні бути не більше 470 мм.

Товщина печатної плати визначається товщиною початкового матеріалу і вибирається в залежності від використовуваної елементної бази і діючих механічних навантажень. Гнітючими значеннями номінальних товщин одно і двосторонніх плат печаток є 0,8; 1,0; 1,5; 2,0 мм

Фольговані матеріали є шаровими пресованими пластинами, виготовленими на основі паперу (гетинакс) або тканини зі скляного волокна (склотекстоліт), просочені термореактивними зв'язують і облицьовані з однієї або двох сторін мідною електролітичною фольгою, яка окислована з внутрішньої сторони для матеріалів звичайного виконання або покрита плівкою хрому для гальваностійких матеріалів.

Фольговані матеріали призначені для роботи в наступних умовах:

- гетинакс без додаткового вологозахисту призначений для виготовлення ПП, на які в процесі роботи може впливати навколишнє середовище, яке характеризується відносною вологістю повітря 45-75% при температурі 15-35 ° С;

- гетинакс з додатковим вологозахистом і склотекстоліт всіх марок призначені для виготовлення ПП, на які в процесі роботи може впливати навколишнє середовище, яке характеризується відносною вологістю повітря до 98% при температурі не вище 40 ° С;

- фольговані матеріали у вигляді ПП повинні допускати дію температури в 60 ° С. Фольговані матеріали виготовляються листами наступних номінальних розмірів:

- гетинакс всіх марок і товщини - 2440x1040; 1190x1040, 800x900 мм;

- склотекстоліт всіх марок і товщини - 1190x1010, 1010x890, 1010x840, 910x890, 640x490.

					13.ДР.123.4651.01.ПЗ.Р4	Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.2 Загальні відомості про застосування та виготовлення печатних плат

Висока вартість апаратури і її відносно низька надійність роблять актуальними такі конструктивні рішення, при яких заміна деякої частини виробу була б легко здійсненна. У зв'язку з цим практично всі апаратні рішення для вбудованих систем виконуються на печатних платах.

Печатна плата являє собою пластину з електроізоляційного матеріалу, яка застосовується в якості підстави для установки і механічного закріплення елементів, а також для їх електричного з'єднання шляхом печатного монтажу. Найбільш часто печатні плати виготовляються з склотекстоліти, на поверхню якого наклеєна металева фольга. В процесі обробки плати на її поверхні створюють монтажні та отвори для кріплення і проводять рисунок.

Застосування печатних плат на виробництві забезпечує:

- ідентичність параметрів монтажу;
- високу щільність розміщення елементів;
- можливість автоматизації монтажних, складальних і контрольно-регулювальних процесів.

Існує кілька технологій виготовлення печатних плат, які зводяться або до застосування тільки механічних (як різновид електромеханічних - електроіскрових) способів обробки, або комбінованих - фотохімічних і механічних [5].

При механічному способі виготовлення відбувається на одному верстаті і включає в себе наступні операції:

- підготовка керуючого файлу для верстата з ЧПУ (топология плати перетвориться в команди фрезерування і свердління);
- автоматична сверловка заготовки;
- фрезерування ізолюючих каналів (для прискорення процесу проводиться не видалення всіх пробільних ділянок, а контурування провідників, виділення їх з шару фольги);
- металізація перехідних отворів (шляхом вставок заклепок, втулок, впорскування електропровідний пасти).

					13.ДР.123.4651.01.ПЗ.Р4	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При хімічному способі виготовлення відбувається на декількох верстатах і включає в себе наступну послідовність операцій:

1. Виготовлення фотошаблонів. Рисунок креслення провідників за допомогою фотоплотера переноситься на прозору плівку - фотошаблон.
2. Свердління монтажних і перехідних отворів за допомогою сверлильного верстата з ЧПУ на основі інформації про опис плати.
3. Експонування. Заготівля плати покривається фоточутливим матеріалом - фоторезистом (змінює свою розчинність в залежності від дози поглиненого випромінювання), після чого вона покривається фотошаблоном і проводиться її засвічення потужним джерелом ультрафіолетового випромінювання. Після експонування засвічений фоторезист видаляється розчинником. (Як варіант може застосовуватися негативне експонування з подальшою металізацією лише струмопровідних місць плати.)
4. Травлення. Плата поміщається в травильний розчин, який розчиняє ділянки металізації, не покриті шаром фоторезиста. Після травлення на платі формується готовий рисунок друкованого монтажу.
5. Промивання й очищення.
6. Пресування багатошарових плат, обрізка.

Після виготовлення плати в ряді випадків (при використанні компонентів поверхневого монтажу) можливий автоматичний монтаж елементів на платі за допомогою робота-маніпулятора (елементи фіксуються в'язкою паяльною пастою на контактних майданчиках плати, після чого плата піддається термічній обробці, під впливом якої елементи припаюють до майданчиків).

Параметри розробляємої апаратної системи оптимізують на її фізичній моделі (макеті), номінальні параметри елементів якої відповідають розрахунковим. Завдання макетування полягає в тому, щоб отримати необхідні значення вихідних параметрів, встановити необхідні режими роботи, дослідити вплив зовнішніх факторів на функціонування апаратури.

Експериментальне налагодження проводиться шляхом послідовного підбору параметрів для кожного з функціональних елементів. Для скорочення

					13.ДР.123.4651.01.ПЗ.Р4	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

термінів налагодження необхідно застосовувати методи планування експерименту, а також використовувати оптимізацію на чисельних моделях із застосуванням ЕОМ.

4.3 Розробка печатних плат за допомогою програми Accel EDA PCB

4.3.1 Відповідність між елементом схеми і його фізичної сутністю

Будь-який елемент схеми, за винятком деяких - таких як символи землі і харчування, мають будь-яке фізичне обличчя. Наприклад, мікросхема К155ЛА3 містить в собі 4 логічних елемента 2І-НІ, які розміщуються на кремнієвій пластині розміром 4 * 4 мм, вміщеній в пластиковий або керамічний корпус з 14 висновками. Даний корпус в міжнародній класифікації маркується як DIP -14. Для проектування ПП важливі розміри корпусу мікросхем (або будь-яких інших деталей) і розташування висновків, під які відведено спеціальні області, які називаються контактними майданчиками (в Р - САД [5] звані Pad) до яких і здійснюється пайка виведення для забезпечення електричного контакту з майданчиком і механічної фіксації деталі на платі.

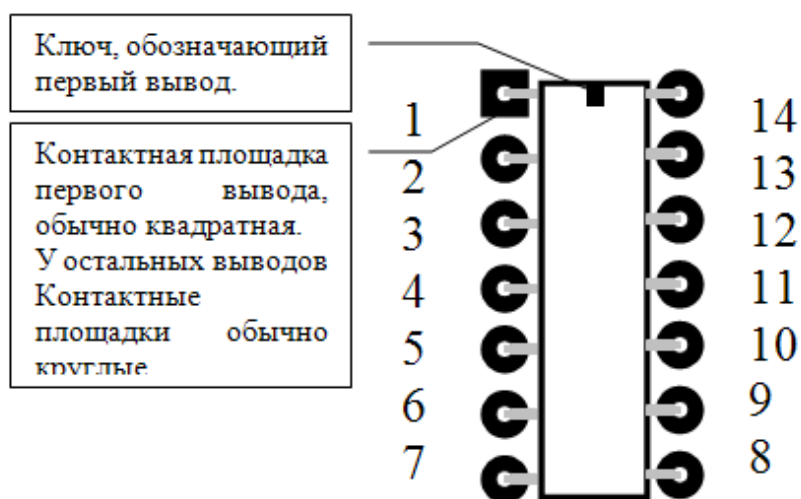


Рисунок 4.1 — Зовнішній вигляд корпусу DIP -14

4.3.2 Печатні плати в Accel EDA PCB

Схемний редактор Accel EDA PCB [5] використовує багатошарове уявлення ПП, фізично під шаром ПП розуміють шар, в якому розташована металізація - мідні доріжки. В Accel PCB існує як мінімум 11 шарів, лише два з яких призначені для розведення.

Існує три типи шарів в проекті ПП - це:

1. Signal layer - сигнальний шар, шар в якому розміщується розводка.
2. Plane layer - «площинний» шар, на шарі даного типу зазвичай не виробляють трасування, він служить для підведення живлення і земля до елементів схеми. Шар складається з суцільної смуги міді або мідної сітки.

3. Non - Signal layer - не сигнальний шар - шари на яких розміщуються проекції корпусів, написи і інша інформація необхідна для виробництва ПП (центри свердління, місця приклеювання радіоелементів і д.р.)

Для навчальних цілей необхідно знати призначення лише деяких шарів:

1. Top Silk - шар розташований зверху ПП (з боку елементів) і містить інформацію про проекції корпусів (для контролю накладення) та найменування елементів для монтажу.

2. Top - верхній сигнальний шар.

3. Bottom - нижній сигнальний шар.

Якщо проектувана ПП повинна мати більшу кількість сигнальних шарів вони можуть бути додані в будь-який час. Найчастіше при проектуванні ПП для цифрових схем виникає необхідність мати 4 шари - два сигнальних і два шари харчування, відповідно доводиться додавати два шари типу Plane.

4.3.3 Технологічний редактор Accel EDA PCB

Технологічний редактор Accel PCB служить для автоматичного створення і редагування печатних плат - зміни положення елементів, товщини деяких доріжок розведення і д.р. Редактор здатний створити проект нової ПП (печатної плати) зі списку з'єднань (netlist) який створюється схемним редактором

					13.ДР.123.4651.01.ПЗ.Р4	Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

AccelSchematic. Редактор призначений безпосередньо для редагування ПП, а не для розміщення та розведення ПП, іншими словами технологічний редактор сам не в змозі розводити ПП і розміщувати елементи. Для розміщення і трасування ПП в пакет Accel входить програмний продукт під назвою «SPECTRA» [5]. Технологічний редактор використовує програми для розміщення і розведення. Якщо в постачанні відсутня "SPECTRA", то розміщення доведеться виконати вручну або скористатися готовим розміщенням, прийнятим за замовчуванням при створенні проекту. Для розведення ПП служать утиліти, що входять в пакет, можливо так само використання ручної розводки.

Головне вікно програми має деяку кількість елементів управління, деякі з яких будуть розглянуті нижче.

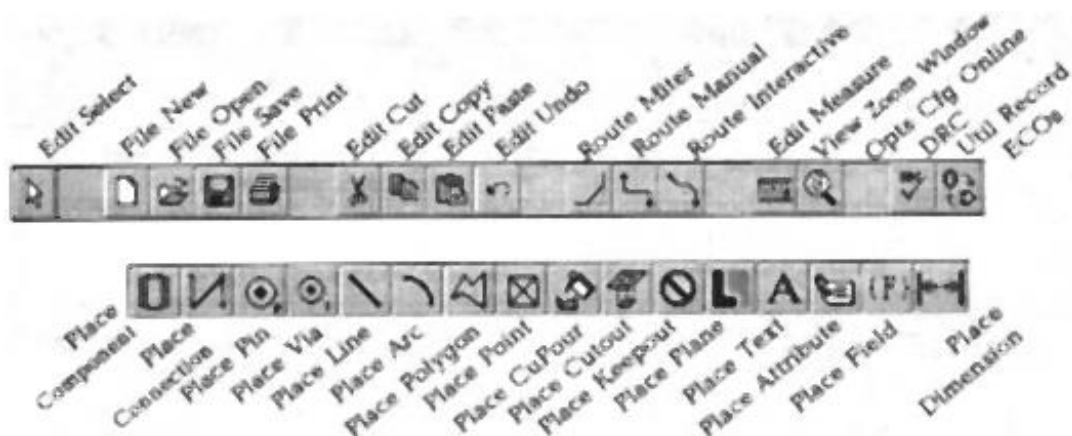


Рисунок 4.2 — Відповідність команд редактора Accel EDA PCB і піктограм

4.3.4 Створення нового проекту. Установка начальных параметрів

Після запуску технологічного редактора автоматично буде створений новий проект, для якого ви повинні встановити параметри ПП.

Необхідно встановити метричну систему вимірювання і визначити розміри робочого поля. Для цього необхідно викликати діалогове вікно «Options Configure» з меню: Options \ Configure. З'явиться наступне вікно:

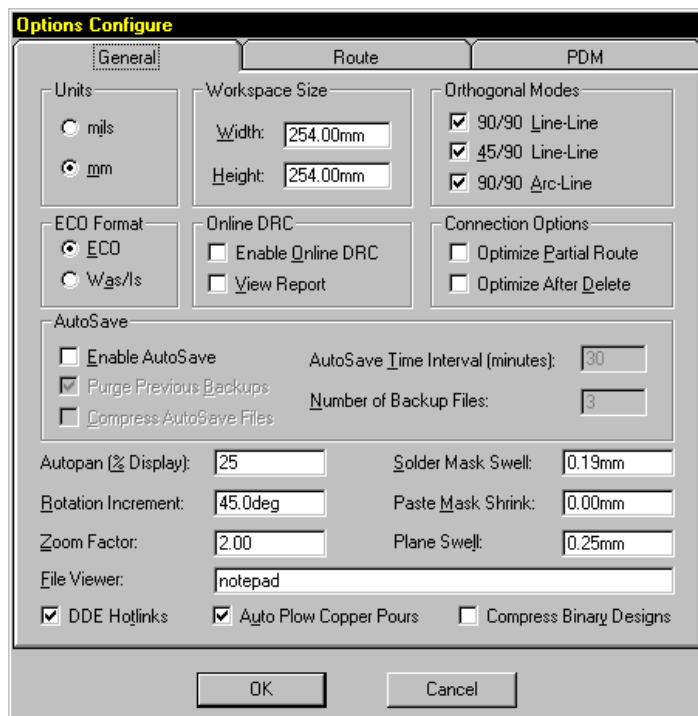


Рисунок 4.3 — Діалогове вікно “Options Configure”

У групі Units (одиниці) встановіть «mm» і в групі Workspace Size встановіть бажаний розмір ПП (в навчальних цілях розміру за замовчуванням - 254 * 254 мм більш ніж достатньо, і змінювати його зазвичай немає необхідності).

Перед завантаженням списку з'єднань необхідно вибрати використовувані бібліотеки. Інформація про фізичні властивості елементів не міститься безпосередньо в списку з'єднань, там лише містяться символічні імена компонент, тому для Accel EDA PCB необхідно безпосередню вказувати бібліотеки використаної при малюванні схеми [5].

Для вибору бібліотеки необхідно вибрати пункт меню "Library \ Setup". З'явиться наступне вікно:

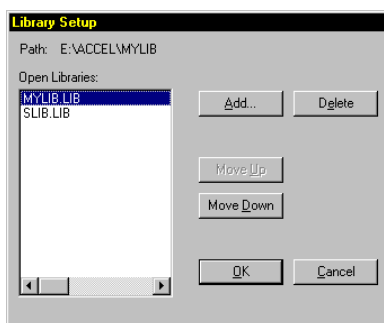


Рисунок 4.4 — Діалогове вікно Library Setup

В даному вікні відображається інформація про відкриті бібліотеки. Необхідно додати бібліотеку, використану при малюванні схеми за допомогою кнопки "Add".

4.3.5 Завантаження списку з'єднань

Для автоматичного переміщення деталей на ПП і з'єднання їх використовується команда завантаження списку з'єднань. До завантаження список з'єднань (netlist) повинен згенеруватися схемним редактором.

Для завантаження списку з'єднань виберете пункт меню: Utils \ Load Netlist
З'явиться діалогове вікно:

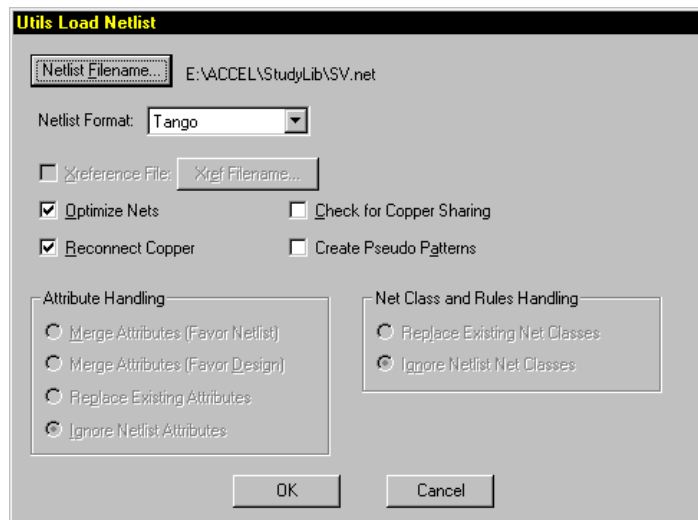


Рисунок 4.5 — Діалогове вікно Utils Load Netlist

Оберіть файл кнопкою Netlist Filename, той який був створений схемним редактором, і оберіть формат списку з'єднань - він повинен відповідати тому, який був застосований при генерації списку з'єднань схемним редактором. Опцію оптимізації (Optimize Nets) бажано включити, так як це прискорить роботу трасувальника.

Після завантаження списку з'єднань на робочому полі з'являться елементи, використані в схемі:

					13.ДР.123.4651.01.ПЗ.Р4	Арк.
						79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

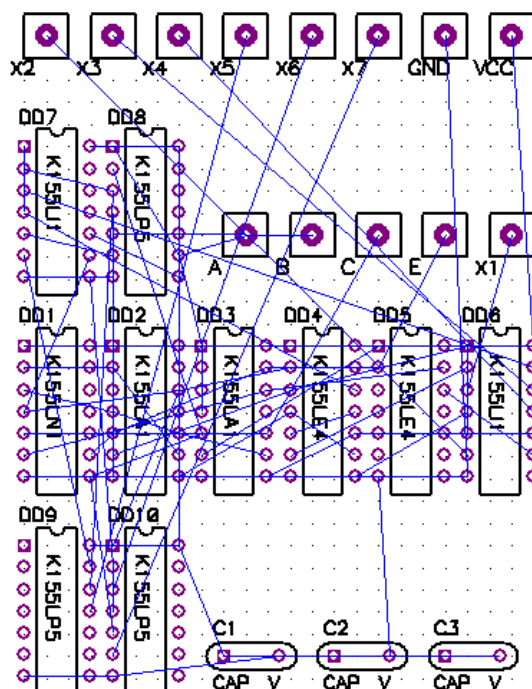


Рисунок 4.6 - Робоча область після завантаження списку з'єднань

Як видно з рисунка поки ПП не має кордонів, і елементи не розміщені належним чином.

4.3.6 Ручне розміщення елементів

Розміщувати елементи вручну необхідно, коли з тих чи інших причин неможливе використання авторозміщення (пункт меню Place \ Autoplacement ...) або якщо необхідно поліпшити розміщення, отримане від програми авторозміщення.

Обов'язково вручну розміщуються елементи, розташування яких вже відомо це зовнішні висновки, зазвичай габаритні елементи, елементи індикації, елементи кріплення.

В першу чергу розміщуються з'єднання плати з зовнішнім світом в нашому випадку зовнішні поодинокі висновки, які необхідно розміщувати по внутрішньому периметру ПП. Після розміщення таких елементів їх необхідно зафіксувати (для виключення їх перерозміщення програмою авторозміщення). Для фіксації елементів їх спочатку необхідно вибрати (групове виділення, використовуючи клавішу Ctrl і ліву кнопку миші - як зазвичай в Windows). Після

того як елементи обрані з меню, що випадає (права кнопка миші) виберіть пункт Properties і у вікні, позначте Fixed.

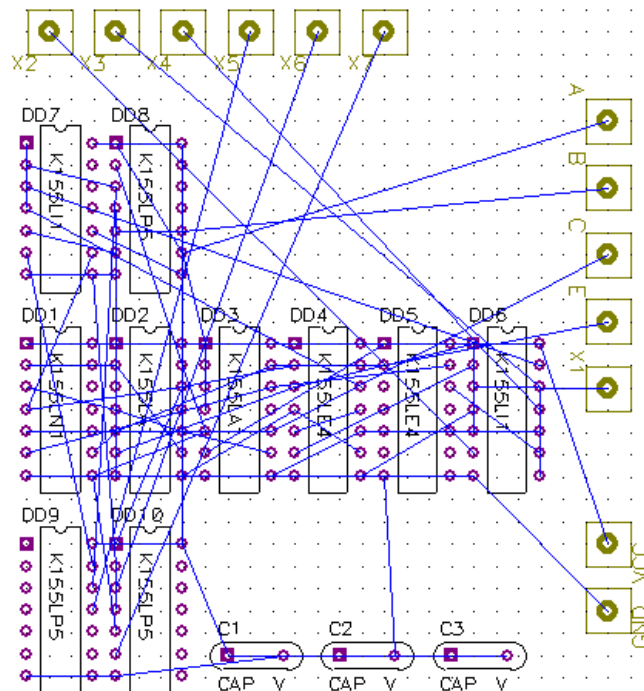


Рисунок 4.7 - ПП з розміщеними і зафіксованими зовнішніми висновками

В наступну чергу розміщують всі інші елементи спочатку мікросхеми, а за тим конденсатори. За правилами схемотехніки блокувальні конденсатори (а саме такими є конденсатори C1-C3 - блокують перешкоди по ланцюгах харчування) необхідно розміщувати якомога ближче до мікросхем. Цього правила бажано дотримуватися. Крім того мікросхеми необхідно розміщувати стрункими рядами, для полегшення подальшого монтажу.

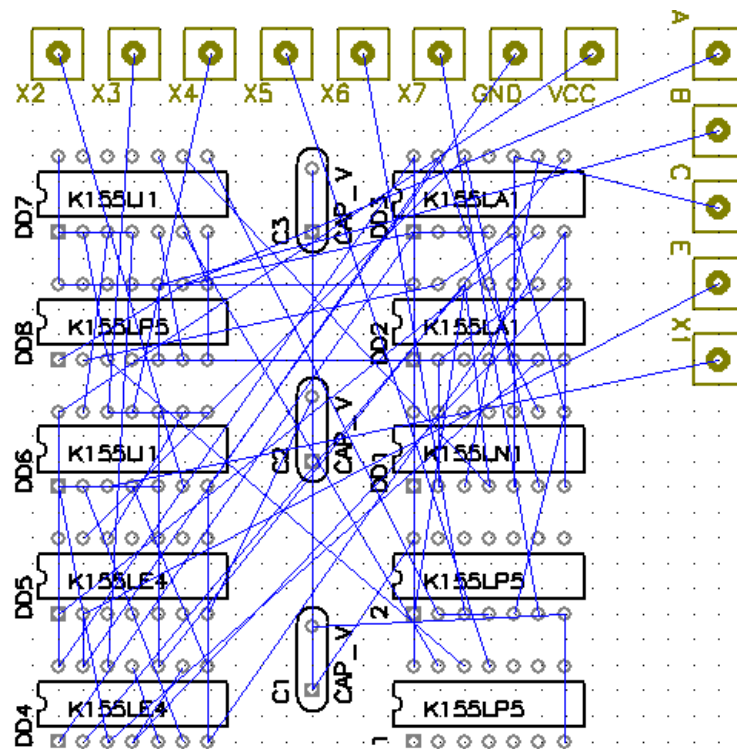


Рисунок 4.8 - ПП з розміщеними елементами

4.3.7 Установка кордонів ПП

Будь-яка ПП повинна мати певні межі, необхідні при її виготовленні. У загальному випадку межі визначаються після розміщення, але вони можуть бути, і фіксовано заданими, наприклад, при проектуванні ПП для конкретного корпусу (наприклад, плата сполучення для РС - її розміри обмежені, і ширина не може бути меншою за ширину роз'єму - наприклад ISA).

Кордон в технологічному редакторі являє собою набір ліній, що утворюють замкнутий контур (обов'язково), який може бути поміщений в будь-яку точку робочого поля і мати будь-яку форму. Кордон ПП розміщується обов'язково в шарі "Board".

Для приміщення кордону необхідно спочатку встановити поточним шаром шар "Board". У рядку стану є список, що випадає, в якому можна вибрати поточний шар. Можна так само використовувати пункт меню "Options \ Layers", вибравши поточний шар у вікні.

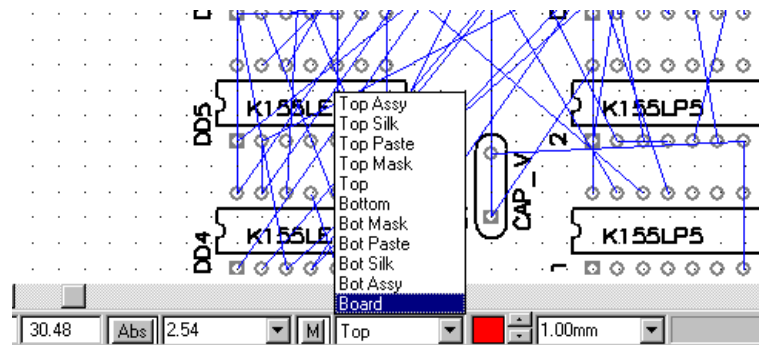


Рисунок 4.9 — Вибір поточного шару

Потім вибрати пункт меню Place \ Line (помістити лінію) або відповідну йому кнопку. Лінія малюється за допомогою опорних точок, які поміщаються на полі після натискання лівої кнопки миші. Нагадаємо, що лінія обрізки повинна бути розміщена в шарі "Board".

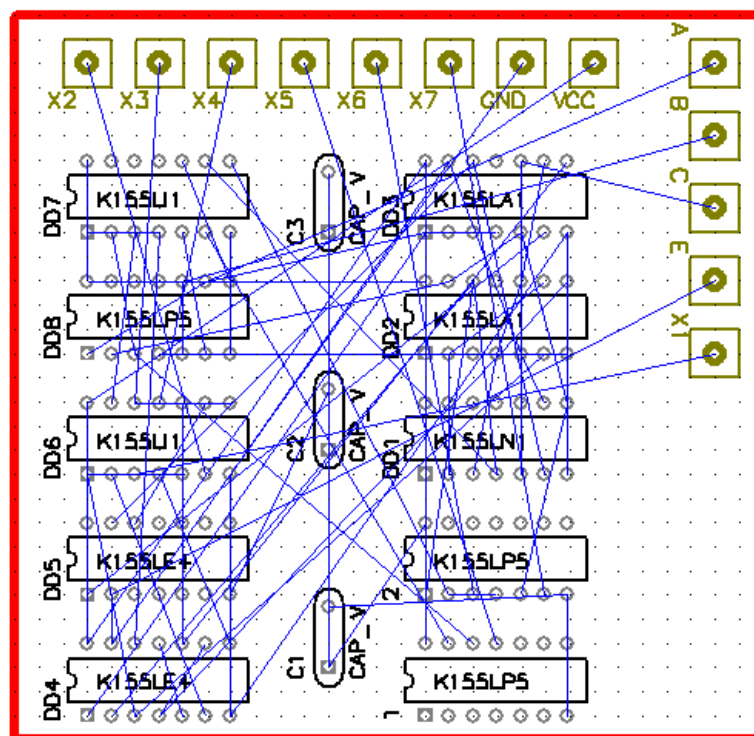


Рисунок 4.10 — ПП з розміщеною лінією обрізки (лінія червоного кольору, шар - Top)

4.3.8 Автоматичне трасування

Система Accel EDA надає широкі можливості для автоматичного трасування ПП. Можливе використання трасувальника Quick Route - простий і швидкий трасувальник, що часто використовується для підготовки до ручного трасування нескладних плат; ProRoute - потужний трасувальник ПП володіє всіма можливостями професійного трасувальника [5].

Для виконання автоматичного трасування необхідно вибрати пункт меню Route \ Autorouters - з'явиться діалогове вікно, в якому необхідно вибрати трасувальник і встановити параметри (в навчальних цілях використовувати параметри за замовчуванням).



Рисунок 4.11 — Діалогове вікно автотрасування

Для початку трасування необхідно натиснути кнопку "Start". Якщо не були обрані вихідні файли і трасування проводиться не в перший раз (Output PCB File, Output Log File), то програма запросить про створення нових або перепису цих файлів.

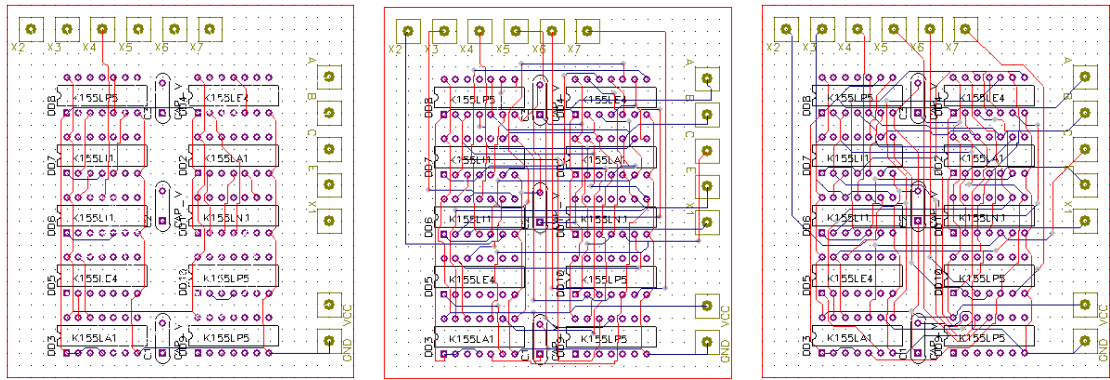


Рисунок 4.12 — Процес трасування ПП

4.4 Печатна плата головного блоку системи

На рисунках 4.13-4.15 зображена друкована плата проектованої системи.

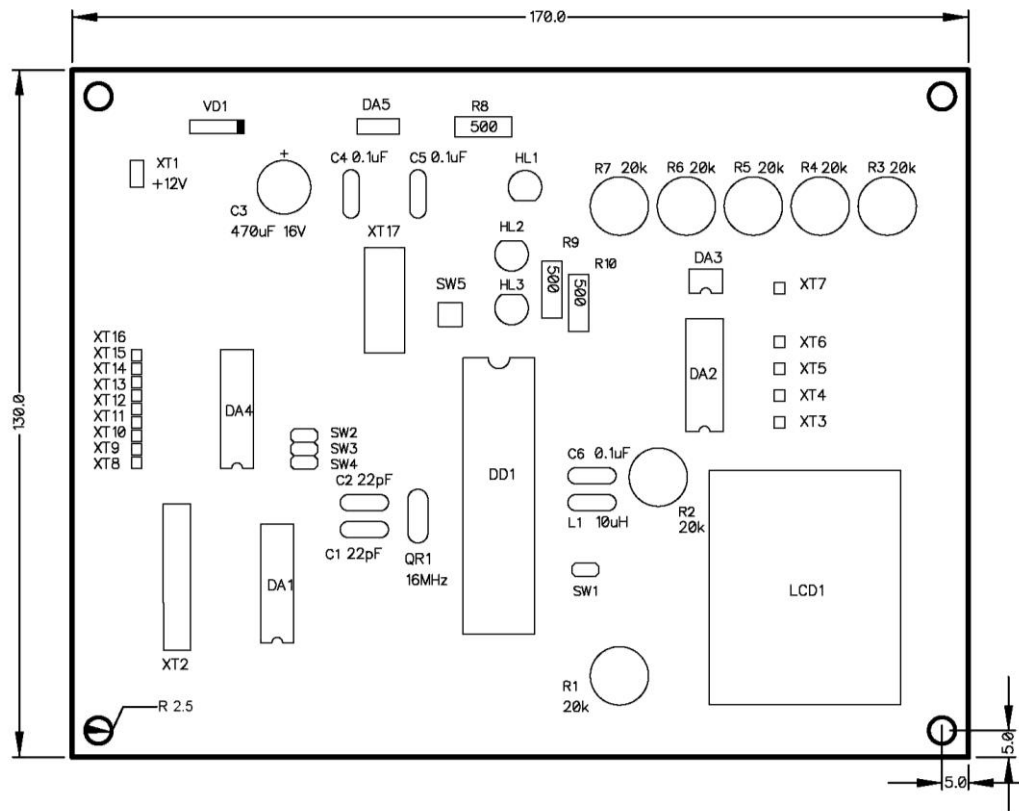


Рисунок 4.13 — Розташування елементів на печатній платі головного блоку системи

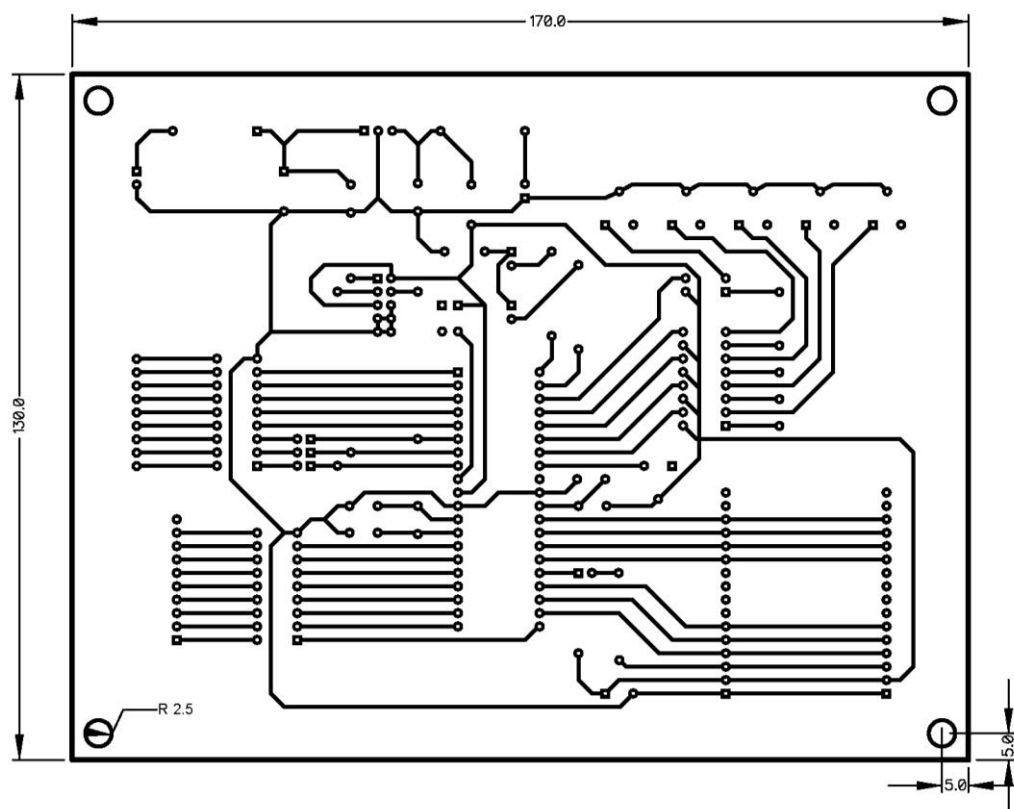


Рисунок 4.14 — Верхній шар печатної плати головного блоку системи

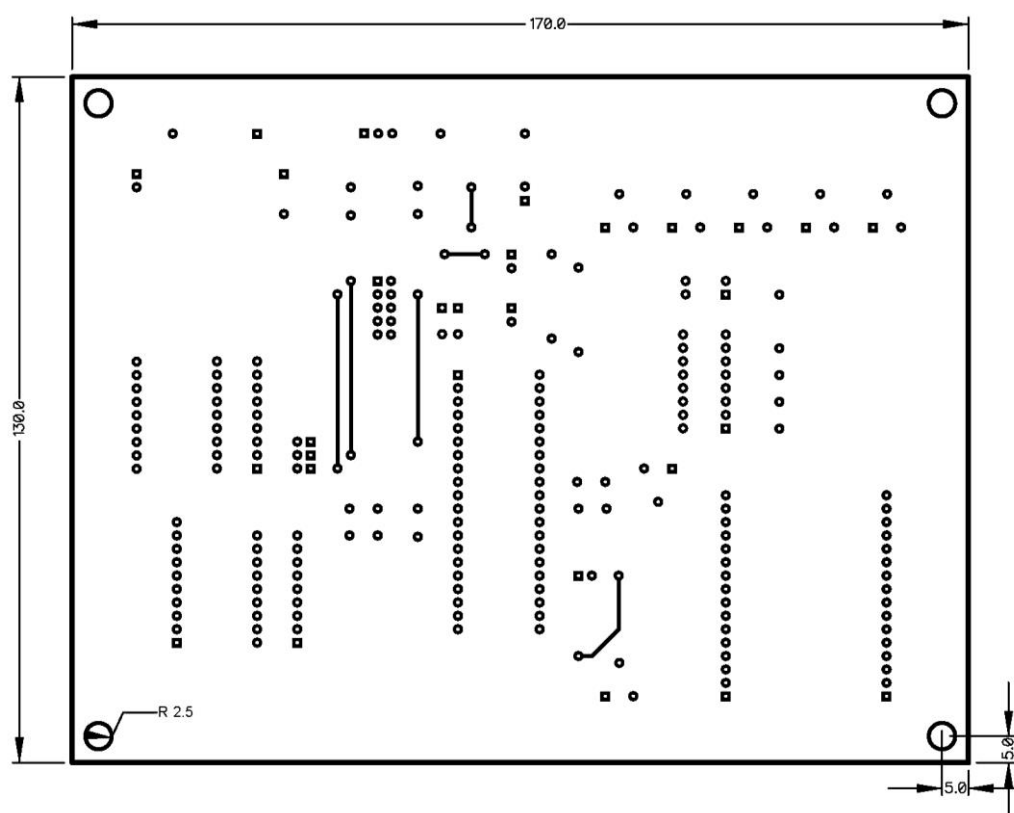


Рисунок 4.15 — Нижній шар печатної плати головного блоку системи

					13.ДР.123.4651.01.ПЗ.Р4	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		86

4.5 Печатна плата програматора

На рисунках 4.16-4.18 зображена печатная плата програматора.

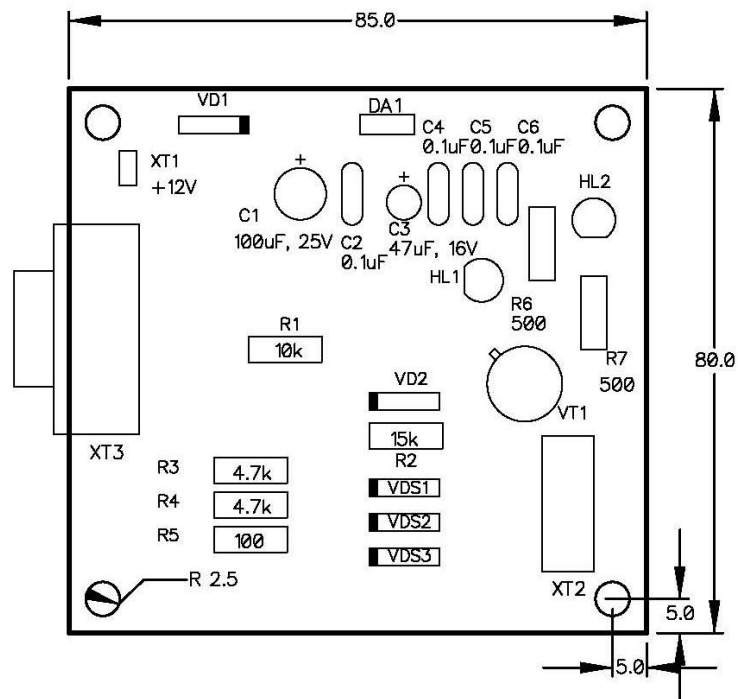


Рисунок 4.16 — Розміщення елементів на печатній платі програматора

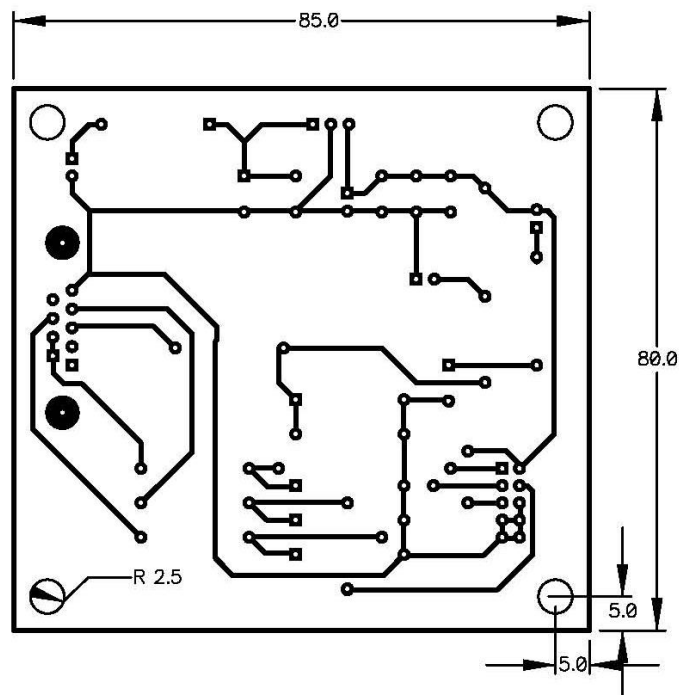


Рисунок 4.17 — Верхній шар печатної плати програматора

					13.ДР.123.4651.01.ПЗ.Р4	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		87

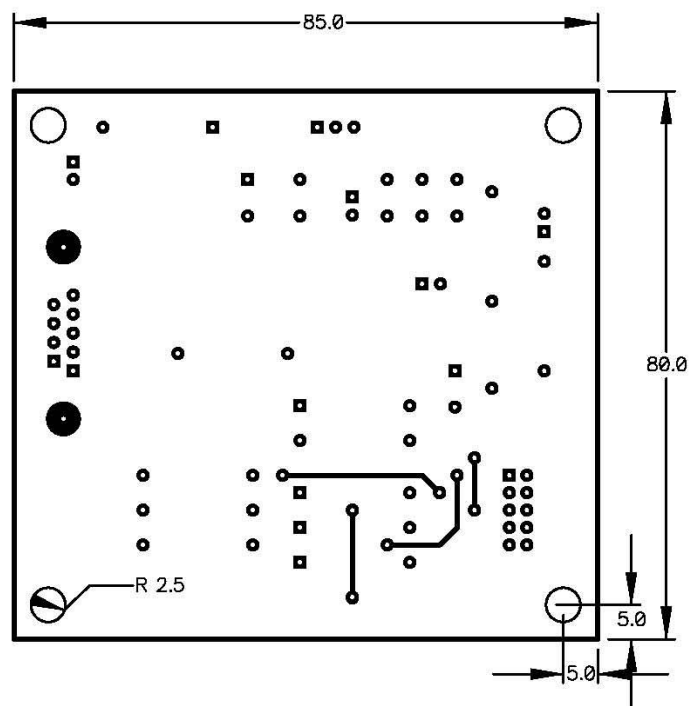


Рисунок 4.18 — Нижній шар печатної плати програматора

Висновки за розділом 4

В ході виконання проекту була розроблена печатна плата головного блоку системи. Печатні плати розроблялися за допомогою сучасної системи автоматизованого проектування P-CAD [5]. Дані друковані плати є двошаровими і були створені таким чином, щоб мінімізувати кількість перехідних отворів, а також з'єднань в другому шарі печатної плати, що спрощує печатну плату і полегшує її процес виготовлення. При створенні печатних плат була обрана товщина доріжок 0,7 мм, що також спрощує процес виготовлення печатних плат і підвищує надійність.

					13.ДР.123.4651.01.ПЗ.Р5			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Данильчук І.О.			МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Гайдай Г.Ю.						
Консульт.								
Н. контроль		Грешнов А.Ю.				НУК ім. ам. Макарова		
Зав. каф.								

РОЗДІЛ 5. МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ

5.1 Загальні положення

1 Об'єктами метрологічного забезпечення, що розробляються є вимірювальні канали, їх вимірювальні та обчислювальні компоненти.

2 Основними завданнями метрологічного забезпечення системи є:

- аналіз і оцінка технічних рішень щодо норм точності і вибору параметрів, які підлягають вимірюванню та забезпечення методами і засобами вимірювань;
- встановлення єдиного порядку передачі розміру одиниць фізичних величин;
- встановлення єдиних вимог щодо номенклатури, нормування і передавання метрологічних характеристик вимірювальних каналів системи;
- визначення дійсних значень метрологічних характеристик вимірювач — них каналів системи і відповідності їх встановленим нормам;
- визначення похибок обчислювальних компонентів вимірювальних каналів системи і відповідності їх встановленим нормам;
- встановлення вимог до метрологічного нагляду за системою і можливості їх здійснення;
- встановлення відповідності системи сучасному технічному рівню і підготовка рекомендації щодо доцільності їх виробництва;
- встановлення придатності системи до експлуатації;
- встановлення повноти робіт з метрологічного забезпечення системи та відповідності вимогам НД з метрології.

3 Метрологічне забезпечення вимірювальних компонентів і вимірювальних каналів ВІС, які випускаються серійно, здійснюється відповідно до НД з метрології з урахуванням вимог сумісності, регламентованих ДСТУ 22315.

4 Державного метрологічного контролю і нагляду підлягають ВІС, які - застосовуються:

- як робочі еталони для перевірки робочих засобів вимірювальної техніки;

					13.ДР.123.4651.01.ПЗ.Р5	Арк.
						90
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- для проведення державних випробувань для затвердження типу засобів вимірювальної техніки;
- в галузі охорони здоров'я;
- при виробництві і контролі продуктів харчування;
- при здійсненні заходів щодо захисту навколишнього природного середовища, охорони праці та й техніки безпеки;
- при геодезичних і гідрометеорологічних роботах;
- при торгових операціях, включаючи всі види діяльності, пов'язані з визначенням кількості і якості товару;
- при наданні послуг зв'язку;
- при державному обліку матеріальних ресурсів (електроенергії і теплової енергії, газу, нафтопродуктів і т.д.);
- при проведенні податкових, митних та поштових операцій;
- при проведенні випробувань і контролю якості продукції державними або уповноваженими чи іншими органами з метою визначення відповідності продукції обов'язковим вимогам державних стандартів України;
- в разі обов'язкової сертифікації продукції;
- при судових, арбітражних, слідчих та інших експертизах, які проводять — ся за дорученням державних органів;
- на транспорті для забезпечення безпеки руху;
- при реєстрації національних і міжнародних спортивних рекордів.

5 Роботи з метрологічного забезпечення ВІС повинні виконувати організації та органи Державної метрологічної служби і метрологічні служби центральних органів виконавчої влади, підприємств і організацій, акредитованих на право проведення випробувань, метрологічної атестації, повірки (калібрування) ВІС або інших видів метрологічного нагляду в порядку, встановленим Держстандартом України.

6 Головною організацією з метрологічного забезпечення ВІС в Україні є Державний науково-дослідний інститут «Система».

					13.ДР.123.4651.01.ПЗ.Р5	Арк.
						91
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.2 Склад робіт з метрологічного забезпечення ВІС

1 Під час розробки ВІС проводять такі роботи з метрологічного забезпечення:

- метрологічну експертизу технічного завдання на розробку ВІС, конструкторської і програмної документації;
- розробку методик виконання вимірювань, програм і методик приймальних випробувань, програм і методик метрологічної атестації ВІС, програм експериментальних досліджень методик виконання вимірювань, програм метрологічної атестації обчислювальних компонентів, методик повірки ВІС;
- державні приймальні випробування зразків ВІС, призначених для серійного виробництва, а також надходять партіями з-за кордону;
- метрологічну атестацію ВІС одиничного виробництва.

2 При виробництві ВІС проводять такі роботи:

- метрологічну експертизу технологічної документації ВІС, призначену для серійного виробництва;
- первинну перевірку ВІС серійного виробництва.

3 При впровадженні ВІС проводять такі роботи:

- метрологічну атестацію ВІС, монтаж і налагодження яких здійснюють безпосередньо на об'єкті експлуатації;
- метрологічну атестацію ВІС в умовах, які відрізняються від умов, для яких нормовані їх метрологічні характеристики;
- метрологічну атестацію обчислювальних компонентів вимірювальних каналів ВІС;
- розробку (при необхідності) та метрологічну атестацію методик виконання вимірювань.

4 Під час експлуатації ВІС проводять такі роботи:

- метрологічне супровід обчислювальних компонентів вимірювальних каналів ВІС;
- періодичну повірку (калібрування) ВІС.

					13.ДР.123.4651.01.ПЗ.Р5	Арк.
						92
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 Під час проведення робіт згідно з п.п. 1 - 4 здійснюється державний метрологічний нагляд і (або) метрологічний контроль, а також аналіз стану метрологічного забезпечення ВІС.

5.3 Зміст робіт з метрологічного забезпечення ВІС

5.3.1 Метрологічна експертиза технічних завдань на розробку ВІС

Зміст і порядок проведення метрологічної експертизи технічних завдань на розробку ВІС регламентовані МІ 1314 і МІ 179.

5.3.2 Метрологічна експертиза конструкторської та технологічної документації

Зміст і порядок проведення метрологічної експертизи конструкторської та технологічної документації регламентовані МІ 1325.

5.3.3 Метрологічна експертиза програмної документації

1 Метрологічній експертизі підлягають такі документи:

- технічне завдання на розробку;
- опис програми;
- програма і методика випробувань;
- Пояснювальна записка;
- керівництво оператору;
- формуляр;
- опис застосування.

При проведенні метрологічної експертизи програмної документації встановлюють обґрунтованість вибору і повноту оцінки похибок обчислювальних компонентів, можливість їх контролю та обґрунтованість вибору їх значення.

					13.ДР.123.4651.01.ПЗ.Р5	Арк.
						93
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.3.4 Державні випробування ВІС

1 Організація і порядок проведення державних випробувань (приймальних і контрольних) ВІС, призначених для серійного виробництва, здійснюються згідно вимогам ДСТУ 3400.

2 Методика проведення державних випробувань регламентована Тпр. 50.

5.3.5 Метрологічна атестація ВІС

1 Організація і порядок проведення метрологічної атестації ВІС регламентована МІ 2002.

2 Побудова і зміст програм і методик метрологічної атестації ВІС регламентовані Тпр.66.

5.3.6 Метрологічна атестація обчислювальних компонентів вимірювальних каналів ВІС

1 На метрологічну атестацію подають:

- програмну документацію на обчислювальний компонент;
- відомості про діапазоні зміни вхідних даних і їх похибки;
- програму і методику метрологічної атестації обчислювального компонента;
- вихідний текст програми на магнітному носії;
- відомості про технічні характеристики і параметри засобів обчислювальної техніки;
- проект програми і методики метрологічного супроводу обчислювального компонента.

2 При проведенні метрологічної атестації обчислювальних компонентів визначають:

- оцінки похибок обчислювальних компонентів і відповідності їх вимогам технічного завдання на розробку;
- придатність обчислювальних компонентів до застосування в складі ВІС.

					13.ДР.123.4651.01.ПЗ.Р5	Арк.
						94
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.3.7 Метрологічне супровід обчислювальних компонентів вимірювальних каналів ВІС

1 При метрологічному супроводі обчислювальних компонентів визначають:

- оцінку похибок обчислювальних компонентів після модифікації і відповідність їх вимогам технічного завдання на розробку;
- ступінь впливу модифікації обчислювальних компонентів на їх метрологічні властивості;
- доцільність проведення метрологічної атестації обчислювальних компонентів після модифікації;
- придатність обчислювального компонента до застосування в складі ВІС після модифікації.

2 Метрологічний супровід обчислювальних компонентів проводиться згідно з програмою і методикою метрологічного супроводу.

5.3.8 Метрологічна атестація методик виконання вимірювань

Організація і порядок проведення метрологічної атестації методик виконання вимірювань регламентовані ДСТУ 8.010.

5.3.9 Повірка (калібрування) ВІС

1 В комплект документації, яку подають при перевірці (калібруванню) ВІС, повинні входити:

- свідоцтво про метрологічну атестацію або повірку (калібрування) ВІС;
- експлуатаційна документація по ДСТУ 2.601;
- методика повірки (калібрування);
- свідоцтво про метрологічну атестацію обчислювальних компонентів (в разі, коли вона передбачена);

2 При проведенні повірки ВІС визначають:

- дійсні значення метрологічних характеристик вимірювальних каналів і відповідність їх нормованим значенням, наведеним в експлуатаційній документації на ВІС;

					13.ДР.123.4651.01.ПЗ.Р5	Арк.
						95
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- придатність ВІС для подальшого застосування.

3 Перевірку вимірювальних каналів ВІС проводять згідно з вимогами методики перевірки, яку розробляють відповідно РД 50-660.

5.3.10 Державний метрологічний нагляд і метрологічний контроль за - розробкою, виробництвом, впровадженням і експлуатацією ВІС

Організація і порядок проведення державного метрологічного нагляду і метрологічного контролю за ВІС регламентовані МІ 219.

5.4 Перелік визначених характеристик похибки вимірювальних каналів

До визначеним характеристикам похибки ІК згідно ДСТУ 8.009 відносять:

- систематичну складову похибку ;
- середньоквадратичне відхилення випадкової складової похибки;
- похибка ІК.

5.5.1 Вимоги до вихідної інформації

1 Інформація про вимірювальні компоненти ІК повинна складатися з таких відомостей:

- значення верхньої і нижньої меж діапазону вимірювань кожного з вимірювальних компонентів;
- значення математичного очікування і середньоквадратичного відхилення систематичної складової основної похибки вимірювальних компонентів.

2 Інформація про програму повинна складатися з таких відомостей:

- кількість спостережень (значення числа k) і найменування вхідних величин, порядок і спосіб введення їх значень;
- найменування вихідної величини і порядок виведення її значень;
- вид і властивості функції перетворення програми.

					13.ДР.123.4651.01.ПЗ.Р5	Арк.
						96
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.5.2 Підготовка вхідних даних до експерименту

1 Вибір експериментальних точок $X_r[i]$, $r = \overline{1, K}$ (їх кількість і значення вхідних величин), в яких буде проводитися визначення характеристик похибки ІК, здійснюють по кожній вхідній величині X_r на підставі інформації про вимірювальних компонентах ІК, про вид і властивості функції перетворення програми. Мінімальна кількість таких точок - три: на початку, в кінці і посередині діапазону вимірювань допустимих значень вхідної величини. Якщо функція перетворення програми має розриви, то точки розриву додатково включають в число експериментальних точок.

Кількість експериментальних точок по r -й вхідній величиною X_r позначають — N_r , $r = \overline{1, K}$.

2 Вибір числа експериментів в експериментальних точках по кожній вхідній величині здійснюють на підставі інформації про закон розподілу похибки вимірювальних компонентів і їх статистичних характеристиках, а також про якість кожного генератора випадкових чисел, за допомогою якого формується масив вхідних даних в кожній експериментальній точці $X_r[i]$, де $i = \overline{1, N_r}$; $r = \overline{1, K}$. Генератор випадкових чисел (програмний або фізичний) повинен формувати масиви чисел $\xi_r[j]$, $j = \overline{1, M_r}$, розподілених за тим же законом розподілу, що і похибка r -го вимірювального компонента (з тими ж статичними характеристиками). Масиви значень $X_r[i, j]$ формують за формулою

$$X_r[i, j] = X_r[i] \times (1 + \xi_r[j]), \quad (5.1)$$

де $\xi_r[j]$ - j -е значення r -й випадкової величини, сформований за допомогою r -го генератора випадкових чисел.

У кожній експериментальній точці $X_r[i]$ формують стільки масивів вхідних даних $X_r[i, j]$, Скільки необхідно для прийняття статистичної гіпотези про розподіл випадкової величини ξ_r за законом розподілу з необхідними статистичними характеристиками.

Кількість масивів вхідних даних в кожній експериментальній точці по r - й вхідний величиною X , вважають однаковим і позначають — $M_r, r = \overline{1, K}$.

5.5.3 Підготовка програми до проведення експериментів

Підготовка програми до проведення експериментів полягає в заміні автоматизованого введення вхідних величин (від вимірювальних компонентів) на ручне введення з клавіатури, або на зчитування підготовлених масивів вхідних даних з магнітного носія, в залежності від потреб дослідника. Така заміна повинна проводитися кваліфікованим програмістом (бажано розробником цієї програми) і не повинна порушувати основного алгоритму обробки програми.

5.5.4 Послідовність визначення характеристик похибки вимірювального каналу

1 Проводять перетворення кожного з масивів вхідних даних $X_r[i, j]$, де $r = \overline{1, K}, i = \overline{1, N_r}, j = \overline{1, M_r}$, підготовлених відповідно до 5.5 .2, за допомогою програми, модифікованої відповідно до 5.5 .3, і фіксують результати спостережень $Y[i, j], i = \overline{1, N}, j = \overline{1, M}$.

2 При необхідності в кожній експериментальній точці оцінюють аномальність результатів обробки (спостережень). Виправлені результати позначають через $Z[i, j]$.

3 Оцінку систематичної складової похибки $\tilde{\Delta}_s[i]$ ІК в i - й експериментальній точці проводять за формулою

$$\tilde{\Delta}_s[i] = (\bar{Z}[i] - Z[i]), \quad (5.2)$$

де $\bar{Z}[i]$ - середнє арифметичне значення скоригованих результатів спостережень в i - й експериментальній точці;

$Z[i]$ — дійсне (справжнє) значення результату спостережень в i - й експериментальній точці (при вхідних даних з нульовою похибкою). Величину $\bar{Z}[i]$ визначають за формулою

$$\bar{Z}[i] = \frac{1}{M} \times \sum_{j=1}^M Z[i, j], \quad (5.3)$$

де $Z[i, j]$ — відкориговані відповідно до п. 2 результати спостережень в i -й експериментальній точці j -м експерименті.

4 Оцінку межі систематичної складової похибки ІК проводять по формулі

$$\tilde{\Delta}_{SP} = \max \tilde{\Delta}_s[i], \quad (5.4)$$

5 Оцінку дисперсії $\tilde{D}[\Delta]$ випадкової складової похибки ІК в i -й експериментальній точці проводять за формулою

$$\tilde{D}[\Delta[i]] = \left\{ \frac{1}{M-1} \right\} \times \sum_{j=1}^M (Z[i, j] - \bar{Z}[i])^2. \quad (5.5)$$

6 Оцінку середнього квадратичного відхилення $\tilde{\sigma}[\Delta]$ випадкової складової похибки ІК проводять за формулою

$$\tilde{\sigma}[\Delta[i]] = \sqrt{\tilde{D}[\Delta[i]]}. \quad (5.6)$$

7 Оцінку середнього квадратичного відхилення випадкової складової похибки ІК проводять таким чином:

- обчислюють відношення G найбільшого значення дисперсії (в діапазоні) до суми всіх значень дисперсій за формулою

$$G = \frac{\left(\max \tilde{D}[\Delta[i]] \right)}{\sum_{i=1}^N \tilde{D}[\Delta[i]]}, \quad (5.7)$$

— обчислене значення G порівнюють з критичним значенням G_{KP} ;

— якщо $G \leq G_{KP}$, то слід вважати, що дисперсія однорідна, в іншому випадку - неоднорідного;

— якщо дисперсія неоднорідна, за оцінку середнього квадратичного відхилення випадкової складової похибки ІК приймають найбільше значення, що розраховується по формулі

$$\tilde{\sigma}[\Delta] = \max \tilde{\sigma}[\Delta[i]]; \quad (5.8)$$

					13.ДР.123.4651.01.ПЗ.Р5	Арк.
						99
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

— якщо дисперсія однорідна, за оцінку середнього квадратичного відхилення випадкової складової похибки ІК приймають середнє значення, яке розраховується за формулою

$$\tilde{\sigma}[\Delta] = \left(1/N\right) \times \sum_{i=1}^N \tilde{\sigma}[\Delta[i]]. \quad (5.9)$$

8 Межі інтервалу, в якому з довірчою ймовірністю P знаходиться похибка ІК, знаходять таким чином:

- обчислюють у кожній експериментальній точці кордону довірчого інтервалу за формулами

$$\begin{aligned} \Delta_B[i] &= \tilde{\Delta}_s[i] + t \times \tilde{\sigma}[\Delta[i]], \\ \Delta_H[i] &= \tilde{\Delta}_s[i] - t \times \tilde{\sigma}[\Delta[i]], \end{aligned} \quad (5.10)$$

де t — квантиль Стюдента. Для заданої довірчої ймовірності P і кількості експериментів M в i -й експериментальній точці значення t знаходять по таблиці;

- межі інтервалу, в якому з довірчою ймовірністю P знаходиться похибка ІК, знаходять за формулам

$$\begin{aligned} \Delta_B &= \max_i \tilde{\Delta}_B[i], \\ \Delta_H &= \min_i \tilde{\Delta}_H[i], \end{aligned} \quad (5.11)$$

5.5.5 Оформлення результатів

1 Результати визначення характеристик похибки ІК ВІС і автоматизованої системи управління (АСУ) технологічними процесами (ТП) оформляють у вигляді протоколу.

2 На підставі протоколу визначення характеристик похибки ІК ВІС і АСУ ТП значення оцінок характеристик заносять в програмну документацію:

- опис застосування;
- опис програми;
- керівництво оператора,

					13.ДР.123.4651.01.ПЗ.Р5	Арк.
						100
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

в розділ «Призначення програми» і, відповідно до метою визначення заповняють в установленому порядку.

Висновки за розділом 5

Розроблений мікроконтролерний детектор масляного туману є багатофункціональною системою, що відновлюється та ремонтується за ДСТУ 27.002-89[10]. Контроль рівня надійності системи з метою підтвердження відповідності вимогам технічного завдання проводиться шляхом збору і обробки даних про відмову в процесі експлуатації.

Метод визначення характеристик похибки ІК заснований на моделюванні електричних сигналів вимірювальних компонентів, що надходять в ВК для перетворення програмою, з подальшою статистичною обробкою результатів спостережень.

При визначенні характеристик похибки ІК за характеристиками вимірювальних компонентів (до ВК) моделюють вимірювальні сигнали, що надходять на вхід ВК, тобто електричні сигнали заміняють масивами числових даних. Моделювання похибки вимірювальних компонентів здійснюють, як правило, за допомогою спеціальних програм-генераторів випадкових чисел, призначених для формування чисел із заданою функцією розподілу і потрібними статистичними характеристиками.

					13.ДР.123.4651.01.ПЗ.Р5	Арк.
						101
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

					13.ДР.123.4651.01.ПЗ.Р6			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Данильчук І.О.			ОХОРОНА ПРАЦІ			
Керівник		Гайдай Г.Ю.						
Консульт.								
Н. контроль		Грешнов А.Ю.						
Зав. каф.								
					Літ.	Арк.	Аркушів	
					НУК ім. ам. Макарова			

РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ

Одна з найважливіших державних задач — охорона життя та здоров'я громадян в процесі їх трудової діяльності, створення безпечних та нешкідливих умов праці. Відповідно до Наказу Міністерства Освіти України „Про вдосконалення навчання з охорони праці й безпеки життєдіяльності у вищих навчальних закладах освіти України” від 02. 12. 1998 р. № 420 з метою забезпечення виконання вимог Державної програми навчання та підвищення рівня знань працівників, населення України з питань охорони праці на 1996—2000 роки, інших чинних законодавчих та нормативних актів, починаючи з 1999/2000 навчального року при підготовці фахівців відповідних освітньо-кваліфікаційних рівнів здійснюється вивчення дисципліни „Основи охорони праці”.

В ДСТУ 2293-93 „Охорона праці. Терміни та визначення” та інших стандартах даються визначення основних понять та термінів в галузі охорони праці.

Отже, охорона праці — це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних та лікувально-профілактичних заходів і засобів, спрямованих на збереження здоров'я та працездатності людини в процесі праці.

6.1 Аналіз шкідливих та небезпечних факторів, які впливають на людину при зборці та випробуваннях ГТД

Шкідливий виробничий фактор — виробничий фактор, вплив якого може призвести до погіршення стану здоров'я, зниження працездатності працівника.

Небезпечний виробничий фактор — виробничий фактор, дія якого за певних умов може призвести до травм або іншого раптового погіршення здоров'я працівника.

					13.ДР.123.4651.01.ПЗ.Р6	Арк.
						103
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Відповідно до ГОСТ 12 0.003-74 небезпечні та шкідливі фактори за природою дії поділяються на такі групи: фізичні, хімічні, біологічні та психофізіологічні.

До фізичних небезпечних та шкідливих виробничих факторів належать: рухомі машини та механізми; пересувні частини виробничого устаткування; підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони; підвищена чи понижена температура поверхонь устаткування, матеріалів чи повітря робочої зони; підвищений рівень шуму, вібрацій, інфразвукових коливань, ультразвуку, іонізуючих випромінювань, статичної електрики, електромагнітних випромінювань, ультрафіолетової чи інфрачервоної радіації; підвищені чи понижені барометричний тиск, вологість, іонізація та рухомість повітря; небезпечне значення напруги в електричному колі; підвищена напруженість електричного чи магнітного полів; відсутність чи нестача природного світла; недостатня освітленість робочої зони; підвищена яскравість світла; пряме та відбите випромінювання, що створює засліплюючу дію.

До хімічних небезпечних та шкідливих виробничих факторів належать хімічні речовини, які за характером дії на організм людини поділяються на загальнотоксичні, подразнюючі, сенсibiliзуючі, канцерогенні, мутагенні, такі, що впливають на репродуктивну функцію.

До біологічних небезпечних та шкідливих виробничих факторів належать патогенні мікроорганізми (бактерії, віруси, мікроскопічні гриби та ін.) та продукти їх життєдіяльності, а також макроорганізми (рослини та тварини).

До психофізіологічних небезпечних та шкідливих виробничих факторів належать фізичні (статичні та динамічні) і нервово-психічні перевантаження (розумове перенапруження, перенапруження органів чуття, монотонність праці, емоційні перевантаження).

Один і той же небезпечний і шкідливий виробничий фактор за природою своєї дії може належати одночасно до різних груп.

					13.ДР.123.4651.01.ПЗ.Р6	Арк.
						104
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Дія окремих несприятливих факторів виробничого середовища може призвести до виробничої травми — порушення анатомічної цілісності організму людини або його функцій внаслідок впливу виробничих факторів.

Виробничі травми класифікують:

- за видом травмуючого агента — механічні, термічні, хімічні, променеві, електричні, комбіновані та ін.;
- за виробничими матеріальними причинами (носіями) травми — рухомі частини обладнання, готова продукція, відходи виробництва;
- за локалізацією травм — травми очей, голови, рук, ніг, тулуба;
- за ступенем тяжкості пошкоджень — легкі, тяжкі, смертельні;
- за технологічними операціями — вантажно-розвантажувальні роботи, перевезення вантажів та ін.

Часто травма є наслідком нещасного випадку. Нещасний випадок на виробництві — раптовий вплив на працівника небезпечного виробничого фактора чи середовища, внаслідок яких заподіяна шкода здоров'ю або наступила смерть.

Наслідком дії несприятливих виробничих факторів може бути і професійне захворювання — патологічний стан людини, обумовлений роботою і пов'язаний з надмірним напруженням організму або несприятливою дією шкідливих виробничих факторів.

Діагноз професійного захворювання ставиться у кожному випадку з урахуванням характеристики умов праці, тривалості роботи працюючого за даною професією, професійного „маршруту” робітника, даних попередніх періодичних медичних оглядів, результатів клініко-лабораторних та діагностичних досліджень. Цей діагноз встановлюється лише тоді, коли саме умови праці зумовили розвиток даного захворювання, тобто є його безумовною причиною.

Окрім професійних, на виробництві зараз відокремлюють групу, так званих, виробничих зумовлених захворювань — захворювань, перебіг яких

					13.ДР.123.4651.01.ПЗ.Р6	Арк.
						105
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ускладнюється умовами праці, а частота їх перевищує частоту подібних у працівників, які не зазнають впливу певних професійних шкідливих факторів.

При експлуатації вібродіагностичної системи ГТД на роботу працівника будуть впливати наступні фактори: освітлення, мікроклімат, вібрація, шум.

6.2 Освітлення

Правильно спроектоване й виконане виробниче освітлення поліпшує умови зорової роботи, знижує стомлюваність, сприяє підвищенню продуктивності праці, добре впливає на виробниче середовище, створюючи позитивний психологічний вплив на працівника, підвищує безпеку праці й знижує травматизм.

Недостататність освітлення призводить до напруги зору, послаблює увагу, призводить до настання передчасної стомленості. Надмірно яскраве освітлення викликає осліплення, роздратування й різь в очах. Неправильний напрямок світла на робочому місці може створювати різкі тіні, відблиски, дезорієнтувати працівника. Всі ці причини можуть призвести до нещасного випадку або профзахворювань, тому правильний розрахунок освітлення є настільки важливим.

Існує три види освітлення - природне, штучне й змішане (природне й штучне разом).

Природне освітлення - освітлення приміщень денним світлом, що проникає через світлові прорізи в зовнішніх загороджуючих приміщення конструкціях. Природне освітлення характеризується тим, що змінюється в широких межах залежно від часу дня, пори року, характеру області й ряду інших факторів.

Штучне освітлення застосовується при роботі в темний час доби та вдень, коли не вдається забезпечити нормовані значення коефіцієнта природного освітлення (похмура погода, короткий світловий день).

Освітлення, при якому природне освітлення є недостатнім за нормами і доповнюється штучним, називається змішаним освітленням.

					13.ДР.123.4651.01.ПЗ.Р6	Арк.
						106
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Штучне освітлення розділяється на робоче, аварійне, евакуаційне, охоронне. Робоче освітлення, у свою чергу, може бути загальним або комбінованим.

При виконанні робіт категорії високої зорової точності (найменший розмір об'єкта розпізнавання 0,3...0,5мм) величина коефіцієнта природного освітлення (КЕО) повинна бути не нижче 1,5%, а при зоровій роботі середньої точності (найменший розмір об'єкта розпізнавання 0,5... 1,0 мм) КЕО повинен бути не нижче 1,0%.

6.3 Параметри мікроклімату

Параметри мікроклімату можуть змінюватися в широких межах, у той час як необхідною умовою життєдіяльності людини є підтримка сталості температури тіла завдяки терморегуляції, тобто здатності організму регулювати віддачу тепла в навколишнє середовище. Принцип нормування мікроклімату - створення оптимальних умов для теплообміну тіла людини з навколишнім середовищем.

Обчислювальна техніка є джерелом значних теплових виділень, що може призвести до підвищення температури й зниження відносної вологості в приміщенні. У приміщеннях, де встановлені комп'ютери, повинні дотримуватися певні параметри мікроклімату. У санітарних нормах СН-245-71 встановлені величини параметрів мікроклімату, що створюють комфортні умови. Ці норми встановлюються залежно від пори року, характеру трудового процесу й характеру виробничого приміщення.

6.4 Вібрація

Вібрація серед всіх видів механічних впливів для технічних об'єктів найбільш небезпечна. Знакозмінні напруження, викликані вібрацією, сприяють накопиченню пошкоджень в матеріалах, появі тріщин та руйнуванню. Найчастіше і досить швидко руйнування об'єкта настає при вібраційних впливах за умов резонансу. Вібрації викликають також й відмови машин, приладів.

					13.ДР.123.4651.01.ПЗ.Р6	Арк.
						107
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

За способом передачі на тіло людини вібрацію поділяють на загальну, яка передається через опорні поверхні на тіло людини, та локальну, котра передається через руки людини. У виробничих умовах часто зустрічаються випадки комбінованого впливу вібрації— загально та локальної.

Вібрація викликає порушення фізіологічного та функціонального станів людини. Стійкі шкідливі фізіологічні зміни називають вібраційною хворобою. Симптоми вібраційної хвороби проявляються у вигляді головного болю, заніміння пальців рук, болю в кистях та передпліччі, виникають судоми, підвищується чутливість до охолодження, з'являється безсоння. При вібраційній хворобі виникають патологічні зміни спинного мозку, серцево-судинної системи, кісткових тканин та суглобів, змінюється капілярний кровообіг.

Функціональні зміни, пов'язані з дією вібрації на людину-оператора — погіршення зору, зміни реакції вестибулярного апарату, виникнення галюцинацій, швидка втомлюваність. Негативні відчуття від вібрації виникають при прискореннях, що складають 5% прискорення сили ваги, тобто при $0,5 \text{ м/с}^2$. Особливо шкідливі вібрації з частотами, близькими до частот власних коливань тіла людини, більшість котрих знаходиться в межах 6...30 Гц.

Резонансні частоти окремих частин тіла наступні:

- очі — 22...27;
- горло — 6...12;
- грудна клітка — 2...12;
- ноги, руки — 2...8;
- голова — 8...27;
- обличчя та щелепи — 4...27;
- пояснична частина хребта — 4... 14;
- живіт — 4... 12.

Гігієнічне нормування вібрацій забезпечує вібробезпеку умов праці. Дія вібрації на організм людини визначається наступними 5 характеристиками: інтенсивністю, спектральним складом, тривалістю впливу, напрямком дії.

					13.ДР.123.4651.01.ПЗ.Р6	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		108

6.5 Шум

Шум — будь-який небажаний звук, котрий заважає.

Виробничим шумом називається шум на робочих місцях, на ділянках або на територіях підприємств, котрий виникає під час виробничого процесу.

Наслідком шкідливої дії виробничого шуму можуть бути професійні захворювання, підвищення загальної захворюваності, зниження працездатності, підвищення ступеня ризику травм та нещасних випадків пов'язаних з порушенням сприйняття попереджувальних сигналів порушення слухового контролю функціонування технологічного обладнання, зниження продуктивності праці.

За характером порушення фізіологічних функцій шум поділяється на такий, що заважає (перешкоджає мовному зв'язку), подразнювальний (викликає нервові напруження і внаслідок цього — зниження працездатності, загальну перевтому), шкідливий (порушує фізіологічні функції на тривалий період і викликає розвиток хронічних захворювань, котрі безпосередньо або опосередковано пов'язані зі слуховим сприйняттям, погіршення слуху, гіпертонію, туберкульоз, виразку шлунку), травмуючий (різко порушує фізіологічні функції організму людини).

Негативний вплив шуму на продуктивність праці та здоров'я людини загальновідомий. Під час роботи в шумних умовах продуктивність ручної праці може знизитись до 60%, а кількість помилок, що трапляються при розрахунках, зростає більше, ніж на 50%. При тривалій роботі в шумних умовах перш за все уражаються нервова та серцевосудинна системи та органи травлення. Зменшується виділення шлункового соку та його кислотність, що сприяє захворюванню гастритом. Необхідність кричати при спілкуванні у виробничих умовах негативно впливає на психіку людини.

Вплив шуму на організм людини індивідуальний. У деяких людей погіршення слуху настає через декілька місяців, а у інших воно не настає через декілька років роботи в шумі. Встановлено, що для 30% людей шум є причиною передчасного старіння.

					13.ДР.123.4651.01.ПЗ.Р6	Арк.
						109
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки за розділом 6

У даному розділі були викладені загальні відомості про шкідливі та небезпечні виробничі фактори. Проведено розрахунок штучного освітлення для виробничого приміщення (лабораторії), де буде проводитись замір контрольованих параметрів (вібродіагностика ГТД). Також приведено заходи що до техніки безпеки на робочих місцях.

					13.ДР.123.4651.01.ПЗ.Р6	Арк.
						110
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У роботі розроблений мікроконтролерний детектор масляного туману. Дана система дозволяє встановити допустиму концентрацію масляних парів в картері дизеля (наприклад, при нагріванні підшипників) і за допомогою прийняття відповідних заходів уникнути аварії двигуна.

Дана система забезпечує: індикацію на РК-дисплеї значення концентрації масляного туману в картері двигуна; сигналізацію при перевищенні допустимого значення концентрації масляного туману; можливість відбору проб атмосфери картера з 8 різних місць з обчисленням середнього значення концентрації масляного туману; можливість задання порогового значення концентрації масляного туману без програмування МК; самоконтроль і сигналізацію в разі різних несправностей. Розроблена система має високі функціональні і експлуатаційні характеристики, а також можливість оновлення програмного забезпечення.

					13.ДР.123.4651.01.ПЗ	Арк.
						111
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Пархоменко П.П., Согомонян Е.С. «Основи технічної діагностики». - М .: Енергія, 1981. 320с.
2. Мозгалеvский А.В., Гаскаров Д.В. «Технічна діагностика». - М .: Вища школа, 1975. 205с.
3. Евтісеев А.В. «Мікроконтролери AVR сімейства Mega. Інструкція користувача". - М .: Видавничий дім «Додека-ХХІ», 2007. - 592с.
4. Трамперт В. «Вимірювання, управління і регулювання за допомогою AVR-мікроконтролерів» .: Пер. з нім. - К .: «МК-прес», 2006. - 208с.
5. Дінця К.М., Купріянов А.А., Прокди Р.Г. та ін. «P-CAD 2006. Схемотехніка і проектування печатних плат. Самовчитель ». - СПб .: Наука і техніка, 2009. - 320с.
6. Усатенко С.Т., Каченюк Т.К., Терехова М.В. «Виконання електричних схем по ЕСКД: Довідник». - М .: Видавництво стандартів, 1989. - 325с.<http://www.alldatasheet.com>.
7. <http://www.kosmodrom.com.ua>.
8. <http://www.chipnn.ru>.
9. ДСТУ 27.002-89.
10. ДСТУ 4.077.000.
11. ДСТУ 10317-79.
12. ДСТУ 23751-86.
13. ДСТУ 23752-79.

					13.ДР.123.4651.01.ПЗ	Арк.
						112
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		