

ЛЕКЦІЯ №16

Технічна діагностика технічних систем. Технічна діагностика складних об'єктів.

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.16.1.

Згідно позначенням рис.16.1. 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.

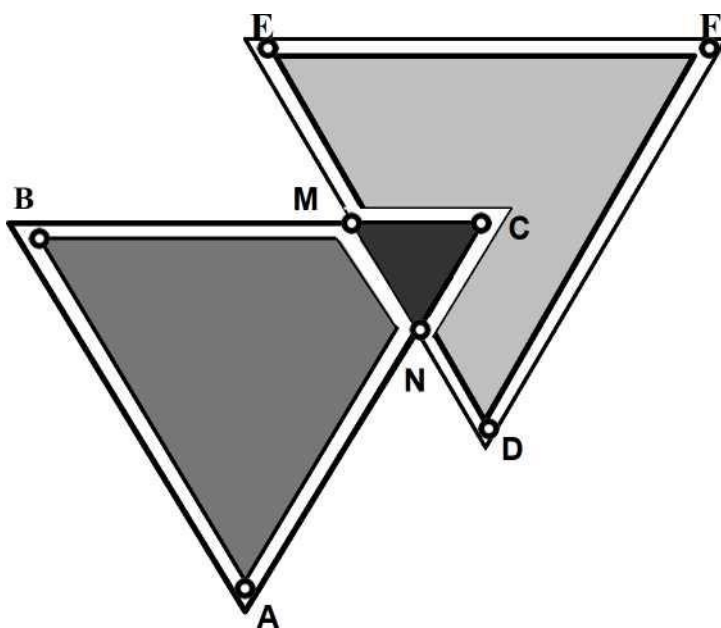


Рис.16.1 До визначення понять про технічні стани системи

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 неідеальністю можливих комбінацій її елементів. Якщо через t 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 $N = t^n - 1$.

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.16.2).

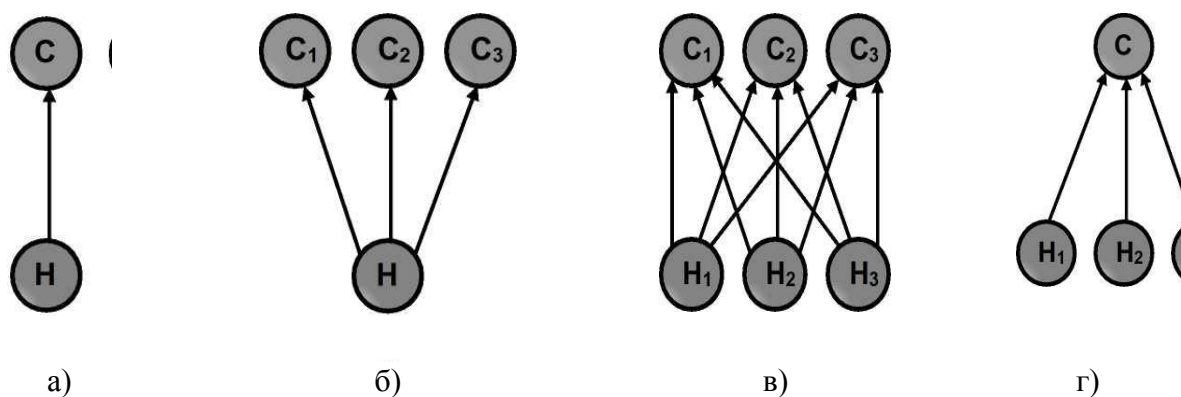


Рис.16.2. Групи звужень відповідності несправність-симптом:
а – бієктивне; б – нефункціональне; в – загального вигляду; г – неін'єктивне

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.16.3).

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 пробой, 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.

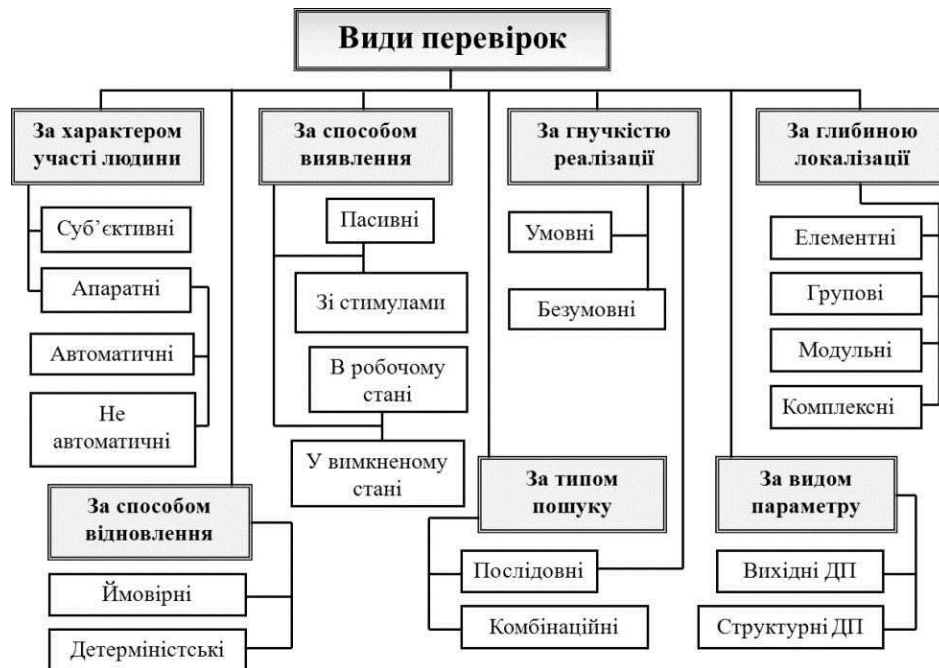


Рис.16.3. Класифікація перевірок технічних систем

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 електро відділення. 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 погіршилися 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.

Технічні засоби діагностування

Діагноз технічного стану об'єкта здійснюється за допомогою тих або інших засобів діагнозу. Взаємодіючи між собою об'єкт і засоби діагнозу утворюють ***систему діагнозу***. Процес, що протікає в системі діагнозу у загальному випадку, являє собою багаторазову подачу на об'єкт певних впливів (вхідних сигналів) і багаторазовий вимір і аналіз реакції об'єкта (відповідей, вихідних сигналів) на ці впливи. Впливи на об'єкт або надходять від засобів діагнозу, або є зовнішніми (стосовно системи діагнозу) сигналами, обумовленими робочим алгоритмом функціонування об'єкта. Вимір і аналіз відповідей об'єкта завжди здійснюється засобами діагнозу.

Будемо розрізняти ***системи тестового діагнозу***, відмінна риса яких складається в можливості подачі на об'єкт діагнозу спеціально створених тестових впливів від засобів діагнозу, і ***системи функціонального діагнозу***, у яких подача впливів на об'єкт від засобів діагнозу не виробляється (надходять тільки робочі впливи, передбачені робочим алгоритмом функціонування об'єкта).

Системи тестового діагнозу звичайно вирішують завдання перевірки справності, перевірки працездатності й пошуку несправностей (всіх або тільки тих, що порушують працездатність) і працюють тоді, коли об'єкт не застосовується по прямому призначенню. Використання систем тестового діагнозу при працюючому об'єкті також можливо, але при цьому тестові впливи можуть бути тільки такими, які не заважають нормальному функціонуванню об'єкта.

Системи функціонального діагнозу використовуються, як правило, для рішення завдань перевірки правильності функціонування й пошуку несправностей, що порушують нормальне функціонування. Ці системи працюють звичайно тоді, коли об'єкт застосовується по призначенню. У протилежному випадку потрібна імітація умов функціонування об'єкта (зокрема, імітація робочих впливів).

Процес діагнозу може складатися з окремих частин, кожна з яких характеризується подаванням на об'єкт тестових або робочих впливів і відповіддю, що знімається з об'єкта. Будемо називати такі частини ***елементарними перевітками*** об'єкта. Результатом елементарної перевірки є отримане при її реалізації значення відповіді об'єкта. Тоді формальний опис процесу діагнозу, тобто ***алгоритм діагнозу*** технічного стану об'єкта, являє собою безумовну або умовну послідовність елементарних перевірок і правил аналізу їхніх результатів.

Процес діагнозу можна розглядати як специфічний процес керування, метою якого є визначення технічного стану об'єкта. Це погоджується із сучасним розумінням керування як процесу здійснення цілеспрямованих управляючих впливів на керований об'єкт, а крім того, чітко визначає предмет досліджень і завдання технічної діагностики з позицій загальної теорії керування й контролю.

Засоби, за допомогою яких здійснюється діагностування технічного стану об'єкта, називаються технічними засобами діагностування. Засоби можуть бути апаратними чи програмними, зовнішніми чи вбудованими, ручними, автоматизованими чи автоматичними, спеціалізованими чи універсальними і т.п.

Як засіб діагностування може виступати оператор – людина, контролер, наладчик.

Вибір і розробка засобів тестового діагностування повинні здійснюватися з урахуванням багатьох факторів: наявності серійного випуску необхідних засобів, наявності придатних засобів на заводі-виготовлювачі, масовості випуску об'єкта і його складності, необхідних якостей засобу (точності, продуктивності, надійності і т.п.).

Засоби функціональної діагностики є, як правило, вбудованими і створюються одночасно з об'єктом. Для складних об'єктів істотними стають проблеми підвищення контролепридатності. Контролепридатність – властивість об'єкта, що характеризує його пристосованість до проведення контролю заданими засобами (ДСТ 19919 – 74). Рівень контролепридатності об'єктів визначає ступінь ефективності рішення задач тестового діагностування їхнього технічного стану, впливає на продуктивність процесу їхнього виробництва і якості. При експлуатації рівень контролепридатності визначає їхній коефіцієнт готовності і витрати, зв'язані з ремонтом. Коефіцієнт готовності – показник надійності ремонтує об'єктів, що характеризує імовірність того, що об'єкт буде працездатний у довільно обраний момент часу в проміжках між виконаннями планового технічного обслуговування.

$$K_g = T / (T + T_v),$$

де T – наробіток на відмовлення;

T_v – середній час відновлення працездатності.

Разом з тим додаткові технічні засоби діагностування роблять об'єкт більш дорогим і менш надійним і теж повинні діагностуватися. Контролепридатність забезпечується перетворенням структури об'єкта, що перевіряється, до виду, зручного для проведення діагностування. Для цього в об'єкт ще на етапі його проектування і конструювання вводять додаткові елементи (апаратуру) – вбудовані засоби тестового діагностування.

До вбудованих засобів тестового діагностування можна віднести:

- додаткові контрольні точки;
- додаткові входи для блокування сигналів і завдання необхідних значень сигналів;
- апаратні засоби, що при діагностиці змінюють структуру об'єкта;
- апаратні засоби, що генерують тести й аналізують результати.

Технічні засоби для діагностики складного автоматизованого технологічного устаткування в залежності від призначення підрозділяються на вбудовані і зовнішні. Зовнішні системи (засобу) діагностики у свою чергу можуть бути мобільними і стаціонарними. Мобільні засоби призначені для контролю параметрів і діагностування об'єктів при достатніх для прийому випробуваннях, при експлуатації і ремонті. Стаціонарні (стенди) використовуються в основному для дослідження й випробування об'єктів у процесі їхнього створення.

При розробці і використанні технічних засобів діагностики (ТЗД) важливе значення має метрологічна підготовка і забезпечення метрологічного обслуговування засобів, що включають перевірки (атестацію), юстировку і ремонт цих засобів. Юстування (від нім. *justieren* – регулювати; від лат. *justus* – правильний) – сукупність операцій по доведенню погрешностей засобів вимірів, приладів, механізмів до значень, що відповідають технічним вимогам. Таким чином, основна мета застосування ТЗД – забезпечення якості устаткування систем автоматизації при його випуску й експлуатації шляхом своєчасного і достовірного контролю технічного стану, якості зборки, налагодження і регулювання, якості виконання основних функцій при експлуатації, а також виявлення, локалізація і наступне виправлення дефектних станів агрегатів, модулів, вузлів і елементів виробу і встановлення причин їхньої появи. Призначення ТЗД – визначення зі заданою вірогідністю, реєстрація й ухвалення рішення про відповідність або невідповідність поточного технічного стану контрольованого устаткування номінальному. Найбільше часто ТЗД використовуються для реалізації наступних методів діагностування:

- метод тимчасових інтервалів;
- метод контрольних осцилограм;
- метод контролю параметрів.

Метод тимчасових інтервалів спрямований на контроль часу циклу роботи системи автоматизації, а також його окремих складових. Для діагностування складних систем автоматизації застосовують метод контрольних (еталонних) осцилограм. Метод заснований на використанні графіків функцій різних параметрів у часі, на підставі аналізу яких робиться висновок про працездатність і технічний стан системи і її окремих елементів. Метод контролю параметрів зводиться до визначення (виміру) тих чи інших параметрів, перебування яких у встановлених границях визначає працездатність системи чи її окремих елементів.