

**МІНІСТЕРСТВО ВНУТРІШНІХ СПРАВ УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ВНУТРІШНІХ СПРАВ  
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ ЛЬОТНИЙ КОЛЕДЖ**

**Циклова комісія технічного обслуговування авіаційної техніки**

**ТЕКСТ ЛЕКЦІЇ**

**з навчальної дисципліни**

**«Технічна діагностика та неруйнівний контроль»**

**обов'язкових компонент**

**освітньо-професійної програми**

**першого (бакалаврського) рівня вищої освіти**

**272 Авіаційний транспорт**

**(Технічне обслуговування та ремонт повітряних суден і авіадвигунів)**

**за темою – «Основні задачі і положення технічної діагностики»**

**Кременчук 2023**

### **ЗАТВЕРДЖЕНО**

Науково-методичною радою  
Харківського національного  
університету внутрішніх справ  
Протокол від 30.08.2023 р. № 7

### **СХВАЛЕНО**

Методично радою Кременчуцького  
льотного коледжу  
Протокол від 28.08.2028 р. № 1

### **ПОГОДЖЕНО**

Секцією науково-методичної ради  
ХНУВС з технічних дисциплін  
Протокол від 29.08.2023 р. № 7

Розглянуто на засіданні циклової комісії технічного обслуговування авіаційної техніки, протокол від 28.08.2023 р. № 1

**Розробники:** викладач циклової комісії технічного обслуговування авіаційної техніки *Яніцький А.А.*

### **Рецензенти:**

1. Завідувач кафедри технологій аеропортів Національного авіаційного університету, д.т.н., професор *Тамаргазін О.А.*

Викладач циклової комісії технічного обслуговування авіаційної техніки Кременчуцького льотного коледжу Харківського національного університету внутрішніх справ, к.т.н.,с.н.с. *Тягній В.Г.*

### **План лекції .**

1. Характеристика діагностики як науки. Основні положення технічної діагностики.
2. Характеристика надійності авіаційної техніки.
3. Оцінка технічного стану устаткування.
4. Прямі і зворотні задачі технічного діагностування авіаційної техніки.
5. Задачі прогнозу технічного стану і задачі генезу авіаційної техніки.
6. Принципи побудови алгоритмів обчислення функцій несправностей. Приклади побудови алгоритмів обчислення функцій несправностей.

### **Рекомендована література (основна, допоміжна), інформаційні ресурси в інтернеті**

#### **Основна література:**

1. Кеба І.В. Діагностика авіаційних і ГТД. , 1980. 220 с.

#### **Допоміжна:**

1. Мадорский Я.Ю. “ Теорія авіаційних двигунів”, ч.1. , К., 1969.
2. Вагин А.Н., “ Теорія авіаційних двигунів ”, ч.1. , К., 1968.
3. Крученюк І.Л, Кеба І.В., «Авіаційний двигун М-14В 26», К.,1972.
4. Ливинский С.И. “ Теорія авіаційних двигунів ”,К, 1982.
5. Холщевников К.В. “ Теорія і розрахунок авіаційних лопатних машин”, К, 1986.

#### **Інформаційні ресурси в Інтернеті**

1. <http://klk.univd.edu.ua/uk/dir/177/biblioteka>
2. URL:<http://www.usndt.com.ua/index.htm>

# Розділ 1. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ ТА МЕТОДИ ТЕХНІЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ

## Основні положення предмета технічної діагностики

### *Визначення, аспекти та завдання технічної діагностики*

*Технічна діагностика* (ТД) – галузь знань, що досліджує технічні стани об'єктів діагностування й прояви технічних станів і розробляє методи їхнього визначення, а також принципи побудови й організацію використання системи діагностування [1]. Технічна діагностика поєднує теорію, методи й засоби пошуку і виявлення дефектів технічних систем.

*Дефект* – невідповідність виробу вимогам, які встановлені нормативно-технічною документацією. Виявлення дефекту є встановлення факту його наявності в об'єкті. Пошук дефекту полягає у вказівці з певною точністю його місця розташування в об'єкті.

*Глибина пошуку* дефекта (ступінь локалізації несправності) задається вказівкою складових частин об'єкта, з точністю до яких повинне визначатися місце дефекту.

*Технічний стан об'єкта* – сукупність підданих зміні властивостей, що характеризують ступінь функціональної придатності об'єкта в заданих умовах цільового застосування.

- *Контроль технічного стану об'єкту* – визначення виду технічного стану об'єкта.

*Вид технічного стану* характеризується відповідністю або невідповідністю якості об'єкта певним вимогам. Розрізняють наступні види технічного стану:

- справність і несправність;
  - працездатність і непрацездатність;
  - правильне функціонування й неправильне функціонування.
- Таким чином, завданнями діагностування є перевірка справності, працездатності й правильності функціонування об'єкта, а також пошук дефектів, що порушують справність, працездатність або правильність функціонування.

*Діагностична система* (ДС) – сукупність засобів та методів діагностування, яка дозволяє виявити несправний елемент технічної

системи найбільш раціональним способом. Процедуру пошуку несправності в технічних системах передбачається виконувати автоматично.

*Система діагностики (СД)* розглядає діагностичну систему разом з об'єктом діагностування та передбачає заходи, щодо адаптації технічних систем до діагностування на етапі їх проектування. Для електричних систем заходи полягають у введенні в конструкцію системи необхідної кількості контрольних точок, рознімань та колодок діагностування, діагностичних розривів кіл, резервних блоків оперативної заміни, вбудованих імітаторів тестових сигналів, необхідних комутуючих пристроїв з метою оптимізації або автоматизації процесу діагностування системи.

*Об'єкт діагностування (ОД)* – абстрактне поняття, під яким розуміють будь-яку технічну систему (пристрій), що задовольняє двом умовам. По-перше, система може знаходитись у двох взаємовиключних та розрізнявальних станах (працездатному та непрацездатному). По-друге, можна виділити елементи (блоки), кожен з яких також характеризується розрізнявальними станами, що визначаються у результаті перевірок.

*Перевірка* – сукупність операцій, що проводяться з об'єктом діагностування з метою отримання результату, за яким можна визначити стан хоча б одного елемента системи. В число основних операцій, що виконуються під час перевірки, входить контроль ознак, які характеризують стан системи в цілому або її елементів.

*Діагностичний тест (ДТ)* – сукупність перевірок, достатня для виявлення усіх, що задані раніше, розрізнявальних станів системи (комбінацій несправних елементів).

*Алгоритм діагностування (АД)* – послідовність виконання перевірок, що входять в діагностичний тест, та правила обробки результатів перевірок з метою отримання діагнозу.

*Діагноз* – інформація про об'єкт діагностування, що дозволяє локалізувати несправність системи (оцінити її технічний стан), або виявити причину її неідеальності на підставі аналізу діагностичних параметрів чи симптомів. Технічний діагноз надається у вигляді висновку про технічний стан об'єкта із вказівкою, місця, виду й причини дефекту.

*Діагностичний параметр (ДП)* – параметр, величина якого неявно характеризує технічний стан об'єкта діагностування.

*Симптом* – форма прояву відхилення діагностичного параметра від його допустимих значень.

Технічна діагностика передбачає дослідження об'єктів діагностики за двома аспектами.

*Перший аспект технічної діагностики* – вивчення конкретних об'єктів, дослідження їх структури та параметрів з метою побудування ідеалізованих моделей цих об'єктів. За першим аспектом вирішують такі завдання:

1. Вивчають нормальне функціонування системи.
2. Виділяють елементи (блоки) системи та встановлюють зв'язок між ними.
3. Визначають можливі технічні стани системи (комбінації відмов елементів).
4. Аналізують технічні можливості контролю ознак, що характеризують стан системи.
5. Збирають та опрацьовують статистичні дані для визначення ймовірностей можливих станів системи та закономірностей прояву відмов окремих її елементів.
6. Збирають експериментальні дані про затрати на виконання перевірок.

Перераховані завдання передбачають емпіричні дослідження технічних систем та процедур діагностики.

*Другий аспект технічної діагностики* – побудування та вивчення відповідних математичних моделей об'єктів та процесів їх оптимальної діагностики. За другим аспектом вирішують два основних завдання :

1. Розробляють методи визначення діагностичних тестів за наявності списку елементів, які відмовили.
2. Будують оптимальні алгоритми діагностування (програми діагностування) з урахуванням заданого критерію.

Ці завдання мають в основному математичний характер. На основі вирішення завдань першого та другого аспектів, пристосовуючись до конкретної сфери технічної діяльності, можна сформулювати три основних *задачі технічної діагностики*:

1. Контроль фактичного технічного стану об'єкта діагностики.

2. Локалізація несправного елемента, визначення причин відмови, обсягу та глибини технічних втручань.

3. Прогнозування технічного стану об'єкта діагностики (визначення ресурсу, що залишився).

### ***Властивості та параметри технічних систем***

Взагалі система може знаходитися більше, ніж у двох розрізнявальних станах, тому що поняття «система, що відмовила» є деякою ідеалізацією, яка не дозволяє виділити пристрій на межі аварійного стану. В зв'язку з цим для вирішення завдань технічної діагностики вводять поняття рівнів дієздатності та категорії відмов.

Для оцінки стану системи використовуються діагностичні параметри (ДП). Розрізняють вихідні та структурні ДП, з яких можна виділити основні та допоміжні ДП.

*Вихідні ДП* – параметри, що вимірюють на виході об'єкта діагностування та дозволяють визначити його загальний стан (справний чи несправний). Вихідні ДП, як правило, не дозволяють виявити причину (місце, елемент) несправності (локалізувати несправність).

*Структурні ДП* – параметри, що знімають з контрольних точок в середині структури системи і дозволяють локалізувати несправний блок (елемент) системи.

Структурні та вихідні ДП пов'язані між собою, оскільки вони характеризують один об'єкт. Щодо поданих визначень можна сказати, що відмова системи (вихідний ДП) розглядається як функція стану її елементів (структурні ДП). Слід відзначити, що поняття вихідний та структурний ДП є відносними. Наприклад, якщо діагностування виконується на рівні системи, то параметри на виходах її блоків визначаються як структурні. Якщо ж локалізація несправності проводиться до рівня несправного елемента, то параметри на виході блока, до складу якого входить даний елемент, розглядаються як вихідні ДП.

*Основні ДП* – параметри, що характеризують виконання системою заданих функцій.

*Допоміжні ДП* – параметри, які характеризують зручність в експлуатації, зовнішній вигляд, ергономічні вимоги тощо.

Діагностичні параметри нормуються за номінальними та гранично допустимими значеннями.

*Номінальне значення ДП* – значення параметра, яке відповідає стану нової (справної) системи.

*Гранично допустиме значення ДП* – значення параметра, при якому подальша експлуатація системи неможлива або економічно не виправдана.

Номінальні та гранично допустимі значення ДП встановлюються (нормуються) заводом-виробником та вказуються в нормативній технічній документації. Оперуючи наведеними поняттями, можна описати розрізнявальні стани системи: справна, несправна, дієздатна, недієздатна.

*Справна система* – система, для якої основні та допоміжні ДП знаходяться у межах норми (не перевищують допустимих значень).

*Несправна система* – система, для якої хоча б один основний або допоміжний ДП виходить за межі допустимих значень.

*Дієздатна система* – система, що виконує задані функції, основні ДП для якої знаходяться у межах норми, а допоміжні ДП можуть виходити за межі допустимих значень.

*Система, що відмовила (недієздатна)* – система, яка не виконує задані функції з причини виходу значень її основних ДП за межі допустимих.

Перераховані формулювання станів системи дозволяють стверджувати: дієздатна система може бути як справна, так і несправна; несправна система може бути як дієздатною, так і системою, що відмовила; справна система завжди дієздатна. Взаємозв'язок наведених станів проілюстровано на рис. 1.1.1.

Згідно позначенням рис. 1.1.1 площі фігур відповідають: ABC – множина несправних систем; DEF – множина дієздатних систем; BMNA – системи, які відмовили; DNCMEF – справні системи; MCN несправні, але дієздатні системи.

Подія, що полягає в порушенні працездатності об'єкта, називають його *відмовою*. Для технічних систем відмови можна класифікувати за кількома ознаками: динамікою прояву, взаємним впливом, причиною появи.



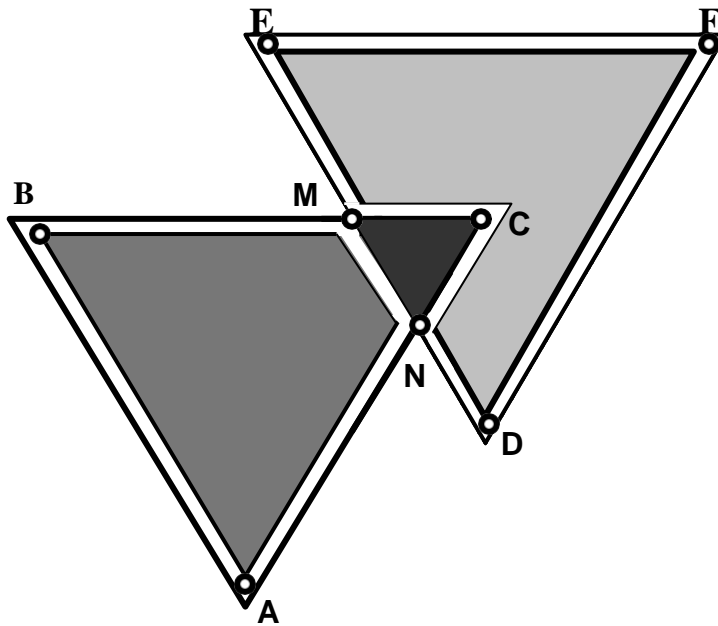


Рис. 1.1.1 До визначення понять про технічні стани системи

За динамікою прояву розрізняють *поступові відмови*, яким передують тривала зміна значень ДП або властивостей виробу (спрацьовування, старіння, деструктуризація), та *раптові відмови*, при яких ДП виходить за межі допустимих значень практично миттєво (електричні пробої, термічні руйнування при перевантаженнях струмом). Раптові відмови з'являються, як правило, при несанкціонованих експлуатаційних ситуаціях.

За взаємним впливом розрізняють *залежні відмови*, які з'являються в елементах системи в результаті відмови інших її елементів, та *незалежні відмови*, коли несправність елемента проявляється в результаті зміни своїх властивостей і не тягне за собою несправності інших елементів системи.

За причиною появи бувають *конструкторські, виробничі, ремонтні та експлуатаційні відмови*. Відповідно причинами таких відмов є: порушення правил та норм під час розробки конструкторської документації; порушення технології під час виготовлення виробу; неякісне обслуговування, ремонт та регулювання в період експлуатації; порушення правил та режимів експлуатації виробу.

Число можливих відмов системи  $N$  можна представити сукупністю станів, спричинених недієздатністю можливих комбінацій її елементів. Якщо через  $m$  позначити число можливих станів кожного елемента, а через  $n$  –

число елементів, які входять до складу системи, то кількість можливих відмов системи можна визначити з формули  $N=m^n-1$ .

Під час визначення станів технічної системи, у якості діагностичних параметрів можуть використовуватися прості фізичні величини, функції від простих величин та статичні характеристики.

Вибір діагностичного параметра з переліку альтернативних, проводиться з урахуванням вимоги до його чутливості, інформативності, стабільності та технологічності вимірювання.

*Чутливість ДП* характеризується величиною відхилення його значення при заданих змінах структурного параметра.

*Інформативність ДП*, з одного боку, визначається кількістю виявлених ним відмов об'єкта, що діагностується, з іншого, встановлює відповідність кожному значенню ДП тільки одного достатньо визначеного стану об'єкта

*Стабільність ДП* забезпечення його незмінності під час процесу діагностування.

*Технологічність вимірювання ДП* забезпечується конструкцією об'єкта та засобів діагностування, характеризується зручністю підключення діагностичної апаратури, трудомісткістю та вартістю процесу обробки результатів вимірювань і постановки діагнозу.

Якщо діагноз ставиться на підставі аналізу симптом прояву несправності, з позицій інформативності розглядаються чотири *групи звужень відповідності* між несправностями (Н), які мають місце та симптомами (С) їх прояву (рис. 1.1.2).

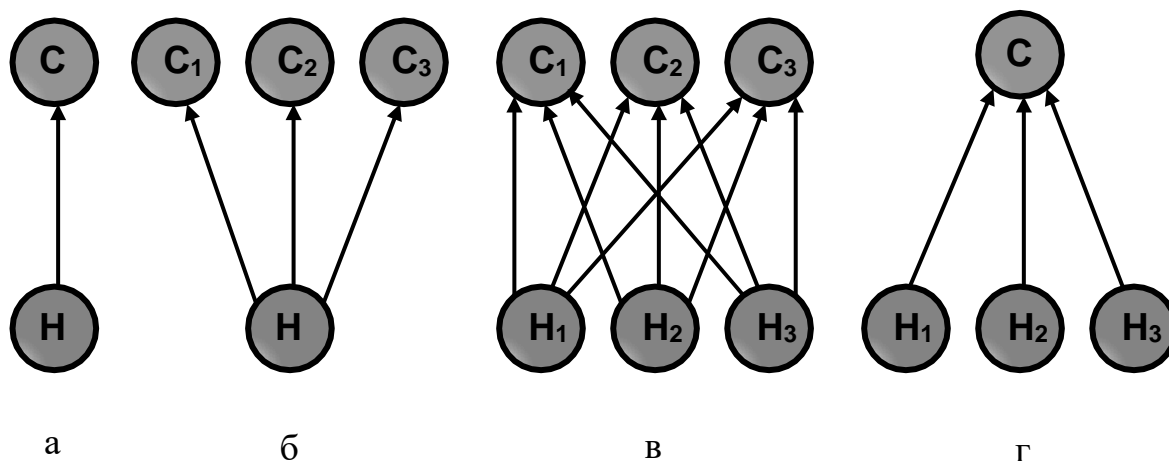


Рис. 1.1.2. Групи звужень відповідності несправність-симптом:  
а – бієктивне; б – нефункціональне; в – загального вигляду;  
г – неін'єктивне

В такому разі найбільш інформативним є бієктивний випадок певної відповідності (рис. 1.1.2, а). Якщо діагноз ставиться за аналізом значень діагностичного параметра, переважною є неін'єктивна відповідність, коли виміряні значення одного параметра дозволяють ідентифікувати декілька несправностей.

### ***Види та способи перевірок технічних систем***

Існує багато різноманітних методів діагностики технічних систем. Метод діагностики визначається засобами діагностики, що застосовуються, видом перевірок та діагностичного параметра, умовами проведення діагностичних операцій та факторами, які оптимізують процес діагностування. Правильний вибір методу діагностики дозволяє оптимізувати процес діагностування з точки зору вартості проведення діагностичних робіт, результативності постановки діагнозу та інформативності при виконанні перевірок.

Перевірки технічних систем можна класифікувати за загальними ознаками: характером участі людини у процесі діагностування; способом виявлення несправності; способом відтворення при перевірках методами заміни; типом пошуку; гнучкістю реалізації алгоритмів діагностування; глибиною локалізації несправності та діагностичним параметром, за допомогою якого ставиться діагноз (рис. 1.1.3).

Суб'єктивні методи передбачають визначення симптомів прояву несправності на підставі реакції органів чуттів людини. Так, наприклад, візуально можна аналізувати зображення на екрані телевізора, горіння ниток накаливання ламп, обгорання елементів схеми та монтажу, задимлення, зміну кольору елементів і т. п.

За допомогою дотику та нюху можна виявляти підвищення температури та запах гарі. На слух визначають електричні розряди та пробої, зміну звуку акустичних приладів, свист вібруючих сердечників, гул перевантаженого трансформатора і т. п. Суб'єктивні методи охоплюють широкий спектр діагностичної інформації і є найбільш дешевими та доступними. Але ці методи не універсальні, бо дають недостатню кількість інформації і потребують від оператора великого досвіду.

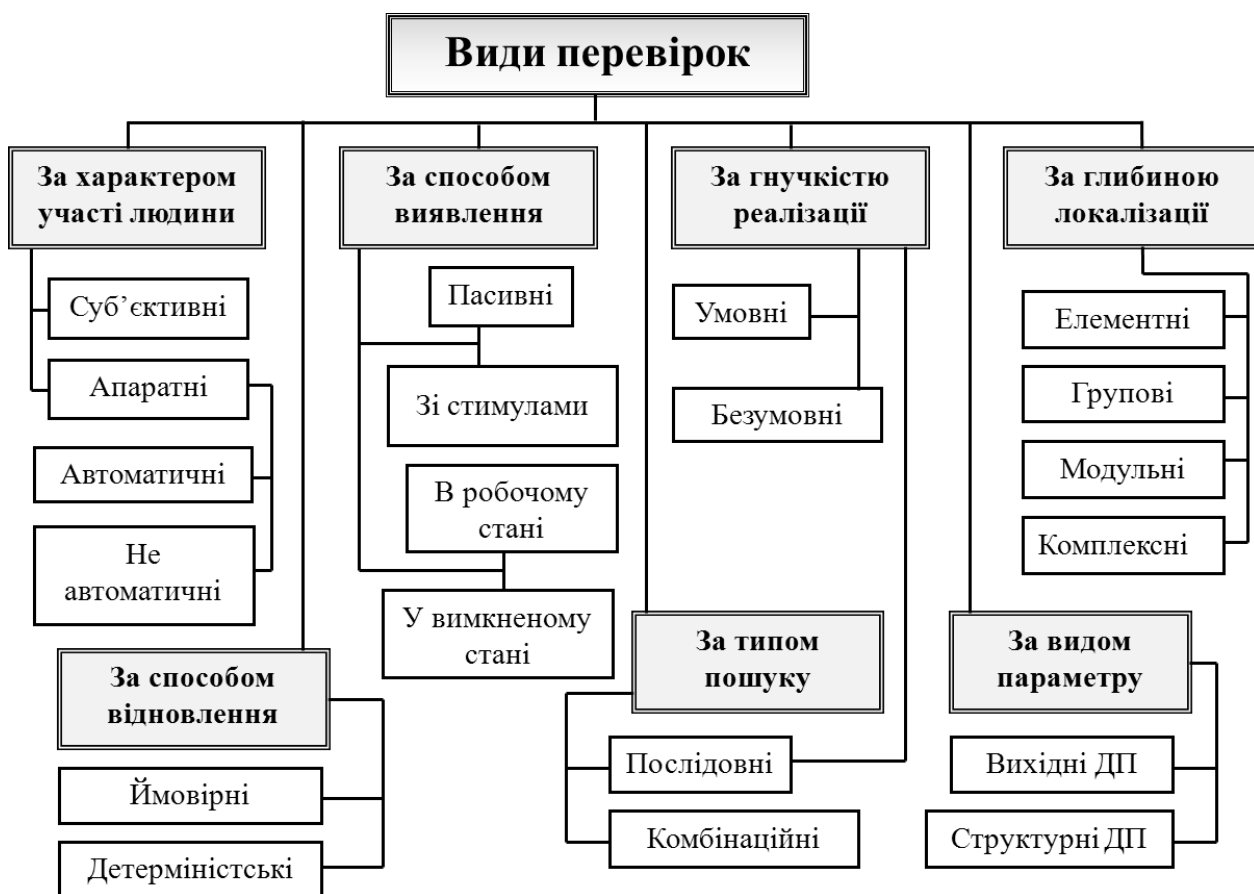


Рис. 1.1.3. Класифікація перевірок технічних систем

Апаратні методи передбачають об'єктивну оцінку діагностичного параметра на підставі показань приладів. В цьому разі достовірність діагнозу в основному визначається точністю діагностичного приладу та методу вимірювання. Апаратні методи в свою чергу поділяються на методи неавтоматичного пошуку несправності та методи з використанням автоматичних діагностичних систем.

В разі неавтоматичного пошуку процедуру діагностування та локалізації несправності виконує людина на підставі показань приладів. Використання автоматичних діагностичних систем передбачає процедуру пошуку несправності та встановлення її причин технічним пристроєм за заданою програмою. В такому випадку оперативність та результативність діагностування мають найбільш високі показники. Автоматичні діагностичні системи доцільно використовувати при великому потоці перевірок, наприклад, на дорожніх діагностичних постах, підприємствах АТП та СТО високої пропускної здатності.

За способом виявлення несправності розрізняють методи пасивних перевірок та перевірок зі стимулами. При пасивних перевірках вимірювальні прилади не є додатковими джерелами електричної енергії і не впливають на стан об'єкта діагностування. Діагностування електронних пристроїв може проводитись як у ввімкнутому стані, так і у вимкнутому. В останньому разі вимірюють електричні параметри кіл, такі як опір, ємність, індуктивність або остаточні види енергії, такі як остаточний магнетизм, зарядна ємність конденсаторів.

У багатьох випадках для забезпечення номінального функціонування електронних пристроїв необхідно вплинути на них сторонніми джерелами енергії, окрім джерела живлення. Такі електричні сигнали називають *стимулами*. Прилади, які створюють стимули, імітують датчики електричних сигналів або внутрішні джерела в сигнальних колах. Як стимулятори зазвичай використовують вимірювальні генератори або спеціальні імітатори сигналів. Вплив стимулів на об'єкт діагностування може виконуватися як при його ввімкненому стані, так і при вимкнутому. Застосування перевірок зі стимулами значно поширює можливості діагностування і поглиблює ступінь локалізації несправностей.

Найбільш розповсюдженим методом діагностування є метод заміни. Метод полягає у відновленні дієздатності пристрою, що діагностується, шляхом заміни його складових справними. Такий метод дуже зручний при діагностуванні модульних рознімних електронних приладів. Діагноз при такому методі встановлюють за реакцією пристрою на заміну кожного з блоків.

У деяких технічних, і в тому числі електронних системах, цей метод виконується автоматично. Такі системи називаються резервованими і використовуються на приладах, що застосовуються на літаках, підводних човнах, космічних кораблях, супутниках, в системах життєзабезпечення. Для метода заміни можуть використовуватись положення ймовірнісної або детерміністської діагностики.

*Ймовірнісна діагностика* припускає послідовність заміни елементів пристрою на основі інформації про розподіл ймовірностей відмови за статистичними даними. Такий підхід має ефект в разі значної різниці ймовірності станів окремих елементів об'єкта діагностики і не вимагає діагностичної апаратури. Але в цьому разі необхідно мати достатні статистичні дані.

*Детерміністська діагностика* припускає виконання операції заміни тільки після встановлення факту несправності конкретного елемента. Такий підхід не вимагає наявності статистичних даних, але для виявлення факту несправності потрібні вимірювальні прилади, а отже і додаткові витрати. Таким чином, детерміністська діагностика є більш інформативною, але менш оперативною. Основним недоліком методу відновлення є необхідність мати резервний комплект елементів системи, схильних до відмов.

За типом пошуку несправності розрізняють комбінаційний і послідовний методи. В разі комбінаційного пошуку стан об'єкта діагностування визначають шляхом виконання заданої кількості перевірок, порядок здійснення яких довільний. Елементи, які відмовили, виявляють після проведення всіх заданих перевірок. В більшості випадків така методика діагностування не використовує всіх результатів виконаних перевірок для визначення стану системи. В результаті вартість локалізації кожної несправності завищена. Але в багатьох випадках це компенсується відсутністю витрат на створення спеціальних алгоритмів діагностування для виключення зайвих перевірок.

В разі послідовного пошуку визначають діагностичні тести (перевірки, необхідні для локалізації всіх заздалегідь заданих технічних станів) і алгоритми діагностування, що забезпечує певну послідовність перевірок. Результат кожної перевірки аналізують безпосередньо після його одержання, а після цього приймають рішення про проведення наступної перевірки. Така методика дозволяє досягти більшої оперативності і результативності процесу діагностування, але вимагає затрат часу на етапі розробки тестів і алгоритмів їх реалізації. Послідовний пошук, у свою чергу, може здійснюватися за жорсткими або гнучкими алгоритмами.

Жорсткі алгоритми, так звані безумовні програми, припускають заздалегідь фіксовану послідовність виконання перевірок діагностичного тесту. Гнучкі або умовні програми призначають кожну наступну перевірку в залежності від результату попередньої. Умовні програми діагностування є кращими з точки зору інформативності, результативності і оперативності. Однак створення гнучких алгоритмів для складних технічних приладів пов'язане з певними труднощами математичного характеру.

За глибиною локалізації або деталізації діагностичні перевірки розділяють на елементні, модульні, групові і комплексні. Реалізація перевірок за цією ознакою визначається конструкцією системи (пристрою) яка діагностується, обраними засобами діагностики, метою і місцем проведення діагностичних операцій. Так, наприклад, діагностичний пост на АТП дозволяє здійснювати комплексне діагностування системи електрообладнання автомобіля за вихідними діагностичними параметрами ДВЗ або кожної підсистеми окремо. Застосування спеціальних засобів діагностики на СТО дозволяє локалізувати несправність до рівня знімного вузла або агрегату (модульні, групові). Виконати елементні перевірки, тобто продіагностувати блок, знятий з автомобіля, з метою виявлення несправності конкретного елемента блока вдається тільки на спеціально обладнаних дільницях електровідділення. При проведенні модульних, групових та елементних перевірок використовують структурні діагностичні параметри.

Під час постановки діагнозу відбувається структурна або параметрична ідентифікація несправності системи. *Структурна ідентифікація* несправності полягає у визначенні непрацездатності (поламки) структурних елементів

(функціональних блоків) системи. *Параметрична ідентифікація* виявляє відхилення параметрів елементів (характеристик блоків) системи від допустимих значень (зношення).

В електричних системах структурна ідентифікація зводиться до виявлення обривів кіл (перегоряння) та коротких замикань (пробоїв) елементів, а параметрична – до кількісного визначення якості елементу (блоку), параметри якого погіршились в процесі експлуатації (втрата ємності, зміна опору, підвищення витоків).

За результатами структурної ідентифікації несправності електричних пристроїв та систем, зазвичай, виявляються пошкоджені напівпровідникові прилади (діоди, транзистори, тиристори, мікросхеми) та дефекти монтажу. Параметрична оцінка стану системи (пристрою, блоку), дозволяє виявити пасивні елементи (конденсатори, резистори, котушки індуктивності), параметри яких не відповідають нормованим значенням.