

Зауважимо, що при перевірці правильності функціонування і при пошуку неполадки, що порушують правильне функціонування об'єкта, розбиття відносяться до певного (справжнього) моменту часу і тому можуть бути різними для раз-них моментів часу і різних режимів роботи об'єкта.

Таким чином, завданнями діагностування є завдання перевірки справності, працездатності і правильності функціонування об'єкта, а також завдання пошуку дефектів, що порушують справність, працездатність або правильність функціонування.

## 1.2 Системи тестового та функціонального діагностування

Діагностування технічного стану будь-якого об'єкта здійснюється тими чи іншими засобами діагностування (рис. 9).

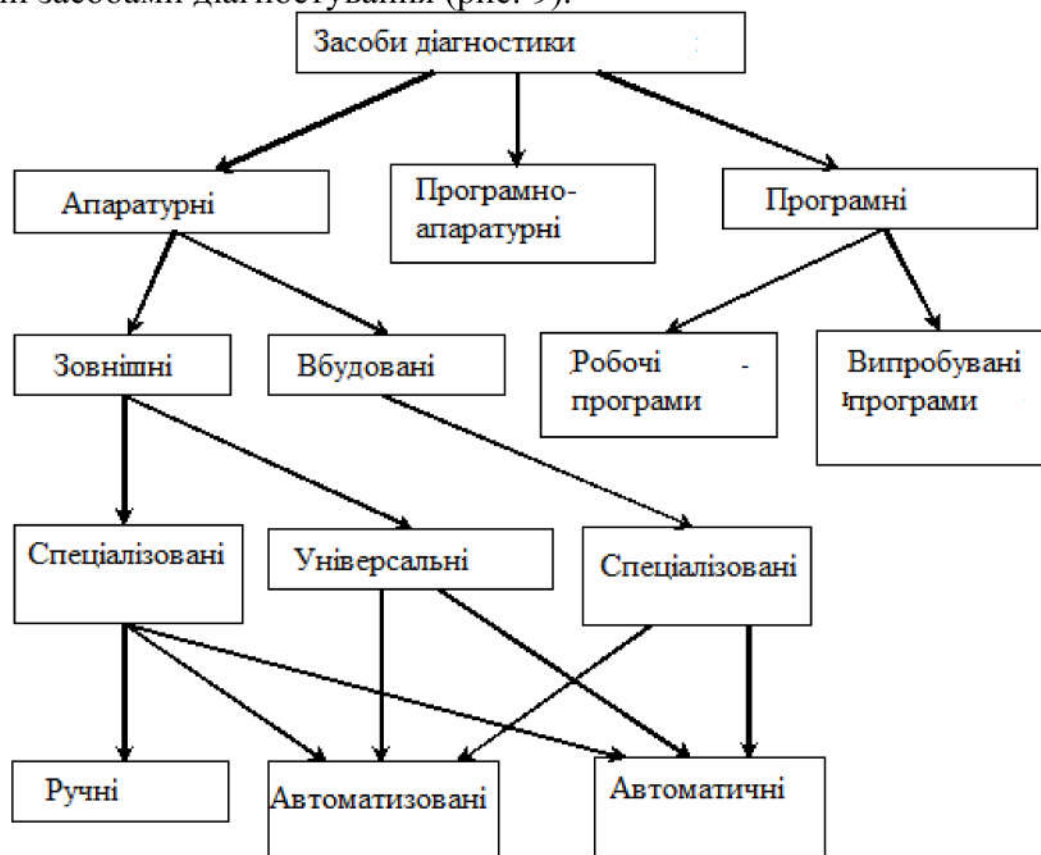


Рис. 9 – Класифікація засобів діагностування

Засоби і об'єкт діагностування, взаємодіючи між собою утворюють систему діагностування.

Розрізняють системи **тестового і функціонального діагностування**.

У системах **тестового діагностування** (рис.10) на об'єкт подаються спеціально організовані тестові дії. В іншому випадку потрібна імітація умов функціонування об'єкта (зокрема, імітація робочих впливів).

Системи тестового діагностування необхідні для перевірки справності та працездатності, а також пошуку дефектів, що порушують справність і

працездатність об'єкта, і працюють тоді, коли об'єкт не застосовується за прямим призначенням.

Використання систем тестового діагностування при працюючому об'єкті також можливо, але при цьому тестові впливи можуть бути тільки такими, які не заважають нормальному функціонуванню об'єкта.

Для вирішення завдань тестового діагностування залучаються методи, засновані на результатах теорії чутливості тестового впливу при цьому є гармонійні вхідні сигнали. Методи, які отримали загальну назву методів інтегральної діагностики, засновані на аналізі перехідних процесів, що викликаються спеціальними вхідними впливами. Застосовуються для діагностування щодо простих «неподільних» об'єктів (наприклад, резисторів, конденсаторів та ін.)

Завдання побудови тесту полягає в тому, щоб знайти (обчислити, вибрати, призначити і ін.) Таку сукупність або послідовність вхідних впливів, при подачі якої на об'єкт діагностування (ОД), одержувані відповіді об'єкта в заданих контрольних точках дозволяють зробити висновок про технічний стан об'єкта .



Рис. 10 - Система тестового діагностування

Перевіряючі тести призначені для перевірки справності або працездатності об'єкта. Тести пошуку дефектів призначені для показу, і можливо, причин дефекту, що порушують справність або працездатність об'єкта.

При створенні систем діагностування не менш важливою задачею є задача вибору і розробки засобів реалізації тестів.

Засоби систем тестового діагностування містять дві основні частини - генератор тестових впливів і аналізатор відповідей об'єкта на ці впливи

А) «Класична» реалізація СТД:

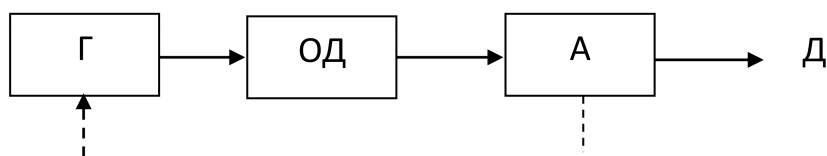


Рис.11 - Класична схема реалізації СТД

Г - генератор тестових впливів;

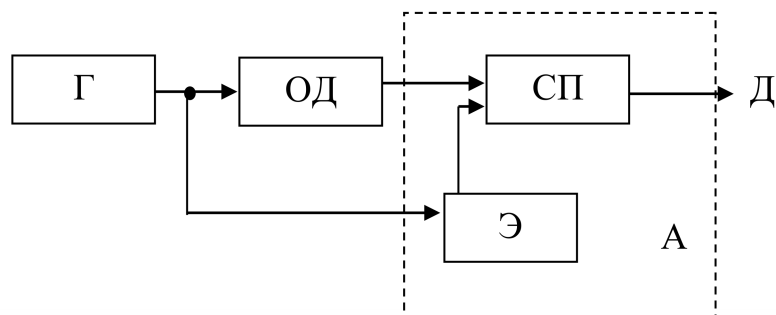
ОД - об'єкт діагностування;

А - аналізатор;

Д - Діагноз.

Г і А виконуються функціонально, можливо, конструктивно окремо. Функції Г полягають в тому, щоб в процесі роботи системи зберігати або генерувати тести і подавати останні на ОД. А - призначений для зберігання очікуваних відповідей об'єкта на тестові впливу, порівняння фактичних відповідей з очікуваними і для видачі Д (діагнозу).

Б)



СП - схема порівняння;

Е - еталон.

Там, де це можливо і доцільно, аналізатор можна виконати у вигляді сукупності еталона Е, що представляє собою свідомо справну копію об'єкта діагностування і схеми порівняння СП.

Гідність - виключається необхідність зберігання очікуваних відповідей об'єкта діагностування.

Недоліки - виникають турботи по створенню еталона і підтриманню його в справному стані.

В)



РГ - реєстр зсуву зі зворотним зв'язком.

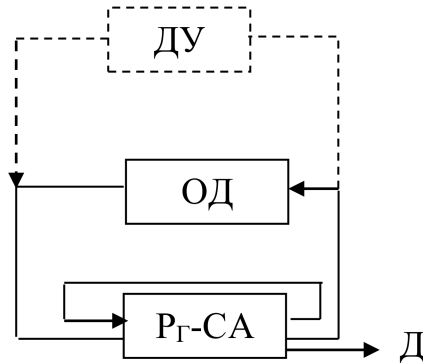
Використовується при діагностуванні дискретних об'єктів псевдовипадковими тестами. Тести генеруються реєстром зсуву РГ з зворотними зв'язками, що істотно скорочує витрати на апаратуру для реалізації генератора тестів, тому що не вимагається пам'ять для зберігання останніх.

Г)



СА - сигнатурні аналізатори.

З метою стиснення довгих вихідних послідовностей (відповідей дискретних об'єктів діагностування) застосовують сигнатурні аналізатори - реєстри зі зворотним зв'язком або лічильники.



Для дискретних об'єктів можна об'єднати функції генератора псевдовипадкових тестів і сигнатурного аналізатора в одному РГ-СА, з додаванням в ряді випадків додаткового пристрою ДУ, що забезпечує поліпшення якості генеруються тестів.

В автоматизованих системах діагностування частина функцій генератора тестів або аналізатора відповідей покладається на оператора. Для ОД, що працюють по змінній програмі (об'єкти обчислювальної техніки), генератори тестів і аналізатори відповідей повністю або частково реалізовані програмно.

У системах **функціонального діагностування**, які працюють в процесі застосування об'єкта за призначенням, подача тестових впливів, як правило, виключається; на об'єкт надходять тільки робочі впливи, передбачені його алгоритмом функціонування.

Системи функціонального діагностування необхідні для перевірки правильності функціонування і для пошуку дефектів, що порушують правильне функціонування об'єкта.

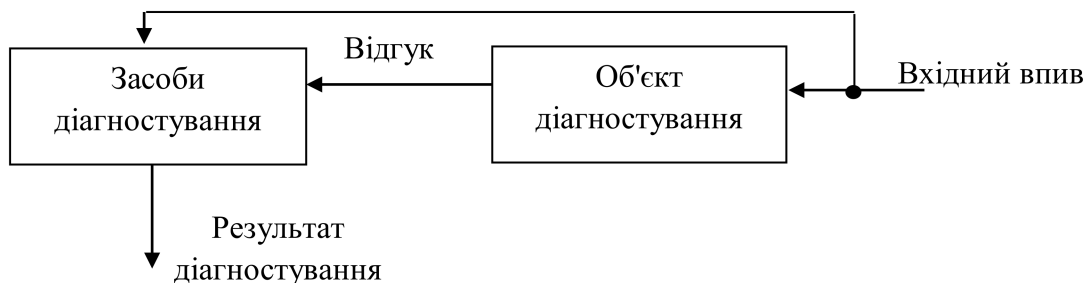


Рис. 12 - Система функціонального діагностування

У системах обох видів засоби діагностування сприймають відповіді об'єкта на вхідні (тестові чи робочі) впливу і видають результат діагностування, тобто ставлять діагноз:

- 1) об'єкт справний або несправний;
- 2) працездатний або непрацездатний;
- 3) функціонує правильно чи неправильно;
- 4) має такий-то дефект;
- 5) в об'єкті пошкоджена його складова частина;
- 6) тощо.

Система діагностування в процесі визначення технічного стану об'єктах реалізує певний алгоритм (тестового або функціонального) діагностування.

Алгоритм діагностування в загальному випадку складається з визначеною сукупності, так званих елементарних перевірок об'єкта, а також правил, що встановлюють послідовність реалізації елементарних перевірок та правил аналізу результатів останніх.

Кожна елементарна перевірка визначається своєю або робочою дією, що подається або надходять на об'єкт і складом контрольних точок, з яких знімаються відповіді об'єкта на цей вплив.

Результатом елементарної перевірки є конкретні значення відповідних сигналів об'єкта у відповідних контрольних точках.

Діагноз ставиться в загальному випадку за сукупністю отриманих результатів елементарних перевірок.

Побудова алгоритмів діагностування полягає у виборі такої сукупності елементарних перевірок, за результатами яких в задачах виявлення дефектів можна відрізнити справний або працездатний стан, або стан правильного функціонування об'єкта від його несправних станів, а також в задачах пошуку дефектів розрізнити несправні стану (або групи несправних станів).

У завданнях тестового діагностування склади контрольних точок об'єкта часто визначені попередньо і вони однакові для всіх елементарних перевірок. У таких випадках вибирають тільки вхідні дії елементарних перевірок - це завдання побудови тестів.

У завданнях функціонального діагностування, навпаки, вхідні дії елементарних перевірок визначені заздалегідь робочим алгоритмів функціонування об'єкта і вибору підлягають тільки склади контрольних точок

При організації перевірки правильності функціонування або пошуку дефектів, що порушують правильне функціонування аналогових об'єктів, на основі допускового способу контролю параметрів завдання побудови алгоритмів діагностування зводиться до вибору складу контрольних точок.

Для вирішення однієї і тієї ж задачі діагностування (наприклад, перевірки справності) можна побудувати декілька алгоритмів, що розрізняються або складом елементарних перевірок, або послідовністю їх реалізації, або, нарешті, тим і іншим разом і тому, можливо, що вимагають різних витрат на їх реалізацію.

Звідси інтерес до розробки методів побудови оптимальних алгоритмів, потребуючих мінімальних витрат на їх реалізацію. У багатьох випадках це пов'язано з труднощами обчислень і тому часто задовольняються оптимізованими алгоритм діагностування, витрати на реалізацію яких якось зменшені, але не обов'язково мінімальні.

Для побудови алгоритмів діагностування формалізованими методами необхідно дані, які можна отримати шляхом аналізу моделей об'єктів. Крім того моделі об'єктів використовуються для формалізованого аналізу заданих (у тому числі по-прибудованих інтуїтивно, вручну) алгоритмів діагностування на повноту виявлення, на глибину пошуку дефектів.

Формалізованою моделлю об'єкта (або процесу) є його опис в аналітичній, графічній, табличній або іншій формі. Для простих об'єктів діагностування зручно користуватися так званими явними моделями, що містять поряд з описом об'єкта опис кожної з його несправних модифікацій. Неявна модель об'єкта діагностування передбачає наявність лише одного опису, наприклад справного об'єкта, формалізованих моделей дефектів і правил отримання по заданому опису та за моделями дефектів описів всіх несправних модифікацій об'єкта.

Моделі бувають **функціональні та структурні**.

**Функціональні моделі** дозволяють вирішувати завдання перевірки працездатності і правильності функціонування об'єкта (вони відображають тільки виконувані об'єктом функції, визначені щодо робочих входів і робочих виходів об'єкта).

**Структурні моделі** забезпечують можливість перевірки справності (у загальному випадку) і пошуку дефектів з глибиною більшою, ніж об'єкт в цілому.

Нарешті, моделі об'єктів діагностування можуть бути детермінованими і ймовірносними. До ймовірносному поданні найчастіше вдаються при неможливості або невмінні описати детерміновано поведінку об'єкта.

### **1.3 Технічна діагностика, генезис та прогнозування**

Оцінюючи область, що охоплюється технічним діагностуванням, розглянемо три типи завдань для визначення технічного стану об'єкта:

а) до першого типу відносяться завдання визначення технічного стану, в якому знаходиться об'єкт в даний момент часу. *Це завдання діагностування.*

б) завдання другого типу - прогноз технічного стану, в якому виявиться об'єкт в певний момент в майбутньому. *Це завдання прогнозування.*

в) до третього типу відносяться завдання визначення технічного стану, в якому знаходився об'єкт в певний момент у минулому. *Це завдання генезу.*

Відповідно завдання першого типу відносяться до технічної діагностики, другого типу - до технічної прогностики (до технічного прогнозування), третього типу - до технічної генетиці.

Завдання технічної генетики виникають, наприклад, у зв'язку з розслідуванням аварій, їх причин, коли технічний стан об'єкта в розглядається час відрізняється від стану, в якому він був у минулому. Ці завдання вирішуються шляхом визначення можливих чи вірогідних передісторії, що ведуть в даний стан об'єкта.

До завдань технічної прогностики належать, наприклад, завдання, пов'язані з визначенням терміну служби об'єкта або з призначенням періодичності його профілактичних перевірок і ремонтів. Теоретично завдання прогнозування ставиться таким чином.

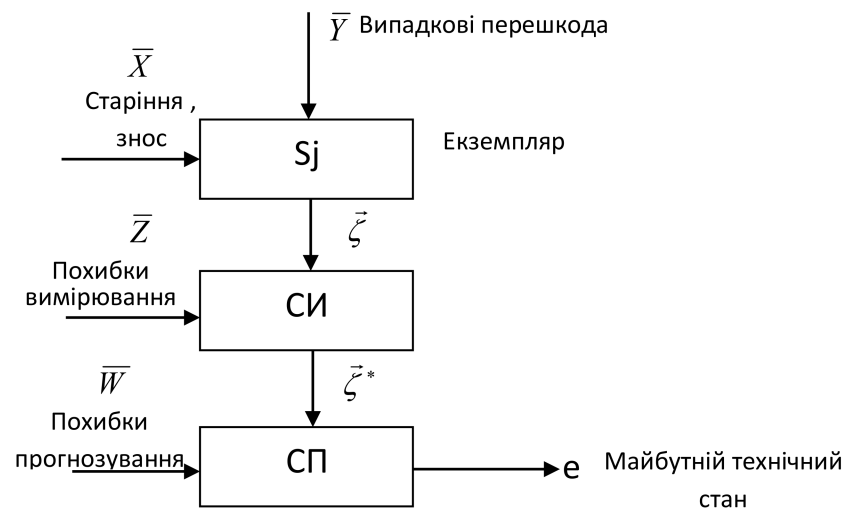


Рис. 13 - Однолінійна система прогнозування

На технічний стан об'єкта впливають фактори,  $\bar{X}$ ,  $\bar{Y}$ ,  $\bar{Y}$ , де - випадкові перешкоди (внутрішні та зовнішні),  $\bar{X}$  - старіння, знос (необоротні процеси).

Для вимірювання обрана сукупність  $\{\zeta_l, l=1,2,\dots,n\}$  параметрів об'єкта (вектор  $\zeta$ ), щодо яких передбачається, що вони істотно залежать від  $\bar{X}$  і дозволяють передбачити майбутнє технічний стан об'єкта  $e$ . Ці параметри називають *прогнозуючими*. На значення прогнозуючих параметрів в загальному випадку накладають перешкоди  $\bar{Y}$  (випадкові перешкоди). При вимірюванні параметрів можливі похибки вимірювань (вектор  $\bar{Z}$ ), внаслідок чого замість  $\zeta$  вектора дійсних значень виходить вектор  $\zeta^* \neq \zeta$ . На результати прогнозування, можливо, впливають похибки прогнозування (вектор  $\bar{W}$ ).

Таким чином, майбутній стан  $e$  об'єкта залежить від декількох випадкових векторних аргументів:

$$e = f(\bar{X}, \bar{Y}, \bar{Z}, \bar{W}) \quad (1)$$

Залежність (1) є моделлю процесу прогнозування. Імовірнісний характер цієї моделі визначається тим, що аргументи  $(\bar{X}, \bar{Y}, \bar{Z}, \bar{W})$  є випадковими

функціями. Отримати залежність (1) в явній аналітичній формі для складних об'єктів практично неможливо.

Найбільш простий була б явна аналітична модель виду:

$$e = f_x(\bar{X}), \quad (2)$$

в якій відсутня залежність майбутнього технічного стану від випадкових перешкод і похибок. Залежність (2) є ідеальною.

Прагнучи до "ідеальної" моделі (2), застосовують різні способи математичної обробки моделей виду (3) і (4) з метою зменшення залежності остаточних результатів вимірювання прогнозуючих параметрів і прогнозу від випадкових функцій  $\bar{Y}$ ,  $\bar{Z}$  і  $\bar{W}$ .

$$\bar{\xi}_l^* = \varphi(\bar{X}, \bar{Y}, \bar{Z}), \quad l = 1, 2, \dots, n, \quad (3)$$

і задачу отримання *прогнозу* (результату прогнозування) по моделі виду

$$e = \psi(\bar{\xi}^*, \bar{W}). \quad (4)$$

Ці способи полягають, головним чином, у згладжуванні випадкових процесів застосуванням операторів згладжування, таких, як оператори математичного очікування, поточного середнього, експоненціального згладжування, і деяких інших. Для застосування операторів згладжування необхідно знати характеристики згладжувати випадкових процесів, наприклад ймовірності появи величин  $\bar{Y}$ ,  $\bar{Z}$  і  $\bar{W}$ , інтервалів згладжування та ін., Що пов'язане з отриманням і обробки великих обсягів апріорної інформації, що практично не завжди можливо.

Аналітичне подання моделі (4) утруднено навіть у тому випадку, коли відомі значення прогнозуючих параметрів  $\bar{\xi}^*$  у минулі періоди часу, задані діапазони їх допустимих значень і можна знехтувати похибками  $\bar{W}$ . Завдання вибору опису процесу зміни в часі робочої точки (кінець вектора  $\bar{\xi}^*$ ) в області допустимих значень прогнозуючих параметрів, тощо. Вибір моделі процесу еволюції технічного стану об'єкта прогнозування, залишається завжди. Відносно просто прогноз може бути отриманий градієнтним або операторних методами, коли процес еволюції може бути описаний лінійною або так званої центральної детермінованою моделлю, що, однак, не завжди допустимо в реальних практичних ситуаціях.

Завдання достовірного та сталого вимірювання значень прогнозуючих (як і будь-яких інших) параметрів, тощо. Вибору та обробки моделі (3), є типовою для теорії і практики вимірювання. Специфічними для технічного прогнозування є задача побудови та обробки моделі (4) з метою отримання прогнозу, а також задачі вибору прогнозуючих параметрів. Для вирішення завдання вибору сукупностей прогнозуючих параметрів не існує



формалізованих методів. Навіть для простих об'єктів прогноуючі параметри вибираються інтуїтивно на основі знання функціональних, структурних, фізико-хімічних та інших властивостей конкретних об'єктів з урахуванням умов експлуатації і т. п.

Вибір та вимірювання прогноуючих параметрів не є необхідним, оскільки при прогнозуванні в кінцевому підсумку цікавить залежність (2), де представляють фактори, що визначають незворотні зміни в об'єкті прогнозування. Проте встановити функціональну зв'язок в явному вигляді між технічним станом  $e$  і фактором у загальному випадку не представляється можливим. Більше того, вимірювання значень вектора вельми складно, якщо взагалі можливо. Тому зв'язок (2) устанавлюють опосередковано через залежність (3) шляхом вимірювання прогноуючих параметрів, щодо яких передбачається, що їх значення змінюються у часі через вплив факторів, і потім через залежність (4), екстраполюючи значення прогноуючих параметрів на майбутні періоди часу.

Таким чином, практична реалізація теоретично строгих постановок задач прогнозування технічного стану складних об'єктів зустрічається з труднощами і обмеженнями. Цим, мабуть, пояснюється слабе і повільне впровадження методів і засобів прогнозування в практику.

Ап'орні дані про технічні характеристики об'єкта можна отримувати від засобів функціонального і тестового діагностування. Тим самим при достатньо "хороших" засобах функціонального і тестового діагностування та за умови організації накопичення та обробки видаваної ними інформації є можливість в будь-який період часу життєвого циклу конкретного екземпляра об'єкта мати не тільки абсолютні фактичні значення інтенсивності відмов і прогноуючих параметрів, але також динаміку їх зміни, наприклад, у вигляді кривих.

При наявності таких кривих можна емпірично вибрати критерій придатності і призначити його граничне значення, після досягнення якого подальше використання даного екземпляра об'єкта або неможливо, або не виправдано за техніко-економічних міркувань. Вдалий вибір критерію придатності дозволяє використовувати його значення також для управління періодичністю тестового діагностування (тобто профілактики та ремонту) об'єкта. Це і буде реалізацією індивідуального прогнозування технічного стану об'єкта і тим самим обслуговування його станом. Найпростішими критеріями придатності можуть бути, наприклад, абсолютні значення або швидкості зміни абсолютних значень інтенсивності відмов, або деяких (прогноуючих) параметрів. Звичайно, найбільш важкими є питання обґрунтованого призначення значення критеріїв придатності, а також вибору прогноуючих параметрів. Теоретично обґрунтовані відповіді на ці питання вдається отримати далеко не завжди і тільки для дуже простих об'єктів. У більшості випадків можуть виявитися методи експертних оцінок.