

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ АЕРОНАВІГАЦІЇ,
ЕЛЕКТРОНІКИ ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ
КАФЕДРА АЕРОКОСМІЧНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач випускової кафедри

_____ О.М. Тачиніна

_____ « » 2021 р.

ДИПЛОМНА РОБОТА

(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)

ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА

ЗА НАПРЯМКОМ 6.050201 «СИСТЕМНА ІНЖЕНЕРІЯ»

Тема: «Комп'ютерна програма відображення технічного стану

турбореактивного двигуна Ан-148»

Виконавець: студент групи СУ 501Бз Казюк Юлія Юріївна

Керівник: старший викладач Воронов Сергій Ігорович

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

Нормоконтролер:

_____ (підпис)

_____ (П.І.Б.)

Київ 2021

6. Календарний план-графік

№ з/п	Завдання	Термін виконання	Підпис керівника
1.	Дослідити особливості функціонування та діагностування систем. Обрати конкретний об'єкт діагностування.	08.01.21 – 13.01.21	
2.	Дослідити системи діагностування двигунів, принципи розробки систем діагностування. Обґрунтувати впровадження систем діагностування.	14.01.21 – 17.01.21	
3.	Розробити систему діагностування турбореактивного двигуна Ан-148.	18.01.21 – 24.01.21	
4.	Обрати методи діагностування.	25.01.21 – 28.01.21	
5.	Виконати аналіз структури та особливостей функціонування програми.	29.01.21 – 6.02.21	
6.	Розробити та протестувати комп'ютерну програму для турбореактивного двигуна	07.02.21 – 14.02.21	
7.	Сформулювати висновки.	15.02.21 – 16.02.21	
8.	Оформити пояснювальну записку.	17.02.21 – 20.02.21	

7. Дата видачі завдання: «18» листопада 2020 р.

Керівник дипломної роботи (проекту): _____ С.І. Воронов
(підпис керівника) (П.І.Б.)

Завдання прийняв до виконання: _____ Ю.Ю. Казюк
(підпис випускника) (П.І.Б.)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломної роботи «Комп'ютерна програма відображення технічного стану турбореактивного двигуна Ан-148» 52 с., 20 рис., 2 табл., 9 літературних джерела, 1 додаток.

ВІДОБРАЖЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ, ТУРБОРЕАКТИВНИЙ ДВИГУН, ДІАГНОСТУВАННЯ СИСТЕМ, ПОРОГОВИЙ КОНТРОЛЬ, СПЕКТРАЛЬНИЙ АНАЛІЗ.

Об'єкт дослідження: нові підходи до діагностування двигуна.

Предмет дослідження: способи діагностування турбореактивного двигуна.

Мета роботи: розробка комп'ютерної програми відображення технічного стану турбореактивного двигуна Ан-148.

Методи дослідження: пороговий контроль параметрів діагностування, вібродіагностування, спектральний аналіз, трибодіагностика.

Результатом виконання дипломної роботи є локальна підсистема діагностування двигуна, а саме – турбореактивного двигуна Ан-148.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ.....	7
ВСТУП	8
РОЗДІЛ I	10
ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ДІАГНОСТУВАННЯ.....	10
1.1. Турбореактивний двигун	10
1.1.1. Загальні відомості	10
1.1.2. Компресор.....	13
1.1.3. Камери згоряння.....	16
1.1.4. Сопло.....	18
1.1.5. Робота турбореактивного двигуна	20
1.2. Пошкодження основної камери згоряння.....	22
1.3. Антонов Ан-148	23
1.3.1. Загальні відомості	23
1.3.2. Двигун Д-436-148.....	23
Висновки до розділу 1	24
РОЗРОБКА СИСТЕМИ ДІАГНОСТУВАННЯ	25
2.1. Системи діагностування двигуна	25
2.2. Архітектура системи діагностування.....	26
2.3. Місце розробленої системи в технічній системі літака	27
2.4. Етапи розробки систем діагностування	28
2.4.1. Підсистема вимірювання.....	30
2.4.1.1. Датчик температури.....	31
2.4.1.2. Датчик тиску.....	31
2.4.1.3. Тахометри	32
2.5.1. Підсистема перетворення.....	32
2.5.1.1. Методика розрахунку необхідних параметрів АЦП	32
2.5.2. Обчислювальна система	34
2.5.3. Підсистема відображення.....	35
2.6. Методика діагностування.....	36
2.6.1. Пороговий контроль	36
2.6.2. Допусковий контроль	37
Висновки до розділу 2	39
КОНСОЛЬ ВІДОБРАЖЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ	40

3.1. Клієнтська частини консолі	40
3.2. Консоль візуалізації	41
3.2.1. Загальний відомості	41
3.2.2. Індикатори	42
3.2.3. Параметри налаштування індикаторів	43
3.2.4. Візуалізація результатів вимірювань у вигляді осцилограми	44
3.2.5. Формування, візуалізація та редагування спектрів	44
3.3. Імітатор системи вимірювання	44
3.4. Тестування роботи програми	45
Висновки до розділу 3	49
ВИСНОВКИ	50
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ТА ЛІТЕРАТУРИ	51
ДОДАТКИ	52
Додаток А.....	52

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ

АЦП	аналогово-цифровий перетворювач
ОКЗ	основна камера згоряння
ТРДД	турбореактивний двоконтурний двигун
СД	система діагностування
СУ	система управління
ККД	коефіцієнт корисної дії
ГТД	газотурбінний двигатель
ОД	об'єкт діагностування

ВСТУП

Останні півтора десятиліття ознаменовані бурхливим розвитком реактивної техніки. Ідеї, які протягом багатьох років були долею лише одинаків-винахідників і вчених, ентузіастів реактивної техніки, стали стрімко втілюватися в життя. Реактивні двигуни різних типів і конструкцій знайшли широке застосування в авіації і артилерії. Це дало можливість за короткий час досягти таких чудових успіхів, головним чином в боротьбі за швидкість і висоту польоту, про які раніше можна було тільки мріяти. Але це тільки початок. Попереду ще більш чудові перспективи, ще більш захоплююча боротьба за нові досягнення.

В даний час один за іншим відкидаються різні «межі» і «стелі» в розвитку авіації і артилерії, які висувалися в минулому деякими вченими. Уже залишений позаду таємничий «звуковий поріг», або «звуковий бар'єр», який ще зовсім недавно хвилювало авіаторів. Нині реактивні літаки літають на недосяжних раніше висотах. Ракети піднімаються на висоти, вимірювані сотнями кілометрів, залітають в самі верхні шари атмосфери, в іоносферу, досягають кордонів океану світового простору. Тепер вже вирішується завдання створення штучного супутника Землі, другий Місяця - першого штучного небесного тіла; розглядаються проекти посланки ракет на Місяць[1].

Небачені можливості відкриває стрімко розвивається реактивна техніка, і не дивно, що до неї проявляють живий інтерес широкі кола радянських людей.

З кожним днем збільшується кількість типів різних реактивних двигунів, що знаходять застосування в авіації і артилерії. З'являються нові двигуни, що володіють чудовими характеристиками. Різна доля цих двигунів. Одні з них з'являються на світ для того, щоб лише трохи розширити сферу застосування

<i>Кафедра АКСУ</i>				<i>НАУ 21 02 01 000 ПЗ</i>			
<i>Виконав</i>	<i>Казюк</i>			ВСТУП	<i>Літера</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушіє</i>
<i>Керівник</i>	<i>Воронов</i>					8	52
<i>Консульт</i>					501 6.050201		
<i>Н.контр.</i>	<i>Дивнич</i>						
<i>Зав. каф.</i>	<i>Тачиніна</i>						

реактивної техніки або поліпшити досягнуті нею результати; інші займають провідне становище, на довгі роки стаючи основними, головними двигунами. Нарешті, треті спочатку зовсім не знаходять застосування. Це - двигуни майбутнього, двигуни ще небачених швидкостей польоту, при яких вони не тільки отримають право на існування, але за своїми характеристиками залишать далеко позаду ті двигуни, які сьогодні займають провідне становище в авіації.

РОЗДІЛ І

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ДІАГНОСТУВАННЯ

1.1. Турбореактивний двигун

1.1.1. Загальні відомості

Основна ідея турбореактивного двигуна проста. Повітря, що надходить із отвору в передній частині двигуна, стискається до 3 - 12 разів від початкового тиску в компресорі. Паливо додають у повітря і спалюють у камері згоряння, щоб підвищити температуру текучої суміші приблизно до 1100 F до 1300 F. Отримане гаряче повітря пропускають через турбіну, яка приводить у рух компресор.

Якщо турбіна і компресор ефективні, тиск на розряді турбіни буде майже вдвічі більшим за атмосферний, і цей надлишковий тиск направляється в сопло для отримання високошвидкісного потоку газу, який створює тягу. Значне збільшення тяги можна отримати, використовуючи форсаж. Це друга камера згоряння, розташована після турбіни та перед форсункою. Форсаж збільшує температуру газу перед форсункою. Результатом цього підвищення температури є збільшення приблизно на 40 відсотків тяги при зльоті та набагато більший відсоток на високих швидкостях, коли літак знаходиться в повітрі.

Турбореактивні двигуни (Рис 1.1) діляться на дві основні групи в залежності від застосовуваного компресора, який може бути відцентрового або осьового типу.

Кафедра АКСУ				НАУ 21 02 01 000 ПЗ			
<i>Виконав</i>	<i>Казюк</i>			Загальна характеристика об'єкту діагностування	<i>Літера</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Керівник</i>	<i>Воронов</i>					10	52
<i>Консульт</i>					501 6.050201		
<i>Н.контр.</i>	<i>Дивнич</i>						
<i>Зав. каф.</i>	<i>Тачиніна</i>						

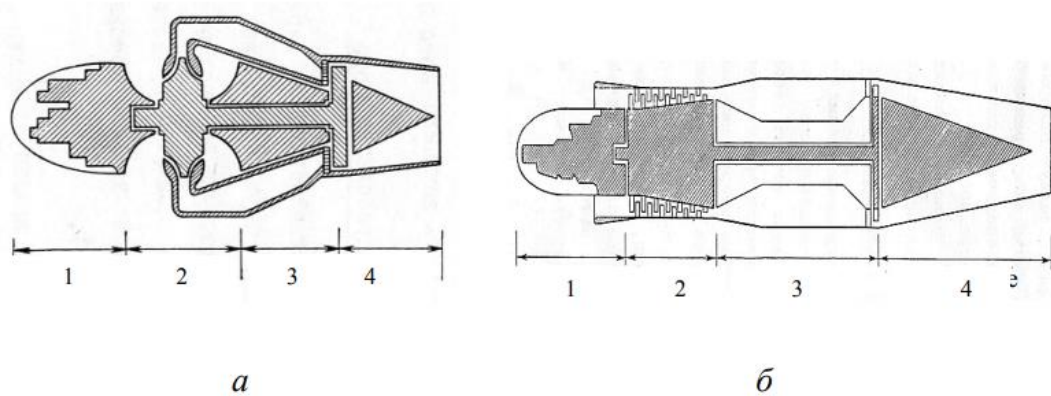


Рис 1.1. Компресорні турбореактивні двигуни

а – з відцентровим компресором; б – з осьовим компресором;

1 – допоміжні агрегати; 2 – стиснення; 3 – згоряння; 4 – витікання

Робота турбореактивних двигунів обох типів однакова. Обидва складаються з наступних основних частин: блоку допоміжних агрегатів, компресора, блоку камери згоряння і сопла.

Допоміжними агрегатами (Рис 1.2.) є агрегати, які не роблять істотного впливу на роботу двигуна, наприклад генератор, гідравлічний насос, стартер і тахометр. Частинами двигуна, що відносяться до цього блоку, є елементи паливної і масляної систем, які безпосередньо впливають на роботу двигуна. Допоміжний кожух є масляним резервуаром двигуна і кожухом редуктора.

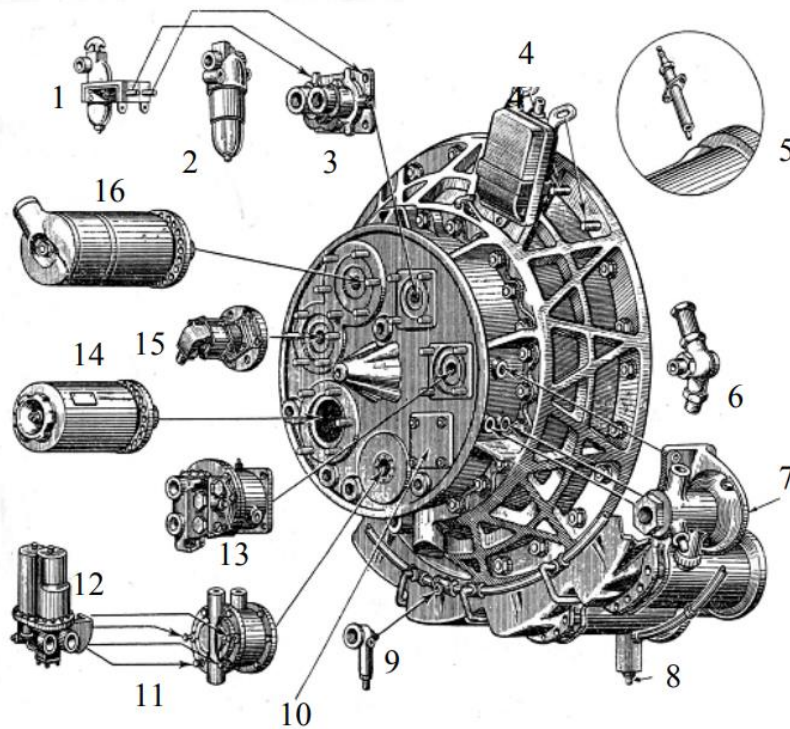


Рис 1.2. Допоміжні агрегати турбореактивного двигуна

1 – масляний фільтр; 2 – паливний фільтр; 3 – основний паливний насос;
 4 – пускова котушка (використовуються дві котушки, послідовно з'єднані з запальними свічками); 5 – запальний свічка (кожна в тримачі для 7 або 14 штук); 6 – контрольний клапан основного паливного насоса; 7 – регулювальний клапан; 8 – дренажний клапан; 9 – крапельний клапан;
 10 – заглушка гідравлічного насоса; 11 – масляний насос; 12 – баростат;
 13 – регулятор; 14 – стартер; 15 – тахогенератор; 16 – генератор.

Метою даної дипломної роботи була реалізація ПЗ, що забезпечило б автоматизацію процедури центрівки літака (на землі) і дозволяло б отримувати інформацію щодо моментів крену і тангажу в режимі реального часу.

В основу програми була покладена клієнт – серверна архітектура, серверна частина імітує зняття інформації з датчиків, і передає її на клієнтську частину для відображення[2].

1.1.2.Компресор

Основними функціями компресора турбореактивни двигунів є прийняття, стиснення і розподіл велики маси повітря в камері згорання. Відцентровий компресор, показаний на малюнку (Рис 1.3.) складається з статора, який часто називають набором лопаток дифузора, і ротора або крильчатки.

Ротор складається з ряду лопатей, які розходяться радіально від осі обертання. Зазвичай застосовується крильчатка, що забезпечує доступ повітря з обох її сторін. При обертанні ротора повітря втягується всередину, підхоплюється лопатями і під дією відцентрової сили відкидається від центру до кола, набуваючи велику швидкість.

Статор складається з лопаток дифузора, який підганяє повітря і направляє його в камеру згорання. Коли повітря залишає крильчатку, він має велику результуючу швидкість, яка направляє його на лопатки дифузора. Енергія, яку повітря набуває в роторі за рахунок підвищення швидкості, перетворюється в тиск за допомогою процесу розширення в Як показано на малюнку (Рис 1.4.) при русі повітря від А до В швидкість його зменшується, а тиск збільшується.

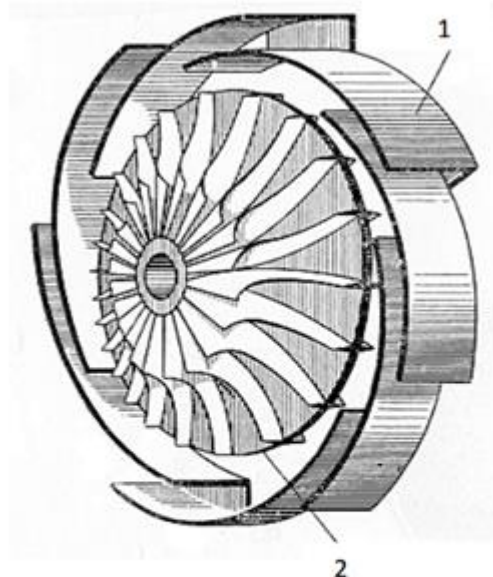


Рис 1.3. Відцентровий компресор
1 – статор; 2 – ротор

Осьовий компресор нагадує повітряний гвинт літака. ротор, як і в попередньому випадку, складається з ряду лопатей, які встановлюються під кутом і розходяться радіально від центральної осі. Коли ротор осьового компресора повертається, лопаті надають рух повітряю як в осьовому, так і в тангенціальному напрямках, який входить через передню частину двигуна. Типовий статор компресора з вступником по його осі повітрям складається з ряду лопатей, які

встановлюються по колу навколо внутрішньої стінки кожуха компресора безпосередньо ззаду ротора і спрямовані всередину, до поздовжньої осі двигуна. Лопаті статора встановлені похило, щоб повертати потік повітря. Відкинутий лопатями ротора першого ступеня повітря спрямовується до лопатей ротора другого ступеня компресора.

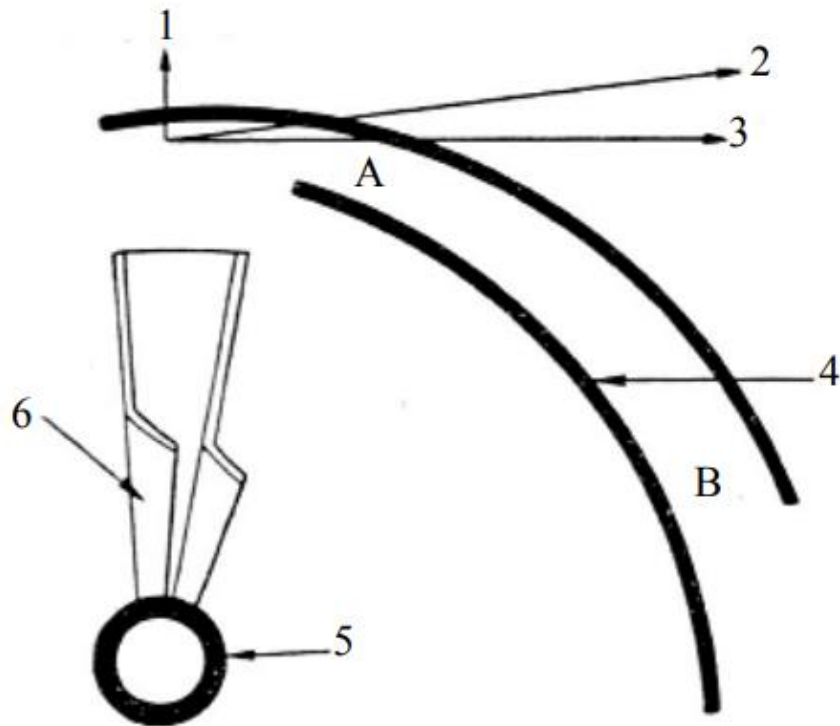


Рис 1.4. Схема роботи відцентрового компресора

- 1 - радіальна швидкість; 2 - сумарна швидкість;
- 3 - тангенціальна швидкість; 4 - лопатка дифузора; 5 - маточина;
- 6 - лопать крильчатки

Один ротор і один статор складають одноступінчатий компресор. Ряд ступенів, зібраних в єдиний агрегат, утворюють багатоступінчастий компресор (Рис 1.5.). Повітря, що виходить з першого ряду лопатей компресора, прискорюється і поджимається до меншого обсягу. Додаткова швидкість надає повітря більший імпульс. цей імпульс підтискає повітря, зменшуючи його обсяг, і

змушує його ставати щільніше, що призводить до збільшення статичного тиску. Описаний вище цикл повторюється в кожному ступені. Тому при збільшенні числа ступенів кінцевий тиск може бути піднято до необхідного значення.

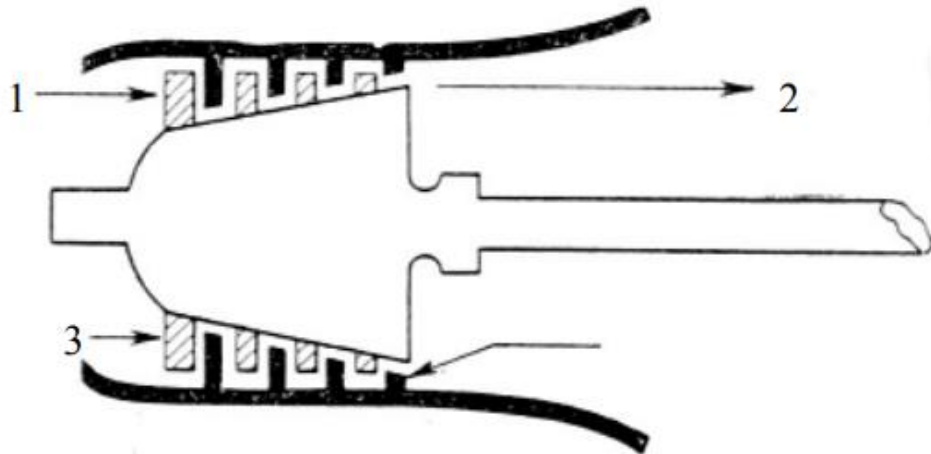


Рис 1.5. Принципова схема чотиріступінчастого осьового компресора
1 – повітря; 2 – статор; 3 – ротор

На Рис 1.6 статор показаний з лопатями, що розходяться відцентральної втулки. Однак найбільш часто застосовується конструкція з лопатями, спрямованими всередину.

У компресорах відцентрового і осьового типів ступінь стиснення газів визначається як відношення тиску на виході до тиску на вхід. Коли швидкість обертання ротора компресора зростає, збільшується і обсяг проходить через компресор повітря. При великих ступенях стиснення об'єм повітря при даній швидкості обертання ротора зменшується. При спробі отримати ступінь стиснення, вище заданої, ККД компресора для даної швидкості різко падає. Це падіння відбувається внаслідок пульсацій тиску повітря при його проходженні через компресор.

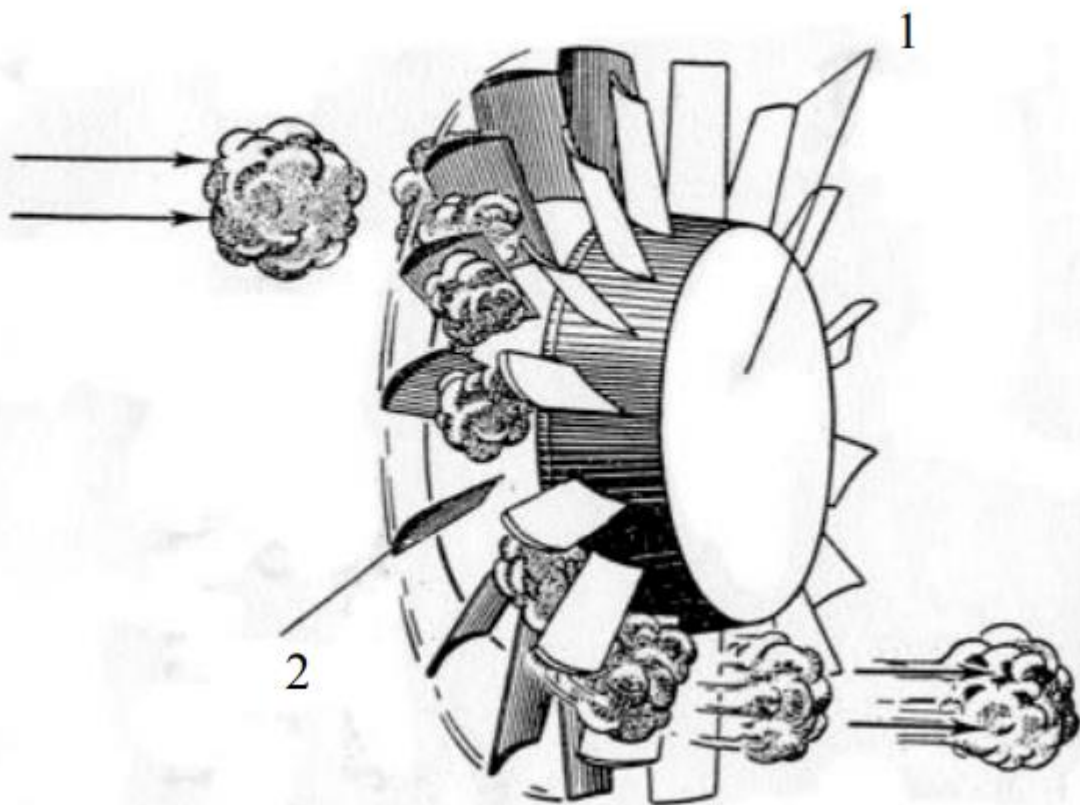


Рис 1.6. Одноступінчатий осьовий компресор

1 – статор; 2 – ротор

1.1.3. Камери згоряння

Блок камер згоряння містить камери згоряння, запальні свічки, діафрагму сопла, колесо турбіни і вал.

Камери згоряння в турбореактивних двигунах забезпечують згоряння палива. Залежно від типу двигуна вони відрізняються за розмірами і конструкції. Один з видів турбореактивного двигуна з відцентровим компресором має до 14 камер згоряння і 2 запальні свічки. Широко використовується двигун з осьовим компресором має камеру згоряння і запальні свічки. В обох випадках кожна камера згоряння має кожух, жарову трубу, перехідною патрубком для передачі полум'я і сопло паливної форсунки (Рис 1.7.).

Зовнішній кожух камери згоряння служить для збереження в ній тиску повітря, щоб повітря високого тиску весь час подавався в жарову трубу камери згоряння. Це повітря служить також і для охолодження. В жаровій трубі паливо і повітря змішуються і спалюються.

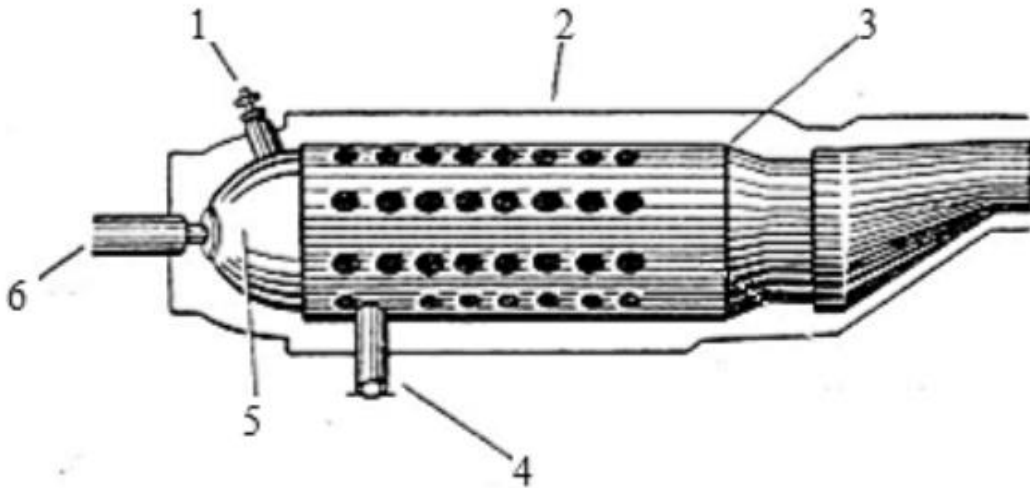


Рис 1.7. Вид камери згоряння турбореактивного двигуна

1 - запальний свічка; 2 - кожух; 3 - жарова труба;

4 - перехідний патрубок; 5 - головна частина; 6 –форсунка

Безліч круглих отворів в жаровій трубі дає доступ повітрю, який змішується з паливом і розпеченими продуктами горіння. Передня частина жарової труби може переміщатися над головкою труби при розширенні і стисненні. Задні частини камер згоряння роблять звужуються, щоб збільшити швидкість газів перед діафрагмою сопла. перехідний патрубок з'єднує камери згоряння між собою, забезпечуючи таким чином займання у всіх камерах після того, як воно станеться в двох камерах, що містять запальні свічки. На Рис 1.8. можна бачити шлях надходять в камеру згоряння палива і повітря, а також область горіння.

1.1.4. Сопло

Сопло (Рис 1.9.) має внутрішній конус ця секція виправляє турбулентний потік продуктів згоряння, викликаний обертанням турбіни, і направляє ці гази з кращою структурою потоку до виходу з сопла.

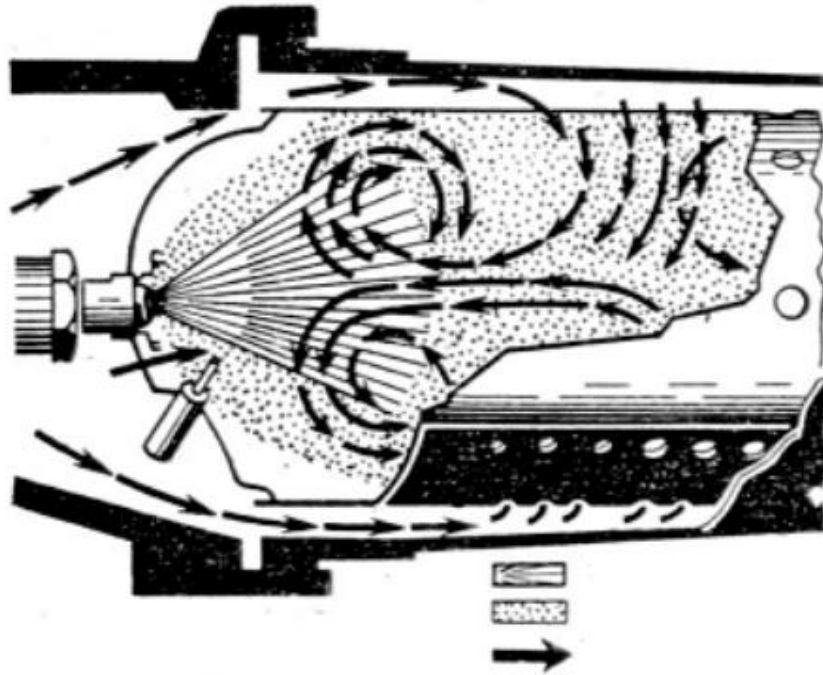


Рис 1.8. Потік повітря і процес горіння в камері згоряння турбореактивного двигуна

Сопловий апарат турбіни являє собою велике число лопаток своєрідною конфігурації, розташованих під певним кутом до потоку продуктів горіння і встановлених перед колесом турбіни (Рис 1.10).

Діючи як звужуючий і направляючий пристрій, сопловий апарат збільшує швидкість газу, його основне призначення полягає в зміні напрямку газів таким чином, щоб вони били в лопатки турбіни під кутом 90° або близьким до нього. Сопловий апарат нерухомий.

Удар мають велику швидкість газів в лопатки турбіни змушує її обертатися. Вал колеса турбіни пов'язаний з валом ротора компресора. Таким чином, частина енергії входять газів перетвориться і передається через вал на компресор і діючі від двигуна допоміжні агрегати.

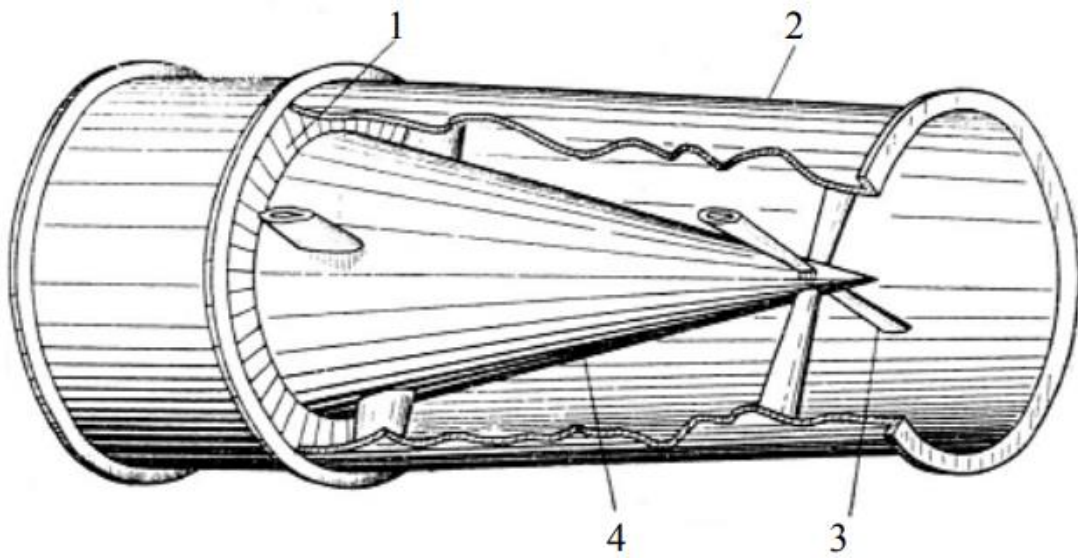


Рис 1.9. Випускна камера турбореактивного двигуна

1 – турбіна; 2 – сопло; 3 – конструкція кріплення; 4 – внутрішній конус

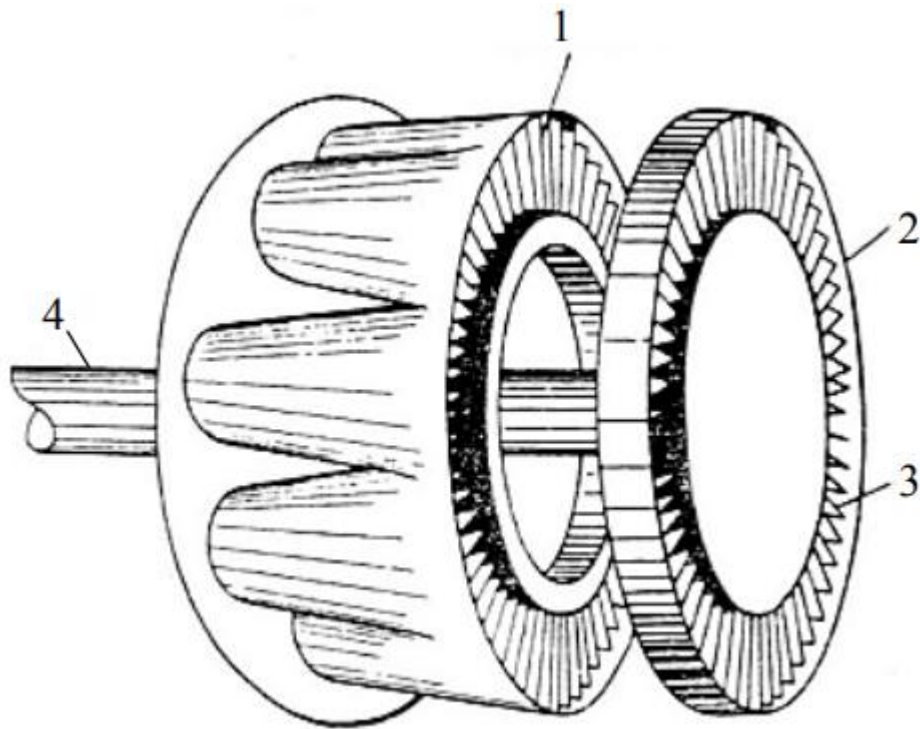


Рис 1.10. Діафрагма вихідного сопла і турбіна
1 – діафрагма вихідного сопла; 2 – колесо турбіни;
3 – лопатки колеса турбіни; 4 – вал

1.1.5. Робота турбореактивного двигуна

Для запуску ротор компресора розкручується до найбільшої можливої швидкості обертання, яку може дати стартер, пов'язаний шестернями з віссю компресора. зовнішнє повітря входить, стискається і направляється в камери згоряння. Паливо подається через форсунки під тиском і змішується з повітрям в камерах згоряння. Відбувається займання спочатку в камерах, мають запальні свічки, потім в інших камерах з невеликим запізненням за допомогою труб передачі полум'я. Продукти горіння і незгорілий охолоджуючий повітря проходять через соплової апарат турбіни і вдаряють в лопаті турбіни під оптимальним кутом. Велика частина енергії виходить потоку передається турбіні, яка обертається з великою швидкістю. Інша частина створює тягу. Колесо турбіни передає енергію для роботи компресора через сполучний вал турбіни і компресора. Після займання горіння йде безперервно до повного вигорання палива[3].

Форсажна камера (Рис 1.11.) була створена для особливих умов роботи, коли необхідна велика додаткова тяга протягом короткого періоду. Наприклад, форсажна камера потрібна для прискорення під час зльоту і при наборі висоти. Ця додаткова тяга може бути отримана за допомогою спалювання палива в соплі. Частина повітря, яка служить тільки для охолодження основних камер згоряння, достатня для підтримки горіння додаткового палива. Додаткова тяга велика, але ККД турбореактивного двигуна знижується внаслідок дуже великого збільшення питомої витрати палива. слід звернути увагу на використання регульованого сопла, площа якого регулюється з метою компенсації зміни характеристик потоку при роботі форсажній камери. Форсування збільшує тягу майже на 30% при зльоті і від 70 до 120% при русі ВС з великий дозвуковій швидкістю.

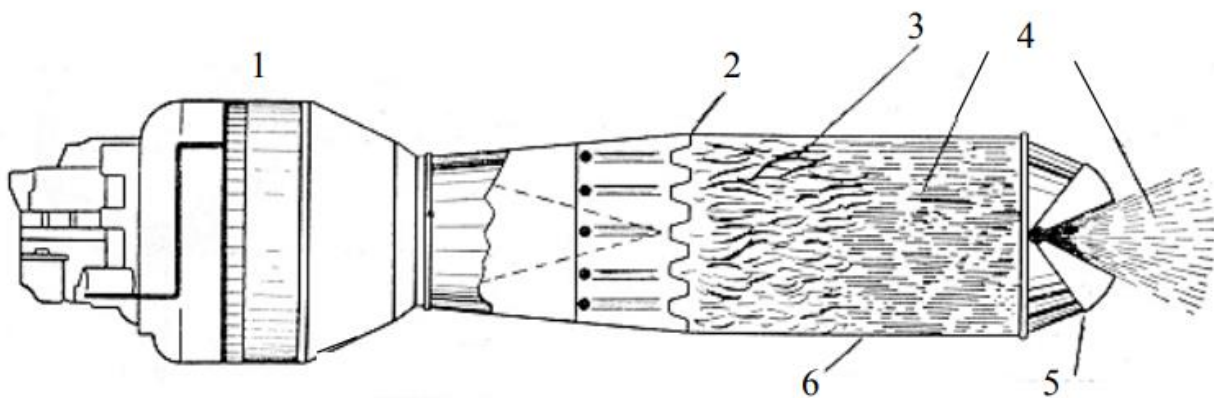


Рис 1.11. Турбореактивний двигун з дожиганням палива в форсажній камері

- 1 – паливні форсунки, розташовані по колу;
- 2 – стабілізатор полум'я;
- 3 – палаюча суміш палива та повітря;
- 4 – гарячі вихлопні гази;
- 5 – створчатое сопло (регульоване);
- 6 – форсажна камера

1.2. Пошкодження основної камери згоряння

Умови функціонування елементів ОКЗ характеризуються істотними значеннями циклічних механічних і термічних напруг. Це зумовило спільні механічні пошкодження у вигляді тріщин і незворотного деформування конструктивних елементів.

Виявлена розгерметизація спаяних швів і інших ділянок паливних колекторів основного контуру. Однією з причин цих дефектів були термічні напруги, що виникають за рахунок обмеженості деформацій і відмінності коефіцієнтів лінійного розширення матеріалів захисного покриття, шва, трубки підведення і корпусу форсунки. В результаті в покритті і стінці підводить трубки утворилися тріщини, які потягли за собою подальшу розгерметизацію паливного каналу, прогари корпусних деталей ОКС.

Виникнення тріщин по паяним швах колектора відбувалося по межі шва. Металургійних дефектів і явних дефектів пайки в зоні руйнування не виявлено.

Проводить металографічний аналіз зламу трубопроводу другого контуру показав відсутність змін в структуру та склад металу. Зародження тріщин відбувалося від лінійних осередків, розташованих біля зовнішньої поверхні трубопроводу[4].

Відзначалися також тріщини на стійках дифузора корпусу ОКС

Середня довжина тріщин варіювалася в діапазоні 36 мм. Даний дефект виявлявся в корпусах 15% ТРДД, відпрацьованих ресурс до 1-го ремонту та у 35% - міжремонтний ресурс.

Одним з напружених елементів ОКС є триступеневий лабіринт, який стикається з ущільнювальними гребінцями ротора високого тиску. За рахунок контактних напружень на поверхнях стільникових ущільнень утворюються канавки, через чого збільшуються втрати повітря і знижується тяга двигуна. Заміна лабіринту і його ремонт є складним технологічним процесом, що часто призводить до заміни повністю корпусу ОКС.

1.3. Антонов Ан-148

1.3.1. Загальні відомості

Літак Ан-148 призначений для пасажирських перевезень на регіональних і коротко-магістральних маршрутах до 3100 км завдовжки з можливістю базування на злітно-посадкових смугах зі штучним покриттям і підготовлених ґрунтових смугах, розташованих на висоті до 1500 метрів над рівнем моря, за будь-яких кліматичних умов. Крейсерська швидкість польоту літака становить 780—850 км/год, а крейсерська висота польоту — до 12 200 м. Довжина пасажирського салону і розташування пасажирів в ряду за схемою 2+3 дозволяють експлуатанту комбінувати різні однокласові і змішані компонування у діапазоні 68-80 пасажирів з салонами економ, бізнес та першого класу. Компонування пасажирського салону Ан-148-100 в економічному класі здійснюватиметься за схемою 2+3 крісла в рядок. На літак встановлюється сучасне пілотажно-навігаційне і радіозв'язкове обладнання, що відповідає міжнародним нормам ІКАО; польотна інформація виводиться на п'ять багатофункціональних рідкокристалічних індикаторів. Комплекс радіоелектронного обладнання передбачає можливість посадки машини у складних метеорологічних і нічних умовах за категорією IIIА ІКАО.

1.3.2. Двигун Д-436-148

Український турбореактивний двигун, розроблений Запорізьким машинобудівним конструкторським бюро «Прогрес», є модифікацією двигуна Д-436 розробленого на основі радянського двигуна Д-36. Серійне виробництво двигуна налагоджене на ВАТ Мотор Січ. Призначений для встановлення на літаки Ан-148 регіональних і магістральних авіаліній протяжністю до 7000 км.

Основні переваги:

- низька питома витрата палива й мала питома маса;

- висока надійність, обумовлена багаторічним досвідом експлуатації двигуна Д-36 аналогічного класу;
- низькі рівні шуму та емісій;
- простота обслуговування та висока ефективність системи контролю та діагностики;
- наявність універсальної підвіски, що дозволяє без змін конструкції двигуна застосовувати його на різних літаках, розміщуючи двигун під або над крилом, у фюзеляжі літака або з обох його боків;
- низькі експлуатаційні витрати при тривалому терміні служби.

Висновки до розділу 1

У межах першого розділу даної дипломної роботи розкрито основні принципи роботи турбореактивного двигуна.

РОЗДІЛ 2

РОЗРОБКА СИСТЕМИ ДІАГНОСТУВАННЯ

2.1. Системи діагностування двигуна

Як правило, відмови ВМД зовні сприймаються, як раптові і випадкові. Завдання технічної діагностики, як науки полягає в тому, щоб на підставі природи відмов виявити параметри двигуна, що відображають процес розвитку всіляких аномалій до критичного рівня, побудувати систему обробки цих параметрів і формування діагностичних рішень.

Відмова авіаційного ГТД призводить до зниження безпеки польоту, ускладнення умов польоту, зниження запасу резервних можливостей для благополучного завершення польоту. Особливо небезпечні наслідки викликає відмова двигуна, супроводжуваний нелокалізованих руйнуванням роторів. Такі руйнування завжди призводять до авіаційних інцидентів, іноді з важкими наслідками соціального та економічного характеру.

Особливе місце в проблемі забезпечення безпеки польотів займають питання достовірності діагностики. Однак надійність існуючих систем контролю не перевищує надійності самих авіаційних ГТД. Це призводить до того, що відмова системи контролю сприймається, як відмова двигуна, з усіма наслідками, що випливають звідси наслідками. Тому забезпечення максимальної достовірності діагностування є необхідною умовою досягнення його високої ефективності.

<i>Кафедра АКСУ</i>				<i>НАУ 21 02 01 000 ПЗ</i>			
<i>Виконав</i>	<i>Казюк</i>			Розробки системи діагностування	<i>Літера</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Керівник</i>	<i>Воронов</i>					25	52
<i>Консульт</i>					501 6.050201		
<i>Н.контр.</i>	<i>Дивнич</i>						
<i>Зав. каф.</i>	<i>Тачиніна</i>						

2.2. Архітектура системи діагностування

На сьогоднішній день більшість об'єктів та систем управління і діагностування належать до класу розподілених[9]. Така система передбачає певну просторову протяжність та наявність багатьох локальних підсистем в складі системи управління та діагностування об'єкта.

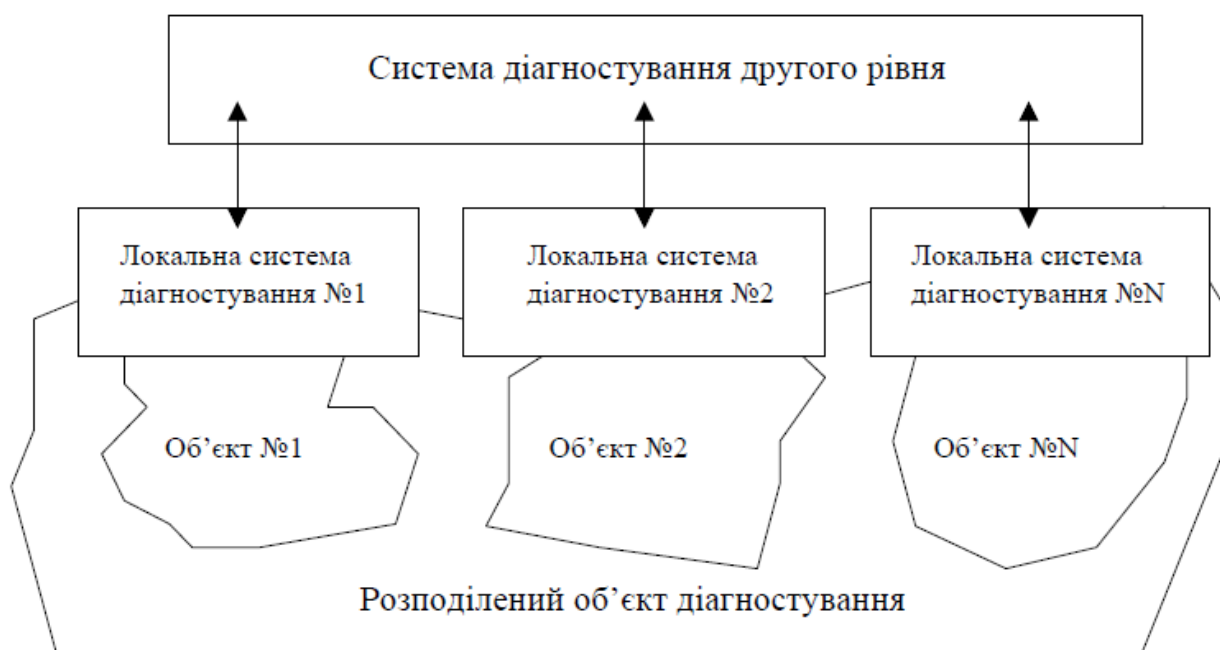


Рис 2.1. Розподілений об'єкт і система діагностування

Система діагностування можуть бути апаратними (основна модель яких реалізована за допомогою механіки, електроніки, пневматики або їх комбінуванням) або програмними (основна модель яких реалізована з використанням універсальних засобів обробки цифрової інформації).

Незважаючи на те, що системи які реалізовані апаратно мають більшу швидкодію, впровадження програмних систем діагностування має кращі перспективи розвитку. Це спричинене тим, що апаратні системи працюють за жорсткими алгоритмами, які реалізовані в спеціалізованому обчислювачі, що виключає можливість зміни програмної конфігурації для вирішення нових задач аналізу та управління дослідженням.

Програмна реалізація є більш гнучкою. Вона дозволяє швидко удосконалювати алгоритм діагностування на основі даних проведених досліджень. Система діагностування реалізується за програмним принципом, адже він не виключає можливості подальшого розвитку системи без заміни її апаратної частини. Такий принцип реалізації дозволить: вносити поправки в алгоритм діагностування двигуна швидко, удосконалювати його на основі зібраних даних про функціонування об'єкта діагностування і/або про роботу самої системи діагностування.

2.3. Місце розробленої системи в технічній системі літака

Система діагностування двигуна є локальною підсистемою системи діагностування літака. СД отримує дані про загальний стан об'єкта діагностування від аналогових датчиків. Оскільки система є цифровою перед потраплянням до неї інформація поступає на вхід АЦП, що виконує перетворення аналогового сигналу в цифрову послідовність.

Система діагностування взаємодіє з локальною системою управління (СУ) відсилаючи їй інформацію про технічний стан двигуна та рекомендації, щодо формування команд управління (рис. 2.2).

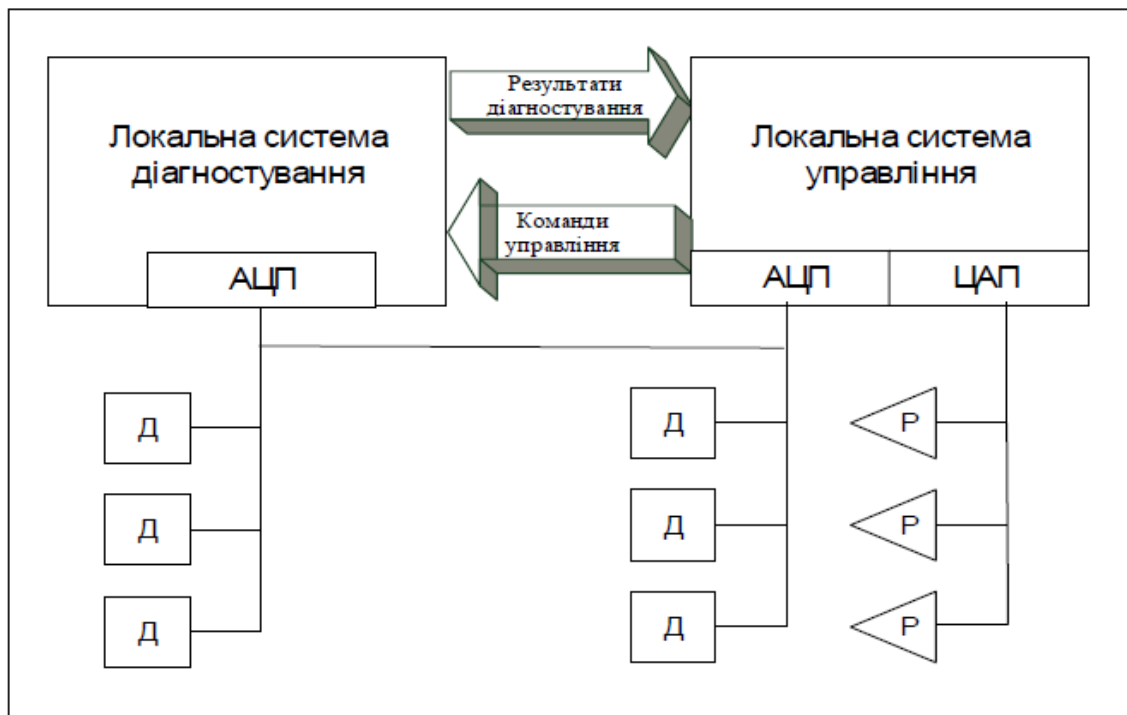


Рис. 2.2. Схема взаємодії системи діагностування і системи управління з об'єктом
АЦП – аналогово-цифровий перетворювач;

ЦАП – цифро-аналоговий перетворювач; Д – датчик; Р – регулятор

Система управління на основі отриманої інформації приймає рішення, які дії необхідно виконати. Вона формує команди управління та впливає на об'єкт за допомогою регуляторів. Для підвищення надійності та уникнення непрактичної надлишковості системи літака СУ отримує інформацію про контролюємі параметри від датчиків, що є спільними для систем управління та діагностування.

Цей зв'язок не є однобічним. Система управління надсилає системі діагностування команди управління. Такий взаємозв'язок дозволяє вірно визначити технічний стан двигуна незалежно від моделі управління. СУ буде формувати команди управління, з урахуванням можливостей їх виконання при поточному стані об'єкту управління.

2.4. Етапи розробки систем діагностування

В загальному випадку розробка систем діагностування включає такі етапи: теоретичні дослідження, розробка та впровадження системи діагностування, тестування, формування висновків та пропозицій.

На етапі теоретичних досліджень розробник виконує збір даних про об'єкт діагностування: особливості його функціонування, можливі причини відмов системи, параметри ОД, що дозволяють однозначно встановити технічний стан системи.

Відповідно до зібраних даних проєктант виконує вибір діагностичних параметрів та обирає точки встановлення датчиків на об'єкт, у зонах де контролюємі параметри досягають екстремуму (мінімуму чи максимуму залежно від їх фізичної природи).

Проєктант на цьому ж етапі також формує базу даних обмежень системи, її можливих дефектів та кількісні значення параметрів, що можуть засвідчити їх наявність.

На етапі розробки та впровадження системи діагностування розробник обирає конкретні датчики для вимірювання параметрів, моделі АЦП, що зможуть забезпечувати необхідну точність перетворення аналогового сигналу в цифровий та встановлює їх на об'єкт[5]. Проєктант також виконує розробку алгоритму діагностування та обирає спосіб його реалізації. Найбільш раціональним підходом до реалізації алгоритму на початкових етапах формування новітніх ідей діагностування є програмна реалізація, що дозволяє вносити корективи в алгоритм за результатами тестування системи.

Після розробки та впровадження системи відбувається тестування системи. На цьому етапі відбувається збір даних про об'єкт дослідження та систему діагностування.

2.4.1. Підсистема вимірювання

Підсистема вимірювання здійснює вимірювання параметрів системи, що діагностується. Вона містить первинні перетворювачі, які здійснюють вимірювання фізичних величин та формування електричного сигналу, що несе інформацію про параметри системи, що досліджується. Представлення вимірної величини у формі струму чи напруги дає можливість передавати параметри системи, застосовувати різноманітні методи обробки сигналів, виконувати подальше їх перетворення та зберігання.

Підсистема вимірювання температури і тиску масла буде містити такі первинні перетворювачі : тахометр, датчик температури, датчик тиску, датчик швидкості.

Схема розміщення датчиків зображена на рисунку 2.1.

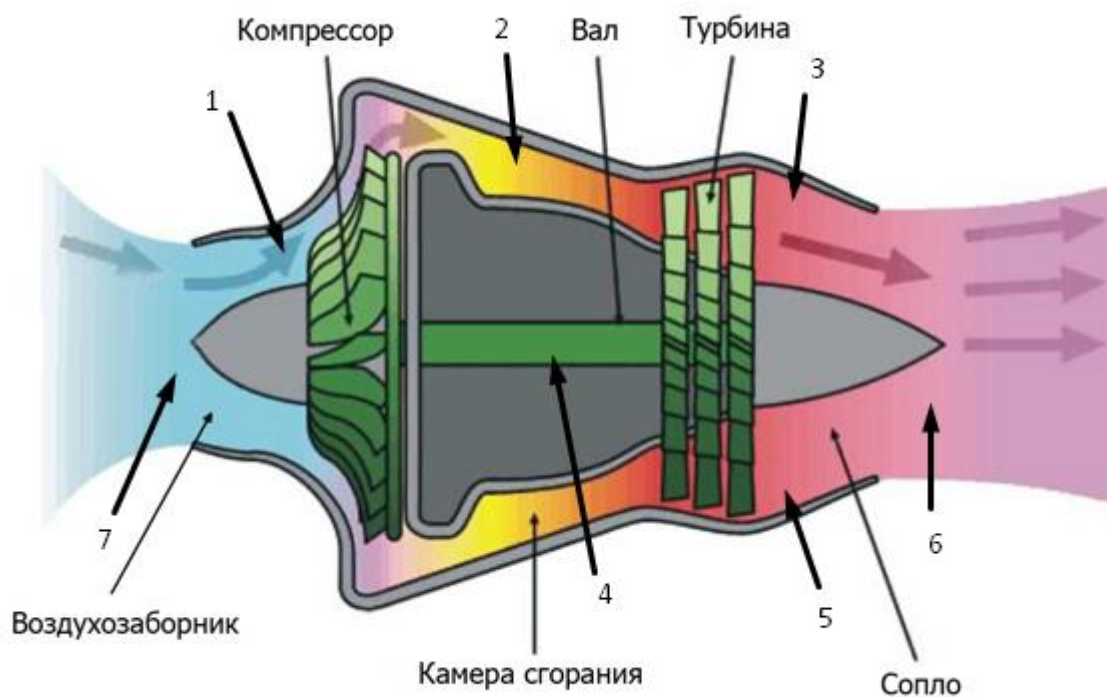


Рис 2.1. Схема розміщення датчиків

1,2,3 – датчики температури; 4 – тахометр; 5 – датчик тиску;
6,7 – датчик швидкості.

2.4.1.1. Датчик температури

Перегрівання компонентів двигуна призводить до їх деградації, тому необхідно контролювати даний процес. Вимірювання температури кожного окремого елемента є недоцільним у великій системі, тому виконується загальна комплексна оцінка даного параметру.

Оскільки компоненти змазуються маслом, через наявність теплообміну, виконувати моніторинг середнього значення перегріву елементів можна вимірюючи його температуру.

Температура масла також є важливими параметрами функціонування масляної системи є, адже опускання її нижче допустимого рівня може призвести до замерзання масла[7]. Перегрів масла викликає його окиснення, зменшення змазуючих та антикорозійних властивостей, призводить до виділення з нього коксу і смол, що забивають фільтри і форсунки, тому необхідно також встановлювати верхню межу даного параметру

2.4.1.2. Датчик тиску

Не менш важливим параметром роботи масляної системи є тиск масла. Від нього залежить чи достатня кількість змазки потрапляє до деталей двигуна. У випадку, якщо кількість масла є недостатньою сили тертя зростають і, як наслідок зростає знос деталей та зменшується термін їх експлуатації.

Масло також виконує функцію охолодження елементів, які воно змазує. У випадку недостатнього тиску масла температура компонентів зростає, що призводить до збільшення швидкості їх руйнування.

Недостатня кількість масла призведе до того, що продукти зносу деталей не будуть вимиватись і, як наслідок руйнування деталей пришвидшиться.

2.4.1.3. Тахометри

Для діагностування роботи двигуна необхідно знати частоту обертання його вхідного валу та частоту обертання.

Отримані значення частот обертання дозволять виявити непрацездатність системи, адже вона дозволяє оцінити з якою точністю забезпечується передатне відношення.

2.5.1. Підсистема перетворення

Підсистема перетворення виконує обробку аналогових сигналів та подає їх у вигляді цифрової послідовності в підсистему обробки даних (обчислювальну систему) для подальшого використання.

Для перетворення аналогових даних в цифрові необхідно виконати над ними ряд операцій таких, як дискретизацію, квантування, фільтрацію, статистичну обробку і т.д.

Для виконання цієї задачі використовуються аналогово-цифрові перетворювачі. АЦП – це перетворювачі, що конвертують аналоговий сигнал, зазвичай напругу, в еквівалентний цифровий код, що є сумісним із цифровими пристроями обробки даних .

Основними характеристиками АЦП є : абсолютна та відносна похибки, лінійність, роздільна здатність, швидкість перетворення, стабільність та вартість.

Обов'язковою умовою для ефективної роботи підсистеми перетворення є раціональний вибір параметрів АЦП.

2.5.1.1 Методика розрахунку необхідних параметрів АЦП

Одними із найважливіших параметрів АЦП є швидкість перетворення та його розрядність.

Для вибору швидкості перетворення перш за все необхідно встановити максимальну частоту аналогового сигналу, що буде перетворюватись.

Співвідношення між частотою перетворення та частотою дискретизації визначається теоремою про дискретизацію сигналів, або теоремою Котельникова.

Теорема Котельникова визначає: всякий безперервний сигнал $x(t)$, що володіє обмеженим спектром частот, тобто не містить частот вище, ніж $F_{гр}$, повністю визначається своїми дискретними значеннями в моменти відліку, віддалені один від одного в часі на інтервали:

$$T_0 \leq \frac{1}{2 * F_{гр}}. \quad (2.1)$$

Він може бути повністю відтворений за формулою:

$$x(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x(n/F_0) \frac{\sin \pi (F_0 t - n)}{\pi (F_0 t - n)}, \quad (2.2)$$

де F_0 – частота дискретизації.

З теореми Котельникова слідує, що частота дискретизації повинна відповідати умові $F_0 \geq 2F_{гр}$ (умова Найквіста), в іншому випадку виникає ефект накладення або підміни частот, який є причиною похибки при відновленні сигналу.

Теорема Котельникова передбачає обмежений спектр частот і нескінченну протяжність в часі (потрібно знати всі минулі і майбутні значення), тоді як реальний сигнал має кінцеву тривалість і необмежений частотний спектр. У цьому випадку застосування теореми Котельникова дає трохи завищену частоту F_0 . На практиці частоту перетворення встановлюють по співвідношенню:

$$F_0 = k * 2f_m, \quad (2.3)$$

де f_m – прийнята максимальна частота в спектрі сигналу, а k – коефіцієнт запасу, зазвичай $1.5 \leq k \leq 6$.

Для вибору оптимальної розрядності перетворювача необхідно керуватись вимогами до необхідної точності перетворення. При перетворенні неперервної величини x_0 в дискретну величину x виникає похибка перетворення Δx , що не

перевищує певної величини h (одиниці молодшого розряду). Основними характеристиками похибки дискретизації будуть її математичне очікування M та дисперсія D . У випадку, якщо округлення відбувається методом відкидання вони набудуть таких значень:

$$m = -\frac{h}{2}; \quad (2.4)$$

$$D = \frac{h^2}{12}. \quad (2.5)$$

Крок дискретизації h можна визначити із діапазону зміни значень неперервної величини $\Delta X_{max} = X_{max} - X_{min}$ та розрядності перетворювача n :

$$h = \frac{\Delta X_{max}}{2^n - 1} \approx \frac{\Delta X_{max}}{2^n}. \quad (2.6)$$

В такому випадку середньоквадратична похибка дискретизації рівна:

$$\sigma = \sqrt{D} = \frac{h}{\sqrt{12}}. \quad (2.7)$$

З урахуванням рівняння (2.6) отримаємо:

$$\sigma = \frac{h}{\sqrt{12}} = \frac{\Delta X_{max}}{2^n \sqrt{12}}. \quad (2.8)$$

Звідси:

$$2^n = \frac{\Delta X_{max}}{\sqrt{12} \cdot \sigma} \quad (2.9)$$

Оптимальна розрядність перетворювача становить:

$$n = E\{\log_2 \left[\frac{\Delta X_{max}}{\sqrt{12} \cdot \sigma} + 1 \right]\} \quad (2.10)$$

2.5.2. Обчислювальна система

Для встановлення стану системи не достатньо просто виконати вимірювання інформативних параметрів системи, необхідно також проаналізувати отриману інформацію. Для виконання цієї задачі система діагностування повинна містити

обчислювальну систему, що дозволить виконати обробку даних швидко та ефективно.

Ключом до ефективного використання обчислювальної системи в процесі збору даних та управління є чітке формулювання вимог до необхідного апаратного та програмного забезпечення. Важливою частиною програмного забезпечення є операційна система (ОС), яка забезпечує інтерфейс між прикладними програмами та апаратним забезпеченням системи[6]. ОС являє собою платформу на тому рівні, який менше залежить від «заліза» та забезпечує зручність розробки програмного забезпечення, адже мови програмування взаємодіють з апаратним забезпеченням через операційну систему.

В якості обчислювальної системи буде використовуватись недорогий мікрокомп'ютер або персональний комп'ютер спеціаліста.

2.5.3. Підсистема відображення

При розробці підсистеми відображення важливо забезпечити зручність роботи її користувачів, адже від неї буде залежати швидкість та якість їх роботи. Ефективна розробка таких систем неможлива без розгляду при їх проектуванні всього комплексу «людина-машина».

Клієнтська та серверна частини консолі є візуальним інтерфейсом, що забезпечує взаємодію обслуговуючого персоналу із апаратною частиною системи діагностування.

Для зручності роботи технічного персоналу обслуговування двигуна усі датчики системи діагностування розташовуємо на єдиній схемі (рис 2.1).. Відображення усіх датчиків системи діагностування літака на єдиному зображенні дозволяє людині, що працює з клієнтською частиною консолі швидко отримувати усю необхідну інформацію про стан усіх агрегатів. При цьому поява збоїв у роботі інших складових не буде поміченою.

2.6. Методика діагностування

Існує багато методів контролю та діагностування систем. Величина їх розмаїття спричинена тим, що жоден із існуючих способів не дозволяє врахувати всі вимоги, що висуваються до формування оцінки технічного стану, із 100% достовірністю.

Ні один із методів не дозволяє визначити стан двигуна з достатнім ступенем деталізації. Поєднання різноманітних методів діагностування в одній системі дозволяє більш глибокий контроль з вищою точністю.

2.6.1. Пороговий контроль

При виконанні порогового контролю виконується порівняння поточного значення діагностичного параметру із пороговими значеннями зон (рис. 2.2). Межі зон визначаються при проведенні експериментальних досліджень, або розраховуються залежно від особливостей об'єкту діагностування.

Виділяють три зони порогового контролю: норма, попередження, тривога.

Зазвичай кожна із зон позначається своїм кольором. Прийнято позначати зони так: норма – зелений колір, попередження – жовтий колір, тривога – червоний колір.

У випадку, якщо діагностичний параметр належить зоні «норма» це означає, що система здатна виконувати своє призначення протягом тривалого проміжку часу.

Якщо контролюємий параметр досягає жовтої зони – досліджуваний об'єкт отримує критичні для нього навантаження, працює на межі своїх можливостей. Його працездатність обмежується часовим інтервалом. У цьому випадку система діагностування попереджує про вихід на передкритичний режим роботи. У випадку досягнення контролюємим параметром червоної зони система зазнала серйозних пошкоджень та не може виконувати свої функції надалі.

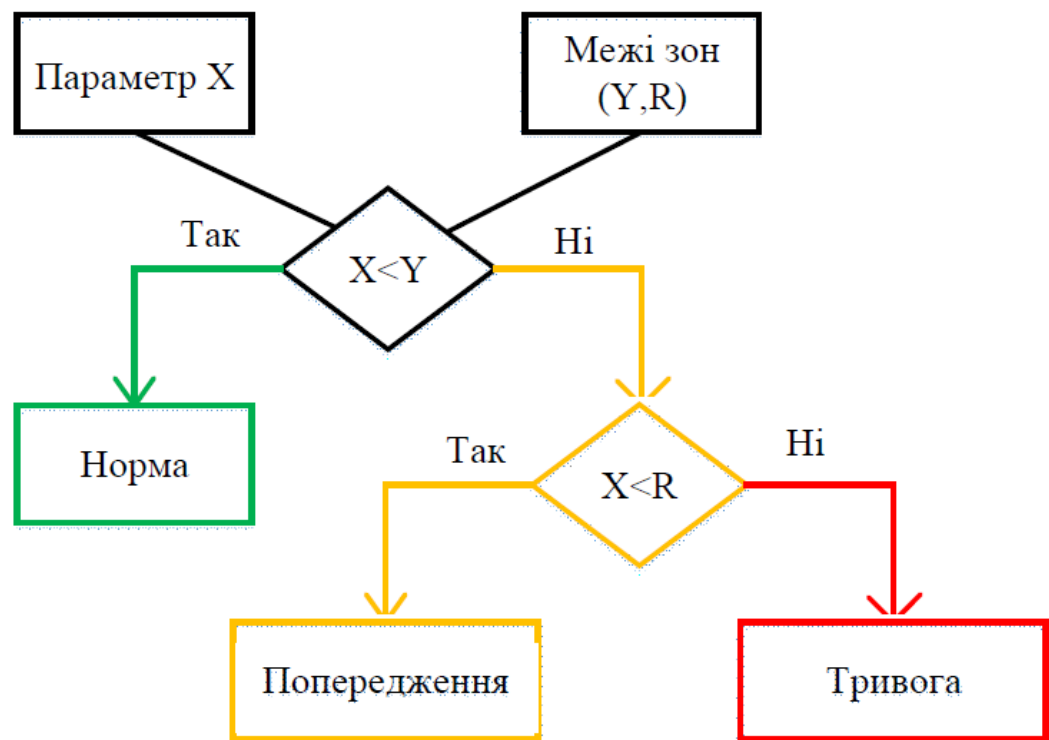


Рис. 2.2. Блок-алгоритмічна схема порогового контролю

2.6.2. Допусковий контроль

Допуск – встановлене дослідом або розрахунком поле значень діагностичного параметру пристрою, при якому воно здатне виконувати задані функції, зберігаючи експлуатаційні показники протягом заданого часу

При виконанні допускового контролю здійснюється перевірка чи лежить контролюємий параметр в допуску. У випадку, якщо результат вимірювання X параметру діагностування належить діапазону, то приймається рішення «Норма», якщо ні – «НЕ норма»:

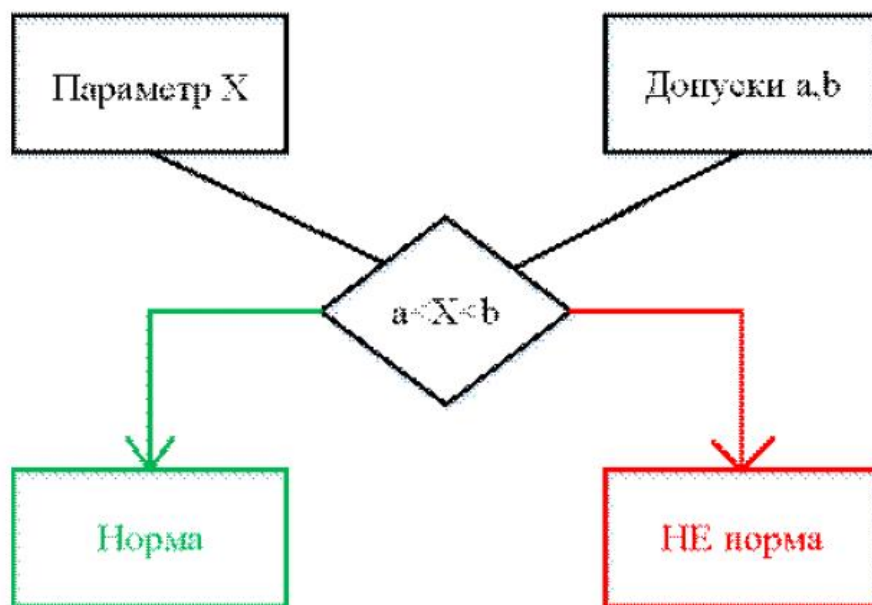


Рис. 2.3. Блок - алгоритмічна схема допускового контролю

Можна здійснювати допусковий контроль таких параметрів двигуна: частота обертання валу, тиск та температура масла, амплітуда вібрацій.

Допусковий контроль передбачає наявність похибки вимірювання і окрім «норми» і «НЕ норми» передбачає наявність іще двох станів, які виявити порівнянням значення параметра X з допусками неможливо. Такі стани називаються: «хибна відмова» та «невиявлена відмова».

У випадку «хибної відмови» при порівнянні результату вимірювання, що містить похибку із допусками встановлюється його вихід за межі допустимої зони, але при цьому сам діагностичний параметр в нормі. У випадку «невиявленої відмови» за рахунок додавання похибки вимірювання система визнається працездатною, але діагностичний параметр не в нормі.

Методи порогового контроль дають можливість виявити «хибку відмову» та «невиявлену відмову».

Висновки до розділу 2

Принци роботи система діагностування полягає у вимірюванні та аналізі об'єкта діагностування. Більшість із них є розподіленими системами, що містять локальні СД, що відповідають за визначення технічного стану окремої підсистеми чи ОД вцілому.

При розробці систем діагностування важливо мати уявлення про принцип роботи об'єкту діагностування, можливі причини його поломок, а також знати обмеження, що накладаються на нього. Для проектування системи діагностування необхідно: зібрати відомості про технічну систему, що діагностується, обирати контролюємі параметри, визначити які датчики та аналогово-цифрові перетворювачі необхідно встановити на ОД, розробити алгоритм та втілити його схемотехнічно, або з використанням певної мови програмування.

Розробка візуального інтерфейсу є не менш важливою задачею, адже він забезпечує взаємодію із апаратною частиною системи діагностування.

Для встановлення технічного стану об'єкта може застосовуватись пороговий контроль, що встановлює три зони: норма, попередження, тривога. Пороговий контроль дозволяє встановити такі стани ОД: норма та не норма з урахуванням похибки вимірювача.

РОЗДІЛ 3

КОНСОЛЬ ВІДОБРАЖЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ

Консоль складається із серверної та клієнтської частин.

Клієнтська частина консолі складається із підсистеми клієнта та консолі візуалізації. Підсистема клієнта за запитом отримує пакет даних, від сервера, що містить дані з імітаторів датчиків імітатора системи вимірювання. Консоль візуалізації містить індикатори, що в візуальному режимі відображають параметри системи

Серверна частина консолі містить дві підсистеми: підсистему сервера та імітатори системи вимірювання. Підсистема сервера по запитам виконує обслуговування клієнта. Імітатор системи вимірювання дозволяє в візуальному режимі задавати випадкові тестові значення.

3.1. Клієнтська частини консолі

Клієнтська частина консолі має модульну структуру. Вона містить:

- Головний модуль клієнта Unit Main, що описує типи, процедури та функції, що забезпечують реалізацію конкретної архітектури TCP/IP.
- Системні модулі та модулі візуальних компонент Delphi: Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls, Forms, Dialogs, MMSystem, StrUtils, StdCtrls, ExtCtrls, ComCtrls, що містять типи, процедури та функції, які забезпечують роботу інших модулів системи; а також елементи інтерфейсу користувача.
- Модулі, що забезпечують встановлення з'єднання між клієнтом та сервером: бібліотеки технології Indy: IdBaseComponent, IdComponent,

Кафедра АКСУ				НАУ 21 02 01 000 ПЗ			
<i>Виконав</i>	<i>Казюк</i>			Консоль відображення технічного стану	<i>Літера</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркуші</i>
<i>Керівник</i>	<i>Воронов</i>					40	52
<i>Консульт</i>					501 6.050201		
<i>Н.контр.</i>	<i>Дивнич</i>						
<i>Зав. каф.</i>	<i>Тачиніна</i>						

IdTCPConnection, IdTCPClient; модулі бібліотеки кафедри: Common1, AppDispatch1.

- Модулі прикладних підсистем, що забезпечують відображення даних із датчиків у візуальному режимі та в зручному для користувача форматі.

3.2. Консоль візуалізації

3.2.1. Загальні відомості

Консоль візуалізації призначена для відображення результатів вимірювання діагностичних параметрів у зручному для користувача форматі.

Основні типи даних, процедури та функції призначені для забезпечення функціонування консолі містяться в модулі UserApp02Main.

Консоль візуалізації містить : елементи управління, індикатори, осцилограф, спектрограф.

Елементи управління призначені для вибору індикатора, зміни його стилю, прозорості; приховування або відображення індикаторів, осцилографа, спектрографа.

Індикатори призначені для відображення значень діагностичних параметрів. З їх допомогою здійснюється пороговий контроль (колір індикатора відповідає кольору зони в якій знаходиться діагностичний параметр).

Осцилограф призначений для дослідження динаміки зміни діагностичного параметру з часом. Спектрограф призначений для формування, відображення та редагування спектрів сигналів.

3.2.2. Індикатори

Індикатор – об’єкт консолі візуалізації, який призначений для індикації зміни певного діагностичного параметру, його контролю у зручній для візуального сприйняття формі.

Індикатори мають такі основні властивості:

XBeg	X - прив’язка на Image
YBeg	Y - прив’язка на Image
Title	Назва датчика
Measure	Одиниці вимірювання
Min	Мінімальне значення
Max	Максимальне значення
YZone	Початок жовтої зони
RZone	Початок червоної зони
FiltrMax	Число точок цифрового фільтру
Transparent	Прозорість
Compact	Компактність вигляду

Парметри налаштування індикатора будуть залежати від місця розташування датчика в системі діагностування, його фізичної природи та обмежень, що висуваються до діагностичного параметру, який він відображає. Параметри налаштування індикаторів зберігаються в модулі UserApp02Data.

3.2.3. Параметри налаштування індикаторів

SType	L	L	L	L	R
Title	Термометр 1	Термометр 2	Термометр 3	Термометр 4	Тиск
Measure	°C	°C	°C	°C	кгс/см2
Min	-50	-50	-50	-50	0
Max	50	200	1000	100	100
YZone	40	129	600	600	70
RZone	45	160	800	800	80
XBeg	109	380	548	610	540
YBeg	10	10	64	118	212

Параметри установки датчиків на консолі візуалізації Табл. 3.1.

SType	L	L	R	L	L
Title	Віброметр1	Віброметр 2	Вихлоп	Тахометр 1	Тахометр 2
Measure	мм	мм	м/сек	об/сек	об/сек
Min	0	0	0	0	0
Max	10	10	900	100	100
YZone	6	6	700	60	60
RZone	8	8	800	80	80
XBeg	442	442	660	161	234
YBeg	452	506	212	64	118

3.2.4. Візуалізація результатів вимірювань у вигляді осцилограми

Застосовується для відображення залежності діагностичних параметрів від часу. Необхідний для аналізу поведінки діагностичних параметрів.

Користувач може відобразити або приховати осцилограму.

Побудова осцилограми виконується для обраного датчика. Колір ламаних ліній осцилограми відповідає зоні у якій розташовується досліджуваний параметр.

Документировать хтх файл

3.2.5. Формування, візуалізація та редагування спектрів

Спектрограма – основний інструмент для формування, відображення та редагування, спектрів вібрацій. Відображається лише для датчиків вібрацій, адже контроль інших параметрів не потребує застосування спектрального аналізу.

Спектрограма відкривається в окремій вкладці. Вона містить два графіки: перший відображає загальний спектр сигналу, а другий – історію амплітуди визначеної гармоніки. Вкладка спектр дозволяє змінювати масштаб (максимальну амплітуду спектру), амплітуду жовтої та червоної зон.

3.3. Імітатор системи вимірювання

Функцію імітації вимірювальної системи виконує модуль SensorGroup02. Імітатор системи вимірювання надає користувачу можливість випадковим чином задавати сигнали від датчиків.

Імітатор системи вимірювання дозволяє формувати різноманітні тестові сигнали для перевірки працездатності консолі.

3.4. Тестування роботи програми

Перед впровадженням програми необхідно виконувати перевірку її працездатності, та реакцію на дії користувача. Для перевірки правильності функціонування, її реакції на непередбачувані помилки, встановлення відповідності її вимогам необхідно виконувати тестування програми.

Для перевірки правильності функціонування програми було проведено ряд тестів.

Щоб перевірити успішність запуску додатка, для цього нам потрібно натиснути на файл 'Variant02'.

Нам відкриється форма «Імітатор каналу передачі даних» (рис.3.1.). З даної форми ми можемо відкрити панель імітатора датчиків та панель консолі для спостереження за параметрами двигуна літака. Запуск/зупинка вимірювань даних та задати їм темп.

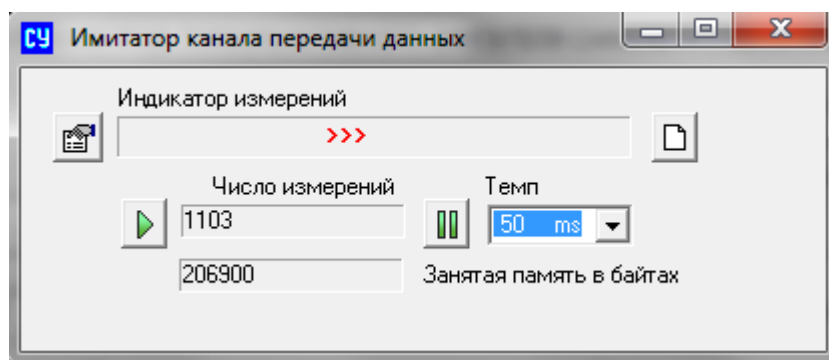


Рис.3.1. Скріншот форми «Імітатор каналу передачі даних»

В панелі імітаторів датчиків (рис.3.2.) ми задаємо параметри турбореактивного літака: максимальне значення, мінімальне значення, початкове значення та шум з амплітудою.



Рис.3.2. Скріншот панелі імітатора датчиків

При відкритті консолі візуалізації (рис.3.3.) ми бачимо картинку турбореактивного двигуна та датчики. Можна натиснути ПКМ на датчик, і він активним. Можливість приховувати індикатори при необхідності, змінювати його стиль та прозорість.

Відображення осцилографа можна вкл/викл. Осцилограф має функцію відключення порогового контролю, та можливість задавати йому цифровий вид.

Відображення спектру обраного датчика(рис.3.4.), показує історію обраної гармоніки.

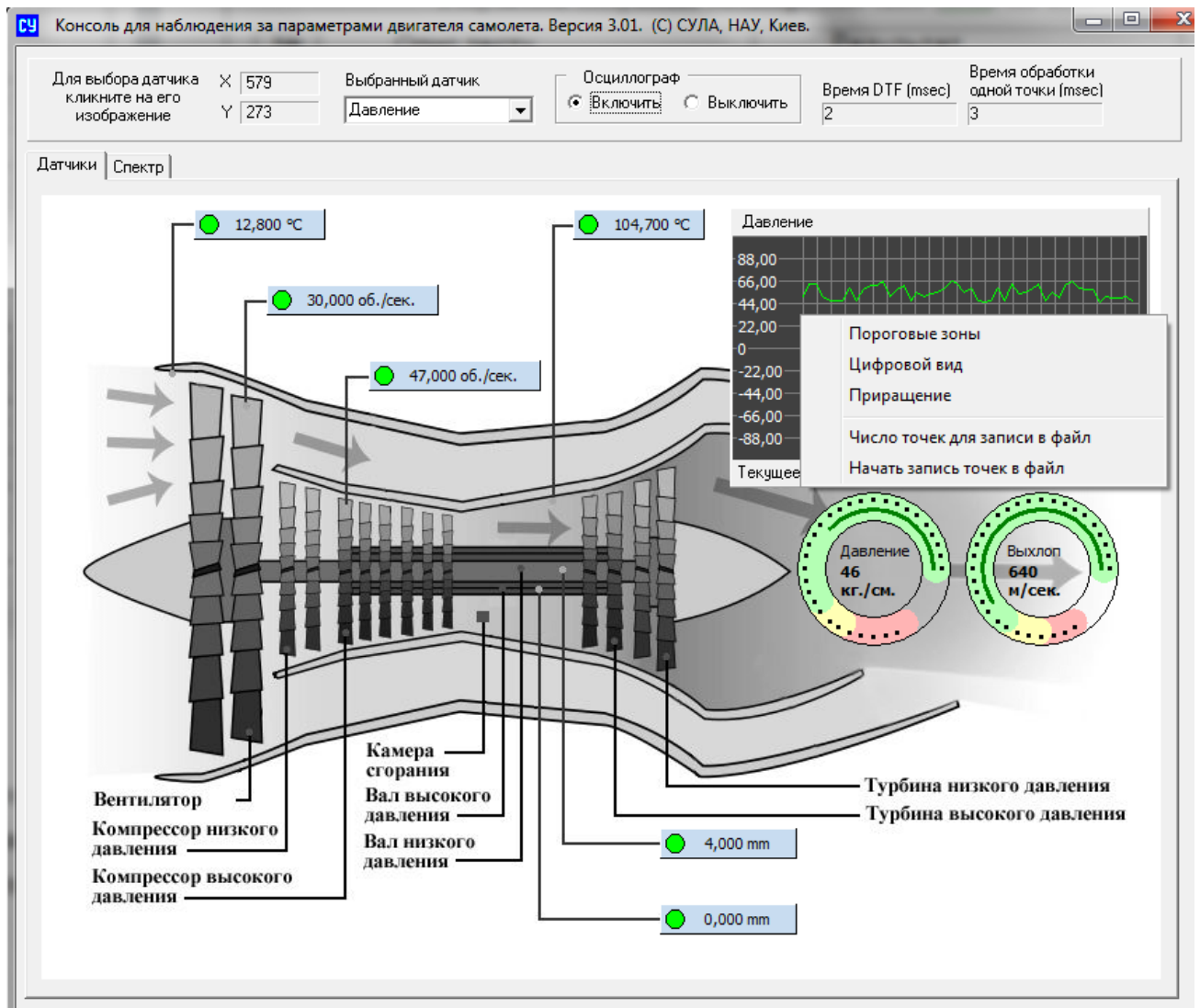


Рис.3.3. Скріншот панелі візуалізації програми

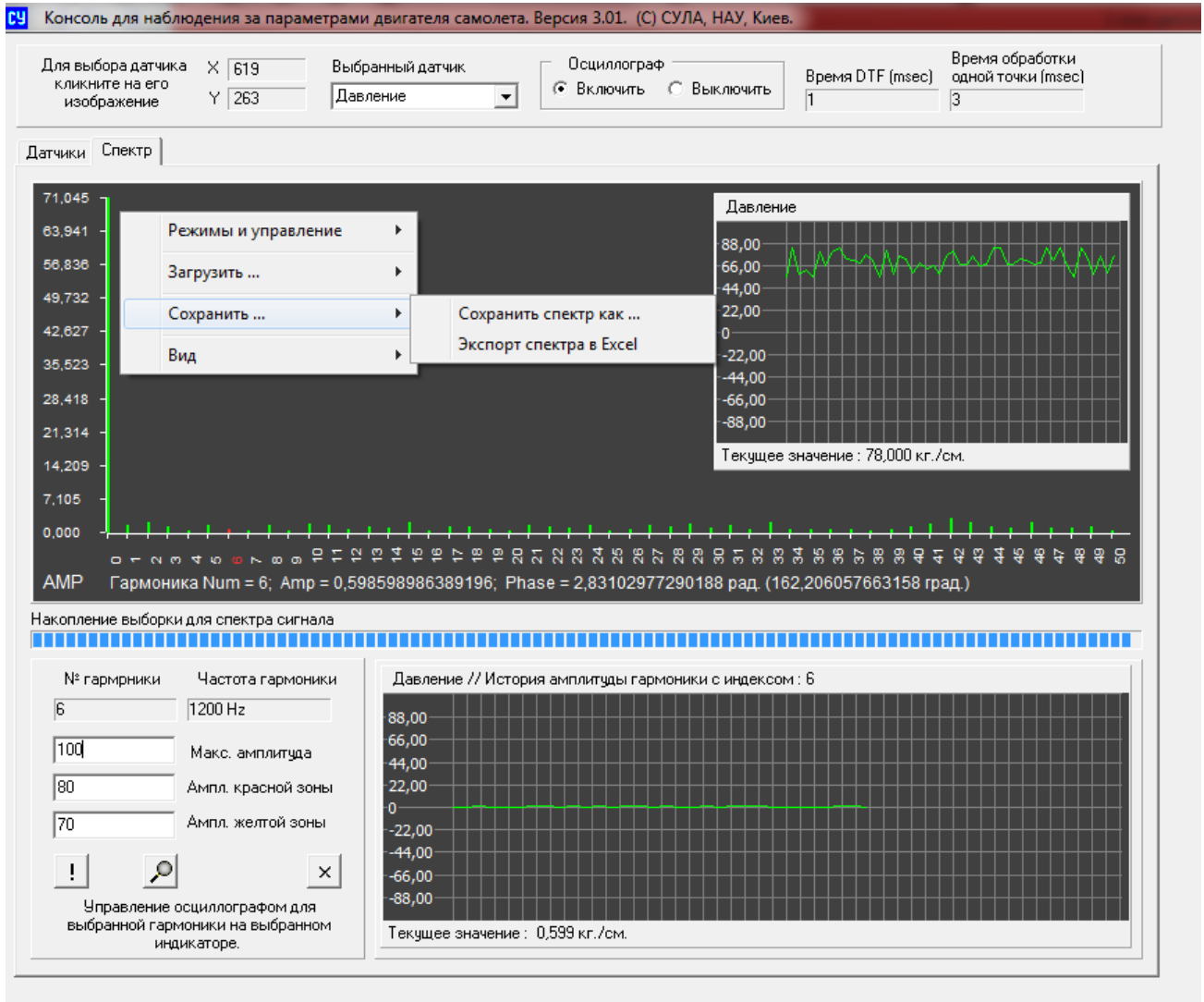


Рис.3.4. Скріншот вкладки спектр

Результаты вимірювань спектра можна зберегти в окремий файл, або експортувати в Excel таблицю.

Висновки до розділу 3

Клієнтська частина консолі призначена для отримання результатів вимірювання від датчиків та відображення їх в зручному для користувача режимі. Функція контролю технічного стану двигуна на основі даних із датчиків реалізована в клієнтській частині консолі. Її виконує модуль клієнта – консоль візуалізації.

ВИСНОВКИ

У результаті виконання дипломної роботи :

1. Проведено аналіз літературних джерел та встановлено: особливості діагностування двигуна, зміна яких параметрів сигналізує про втрату працездатності системи; характерні пошкодження двигуна та причини їх виникнення. В результаті виконаного аналізу обрані діагностичні параметри для двигуна, а також сформований перелік датчиків системи діагностування.
2. В результаті аналізу архітектури систем діагностування двигуна , переваг та недоліків способів реалізації різноманітних систем, було прийнято рішення про проектування СД турбореактивного двигуна. У зв'язку із необхідністю уточнення алгоритму діагностування, після проведення тестових досліджень та обробки отриманих результатів, обрано програмний спосіб реалізації системи.
3. Обрано аналогово - цифрові перетворювачі, які є складовими підсистеми перетворення СД та виконують представлення сигналів датчиків у вигляді цифрової послідовності.
4. Створено комп'ютерну програму, яка дозволяє підвищити ефективність роботи технічного персоналу обслуговування двигунів. Використання отриманого додатку призведе до зменшення вартості обслуговування і надасть можливість отримувати інформацію про його технічний стан будь-де та будь-коли.

<i>Кафедра АКСУ</i>				<i>НАУ 21 02 01 000 ПЗ</i>			
<i>Виконав</i>	<i>Казюк</i>			Висновки	<i>Літера</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Керівник</i>	<i>Воронов</i>					50	52
<i>Консульт</i>					501 6.050201		
<i>Н.контр.</i>	<i>Дивнич</i>						
<i>Зав. каф.</i>	<i>Тачиніна</i>						

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ТА ЛІТЕРАТУРИ

1. Електронний ресурс: Воздушно-реактивные двигатели. Режим доступа: <https://coollib.com/b/251030-karl-aleksandrovich-gilzin-vozdushno-reaktivnyie-dvigateli>
2. П.К. Казанджан, Н.Д. Тихонов. Теория авиационных двигателей. Теория лопаточных машин. - М.: Машиностроение, 1995. - 317 с.
3. Реактивные двигатели: учебно-методическое пособие / сост.: А. И. Рипинский, О. М. Пляц,. – Минск: МГВАК, 2011. – 88 с.
4. Карпінос Б.С., Коровін О.В., Лобунько О.П., Ведищева М.Ю. Експлуатаційні пошкодження турбореактивних двоконтурних авіаційних двигунів з форсажною камерою згоряння
5. Н.Культин. Основы программирования в Delphi 7. – Спб: БХВ-Петербург, 2003. – 608 с.
6. Дарахвелидзе П.Г., Марков Е.П. Программирование в Delphi 7. – Спб: БХВ-Петербург, 2003. – 784 с.
7. В.Т. Шулекин. Основы теории и конструирования авиационных двигателей. Конспект лекций. - М.: МГТУ ГА, 1994. - 140 с
8. П.К. Казанджан, Н.Д. Тихонов. Теория авиационных двигателей.. - М.: Машиностроение, 1995. - 317 с.
9. С. И. Воронов. Выбор платформы для реализация систем управления, 2018,– 17 с.

ДОДАТКИ

Додаток А

Блок-алгоритмічна схема етапів розробки систем діагностування



Рис. А.1. Блок-алгоритмічна схема етапів розробки системи діагностування