

# Розділ 1. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ ТА ПРИНЦИПИ ПОБУДУВАННЯ ДІАГНОСТИЧНИХ СИСТЕМ

## 1.1. Система діагностики АТЗ

### 1.1.1. Основні визначення технічної діагностики

*Система діагностики* 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, рознімачів 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.

*Діагностична система* – сукупність засобів та методів діагностування, яка дозволяє виявити несправний елемент технічної системи найбільш раціональним способом. Процедура пошуку несправності в технічних системах передбачається виконувати автоматично. Об'єкт діагностування – абстрактне поняття, під яким мають на увазі 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* – сукупність перевірок, достатня для виявлення усіх, що задані раніше, розрізнявальних станів системи.

*Алгоритм діагностування* – 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 неієздатності на підставі аналізу діагностичних параметрів чи симптомів. Симптом – форма прояву відхилення діагностичного параметра від його допустимих значень.

За першим аспектом технічної діагностики вивчають конкретні об'єкти, досліджують їх структури та параметри з метою побудування ідеалізованих моделей цих об'єктів. За другим аспектом – будують та аналізують відповідні математичні моделі об'єктів та процеси їх оптимальної діагностики.

В сфері практичної діяльності можна сформулювати основні задачі технічної діагностики: контроль фактичного технічного стану об'єкта діагностики; локалізація несправного елемента, визначення причин відмови, обсягу та глибини технічних втручань; прогнозування технічного стану об'єкта діагностики (визначення ресурсу, що залишився).

**Діагностичний параметр (ДП)** – параметр, величина якого непрямо характеризує технічний стан об'єкта. **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). Діагностичні параметри нормуються за номінальним та граничним значеннями. Номінальне значення відповідає стану нової (справної) системи. Гранично допустиме значення – при якому подальша експлуатація системи неможлива або економічно не виправдана.

**Відмови** систем класифікують за такими ознаками. 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 пробіи, термічні руйнування при перевантаженнях струму). Раптові відмови з'являються, як правило, при несанкціонованих експлуатаційних ситуаціях. За взаємним впливом бувають 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.

## 1.1.2. Задачі, що вирішуються оператором-діагностом та розробником діагностичних систем

Життєвий цикл продукції – сукупність взаємопов’язаних процесів створення та послідовної зміни стану продукції від формування вихідних вимог до неї до закінчення її експлуатації або споживання. Розглядають такі стадії життєвого циклу: дослідження та проектування, виготовлення, обертання та реалізації, експлуатації або споживання. Діагностика охоплює всі етапи життєвого циклу автомобіля, починаючи з його розробки (рис. 1.1.1).

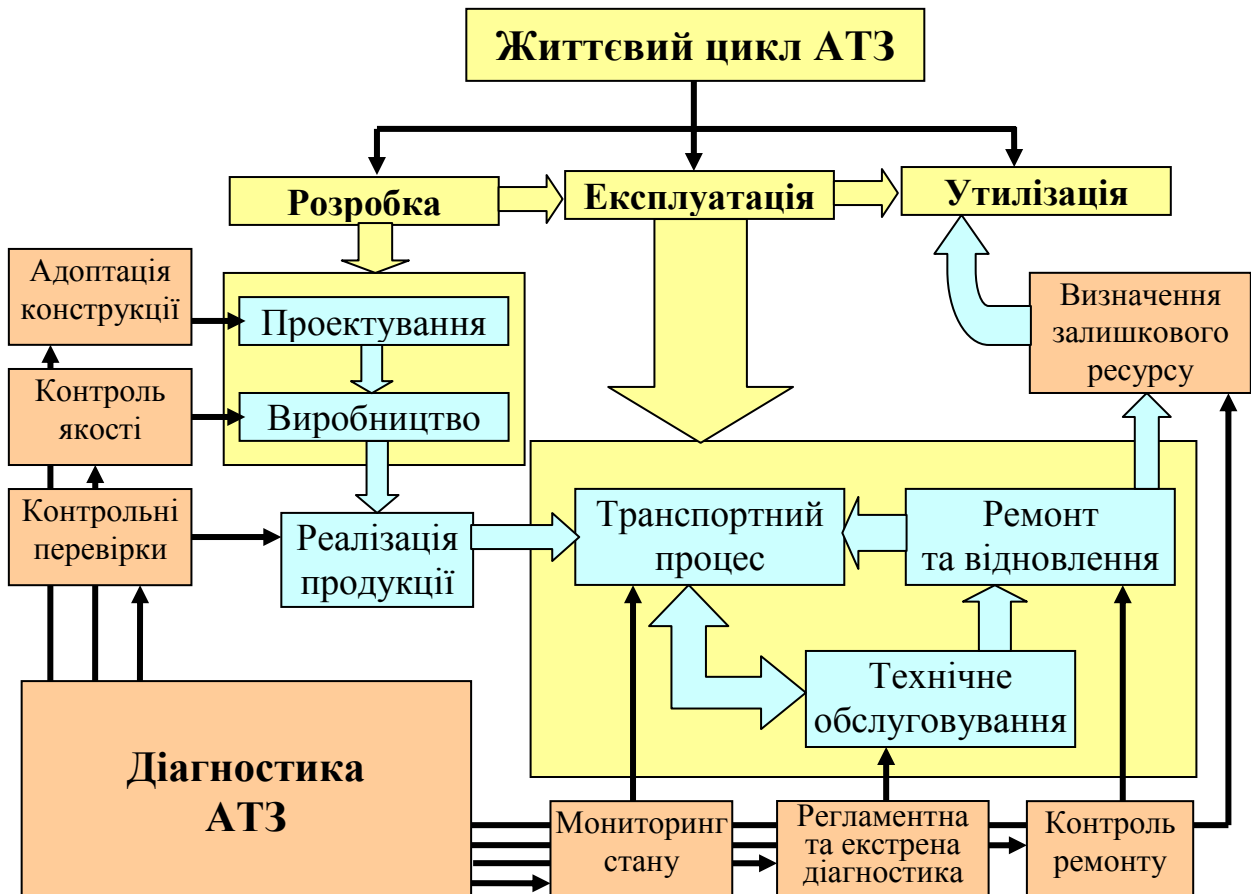


Рис. 1.1.1. Структура системи діагностики в життєвому циклі АТЗ

При проектуванні автомобіля, силової установки, системи керування або окремих агрегатів, в конструкції пристроїв передбачають засоби, що полегшують проведення діагностичних операцій (діагностичні рознімання, контрольні точки). В мікропроцесорних системах їх адаптація до діагностики виконується на програмному рівні, шляхом інтегрування системи моніторингу на основний робочий алгоритм.

На етапі виробництва продукції, діагностика полягає у постійному контролі якості виготовлення окремих деталей, вузлів, агрегатів, системи та автомобіля в цілому. Після заключної зборки автомобіль проходить комплексні стендові та дорожні випробування з метою оцінки працездатності всіх його складових частин.

Етап реалізації включає транспортування, зберігання та продаж автомобіля. На цьому етапі проводиться комплекс передпродажних та продажних перевірок, перелік яких призначається фірмою-виробником.

В сфері експлуатації розглядають три стани перебування АТЗ: в транспортному процесі, проходження технічного обслуговування, проведення ремонтних операцій на борту автомобіля. При виконанні транспортної роботи відбувається моніторинг вихідних та структурних параметрів електричних та неелектричних систем автомобіля за допомогою вмонтованих засобів діагностики. При цьому, поточна інформація використовується як для оптимізації робочих процесів агрегатів автомобіля так і для контролю технічного стану елементів об'єкту та системи керування.

При регламентному технічному обслуговуванні, проводяться регламентні технічні впливи на агрегати автомобіля і здійснюється систематизований контроль структурних параметрів з метою встановлення фактичного стану та залишкового ресурсу агрегатів і підтримки працездатності автомобіля протягом періоду до наступного обслуговування.

Проведення ремонтних робіт не можливо без перевірки структурних параметрів, значення яких не повинні виходити за межі допустимих. Після проведення ремонту також необхідно проводити діагностику стану відновленого агрегату (пристрою) для оцінки якості ремонту.

Останній етап життєвого циклу автомобіля це утилізація його окремих частин або цілком автомобіля. Причиною утилізації автомобіля може стати цілком вибраний ресурс його основних агрегатів або кузова. Другою причиною утилізації може стати аварія. В будь-якому випадку необхідно оцінити ступень зносу та глибину пошкоджень агрегатів, систем і кузова транспортного засобу.



### 1.1.3. Принципи побудування діагностичних приладів і систем

У якості діагностичних параметрів при визначенні станів системи можуть використовуватися прості фізичні величини, функції від простих величин та статичні характеристики.

При виборі параметра у якості діагностичного необхідно враховувати вимоги до діагностичних параметрів, такі як максимальна чутливість, інформативність, стабільність, технологічність 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** забезпечує його незмінність 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.

За критерієм інформативності під час вибору параметра в якості діагностичного існують чотири групи звужень відповідності між несправностями (Н) та симптомами (С) їх прояву (рис. 1.1.2).

Діагностичні параметри електричних та електронних пристроїв можна поділити умовно на п'ять груп: параметри постійних значень, параметри діючих значень, часові параметри, відносні параметри, параметри форми та параметри викривлень.

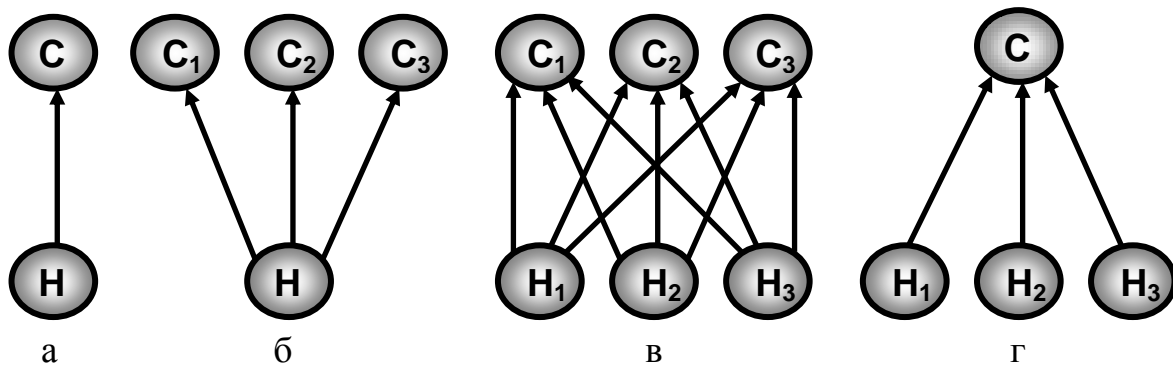


Рис. 1.1.2. Групи звужень відповідності несправність-симптом:  
а – біективне; б – нефункціональне; в – загального вигляду; г – неін'єктивне

Електричні вимірювання електричних величин виконують контактним (гальванічним) або безконтактним способом, за допомогою перетворювачів електромагнітної енергії (датчиків електричних величин).

Електричні вимірювання неелектричних величин виконують тільки за допомогою перетворювачів неелектричної величини (впливу) до електричної (сигналу, параметру). Такі перетворювачі називають датчиками неелектричних величин (датчики температури, тиску, переміщення).

Електрообладнання АТЗ являє комплекс електромеханічних пристроїв, електричних апаратів, електронних блоків, датчиків та виконавчих пристроїв, поєднаних в електричні системи (електромеханічні, електронні, мікропроцесорні). Таким чином перелік діагностичних параметрів електрообладнання АТЗ складається з параметрів електричних сигналів (сила струму, значення напруги, частота, шпаруватість та тривалість періодичних сигналів), електричних кіл (опір, ємність, індуктивність) та параметрів неелектричних величин (зазори між контактними парами, пружність притискних пружин, щільність електроліту, частота обертання).

Неелектричні (механічні, гідравлічні, пневматичні, оптичні) пристрої та системи, в більшості випадків, діагностуються за допомогою електричних вимірювальних систем з використанням датчиків неелектричних величин.

Більшість приладів діагностування електрообладнання АТЗ будуються на базі електричних вимірювальних приладів загального застосування (вольтметрів, амперметрів, частотомірів, осцилографів, омметрів). Для тестування електронних блоків та систем, у якості імітаторів періодичних сигналів використовуються електронні релаксатори, які будуються на базі вимірювальних генераторів.

Адоптація універсальних вимірювальних приладів загального застосування до діагностування електрообладнання АТЗ з одного боку спрощує конструкцію (схемне рішення) приладу (за рахунок обмежених діапазонів вимірюваних параметрів), з іншого – підвищує витрати на їх реалізацію (за рахунок специфіки зняття і аналізу діагностичних параметрів).

*Приклад.* Універсальний комбінований вимірювальний прилад (тестер, мультиметр) має значні діапазони вимірювань опору, напруги (постійної і змінної) та обмежений діапазон вимірювання струму (постійного і змінного). Авто-тестером (автомобільним мультиметром) навпаки, достатньо вимірювати невелику напругу живлення борта та порівняно малі опори обмоток. При цьому в авто-тестері надана можливість вимірювати значні струми стартерної мережі. Крім того, в авто-тестері з'являються шкали вимірювань характерних параметрів (кута замкнутого стану контактів переривника, швидкості обертання ДВЗ, температури рідини). Універсальний багатоканальний осцилограф має Автомобільний осцилограф на відзнаку від універсального багатоканального осцилографа звужений діапазон вхідного атенюатора та специфічні види розгортки для спостереження растрових, послідовних та суміщених зображень електричних процесів по колах системи запалювання. Слід додати, що для підключення автомобільних вимірювальних приладів, в ряді випадків, застосовуються спеціальні вимірювальні адаптери (зонди, термопари, безконтактні датчики струму, високовольні подільники напруги).

Засоби діагностування можна розрізняти за декількома класифікаційними ознаками (рис. 1.1.3).

В технічному завданні на розробку, спочатку визначають функціональне призначення діагностичного засобу та його категорію, що комплексно характеризує конструкцію або композицію і прив'язку засобу до об'єкту діагностики. Потім уточнюють конструктивні атрибути та функціональне наповнення засобу діагностики. Далі розглядається клас (марки) транспортних засобів або їх складових (систем, агрегатів) для визначення переліку діагностичних параметрів, які підлягають аналізу, діапазонів та умов їх вимірювання (реєстрації). Перелічені ознаки є підставою для складання ідентифікаційних кодів в каталогах продукції, що реалізується. За першою ознакою розрізняють наступні категорії діагностичного засобу.

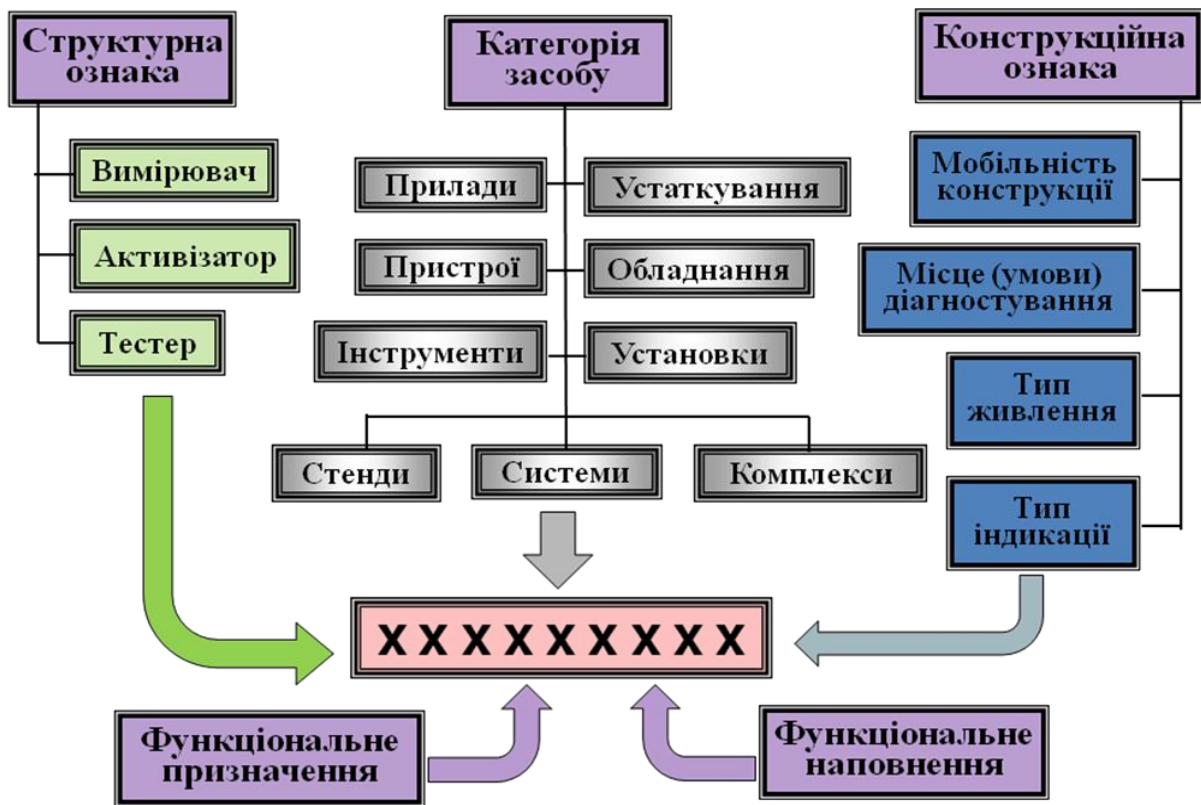


Рис. 1.1.3. Класифікаційні ознаки засобів діагностування

**Діагностичний прилад** – засіб діагностики, в якому вимірювання та реєстрація (індикація) діагностичного параметру (електричного або неелектричного) реалізується електричним способом.

**Діагностичний пристрій** – Засіб діагностики, який входить до складу діагностичного приладу (стенду, комплексу), виконує певні функції перетворення, але не має операторської периферії (органів керування та індикаторів).

**Діагностичне обладнання** – засоби діагностики, які встановлюються на борту транспортного засобу або інтегроване в його агрегати чи системи (входить до складу транспортного засобу).

**Діагностичне устаткування** – засоби діагностики, які використовуються за межами борту транспортного засобу (не входить до складу транспортного засобу).

**Діагностична установка** – засіб діагностики, за допомогою якого активізується (стимулюється) об'єкт діагностики з метою проведення перевірок.

**Діагностичний стенд** – стаціонарне конструктивне (в стаціонарному виконанні) та функціональне поєднання діагностичної установки з діагностичними приладами.

**Діагностична система** – засіб діагностики в якому реалізоване поєднання діагностичного обладнання та устаткування на функціональному (програмному) та апаратному рівні.



**Діагностичний інструмент** – простий неелектричний засіб діагностики, який призначено для вимірювання (реєстрації) неелектричного діагностичного параметру або налаштування вузлів та агрегатів.

**Діагностичний комплекс** – функціонально пов'язане діагностичне устаткування до складу якого входять діагностичні стенди та прилади різного призначення. (діагностичні пости, лінії).

Підпорядкованість наведених визначень проілюстровано на рис. 1.1.4.

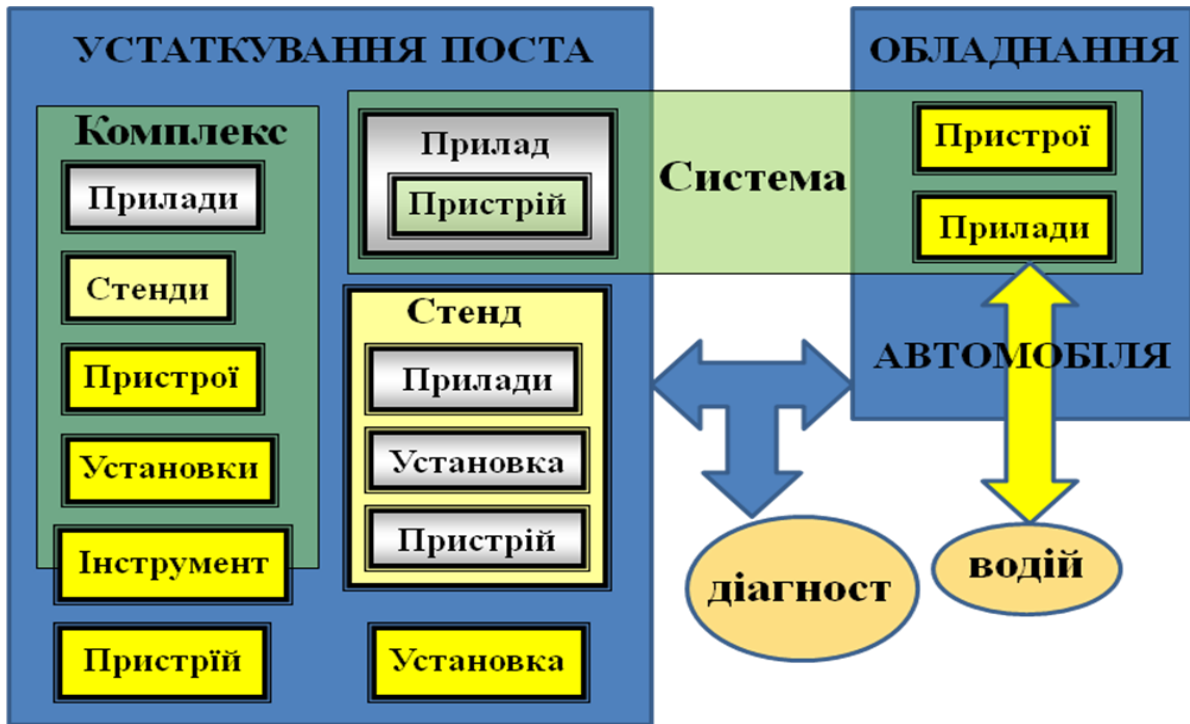


Рис. 1.1.4. Категорійна підпорядкованість засобів діагностування

За функціональним призначенням прилади та діагностичне устаткування для АТЗ можна поділити на функціональні групи (рис. 1.1.5).

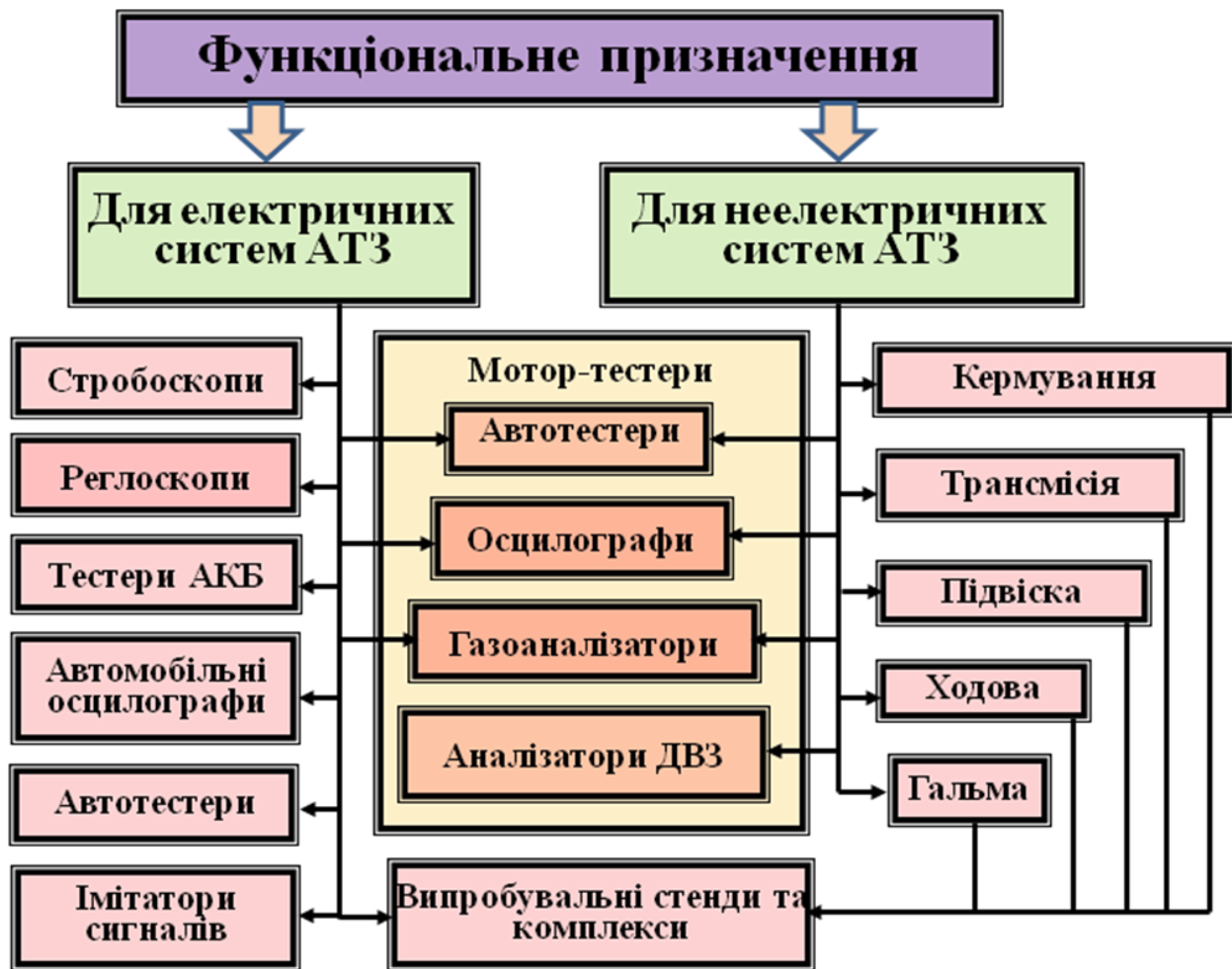
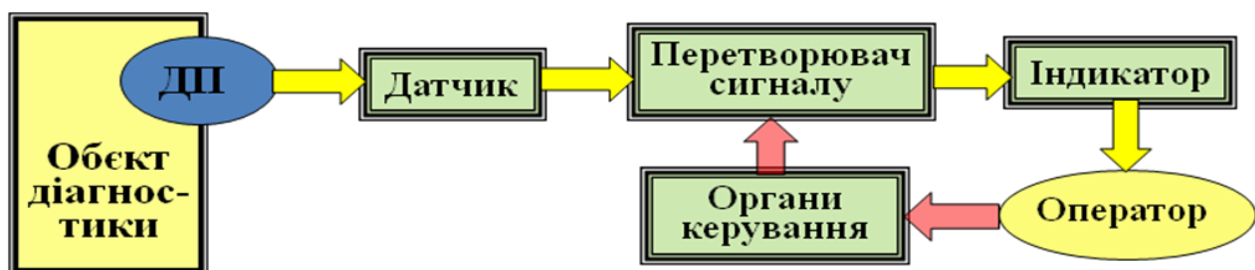


Рис. 1.1.5. Класифікація засобів діагностування АТЗ за призначенням

За структурною ознакою діагностичні прилади можна поділити на вимірювачі, активізатори і тестери (рис. 1.1.6).



а

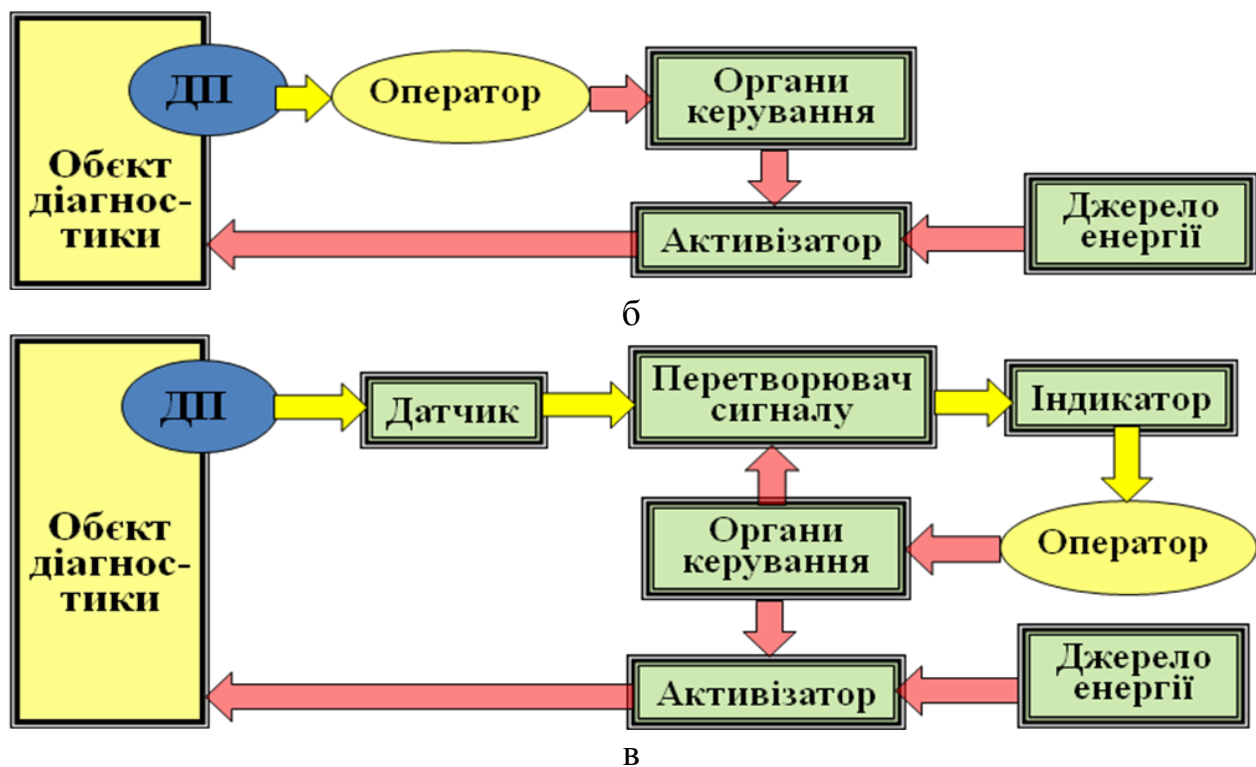


Рис. 1.1.6. Структурна схема діагностичного приладу:  
а – вимірювача; б – активізатора; в – тестера

**Вимірювач** (рис. 1.1.6, а) – діагностичний прилад, в якому інформаційний сигнал про діагностичний параметр формується за рахунок енергії об'єкту діагностики. При вимірюваннях електричних параметрів (напруги, частоти, струму), використовується енергія електричного кола об'єкту діагностики (амперметр, вольтметр, частотомір). При цьому може здійснюватися контактний (без датчика) або безконтактний (з датчиком електричної величини) спосіб відбору енергії. Якщо вимірюється не електричний параметр (температура), використовується енергія його величини (теплота). В цьому випадку інформаційний сигнал формується датчиком відповідної неелектричної величини (датчиком температури). Слід додати, що прилад з структурою вимірювача, може мати додаткове джерело енергії для живлення датчика, перетворювача чи індикатора (цифрові вольтметри, амперметри).

**Активізатор** (рис. 1.1.6, б) – діагностичний прилад, в якому діагностичний параметр формується об'єктом діагностики за рахунок впливу джерела енергії діагностичного приладу, а сприйняття (якісна та кількісна оцінка) діагностичного параметра здійснюється суб'єктивно оператором (без індикатора). Наприклад, назва приладу «стробоскоп» розуміється як слово складене з двох коренів «строб» - імпульсне підсвічування, «скоп» - спостерігати.

**Тестер** (рис. 1.1.6, в) – діагностичний прилад структура якого поєднує елементи вимірювача та активізатора (індукційний дефектоскоп).

Розрізняють системи *тестового* й *функціонального діагностування*. У системах тестового діагностування на об'єкт подаються спеціально організовані *тестові впливи*.

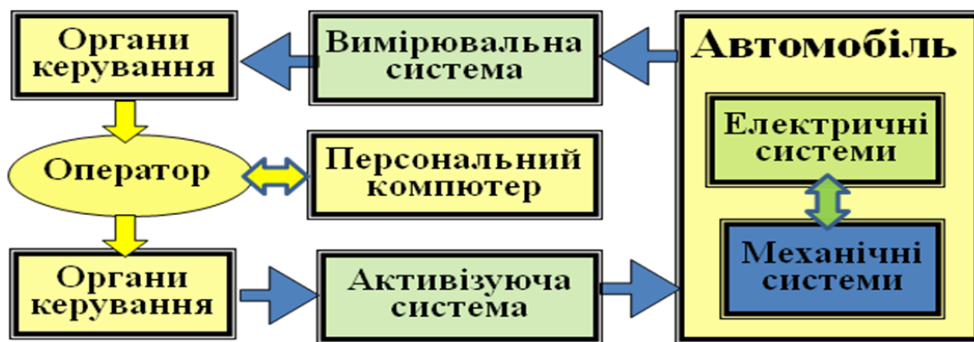
У системах функціонального діагностування на об'єкт надходять *робочі впливи*, передбачені його алгоритмом функціонування.

У системах обох видів, системи діагностування сприймають і аналізують *відповіді об'єкта* на входні (тестові або робочі) впливи й видають результат діагностування, тобто ставлять діагноз (об'єкт справний або несправний, працездатний або непрацездатний, функціонує правильно або неправильно, має такий-те дефект або в об'єкті ушкоджена така-те його тридцятилітній частина й т.п.

**Діагностичні системи** поділяються на: апаратні або програмні, зовнішні або убудовані, ручні, автоматизовані *або* автоматичні, спеціалізовані або універсальні.

Діагностичні системи залежно від рівня керованості можуть бути виконані як неавтоматичні, *автоматизовані* або *автоматичні*. Для реалізації автоматизованого чи автоматичного процесу діагностування зазвичай використовують комп'ютеризовані або комп'ютерні діагностичні системи.

**Комп'ютеризована діагностична система** передбачає застосування у своєму складі комп'ютерних засобів для отримання інформації про технічний стан об'єкту діагностики. У таких системах програмно-апаратні засоби системи (датчики, актуатори, перетворювачі сигналів, комп'ютери) цілком розташовані за межами автомобіля (не є штатним обладнанням автомобіля). Зазвичай комп'ютеризована система створюється на базі звичайної електромеханічної діагностичної системи (рис. 1.1.7, а, б).



а

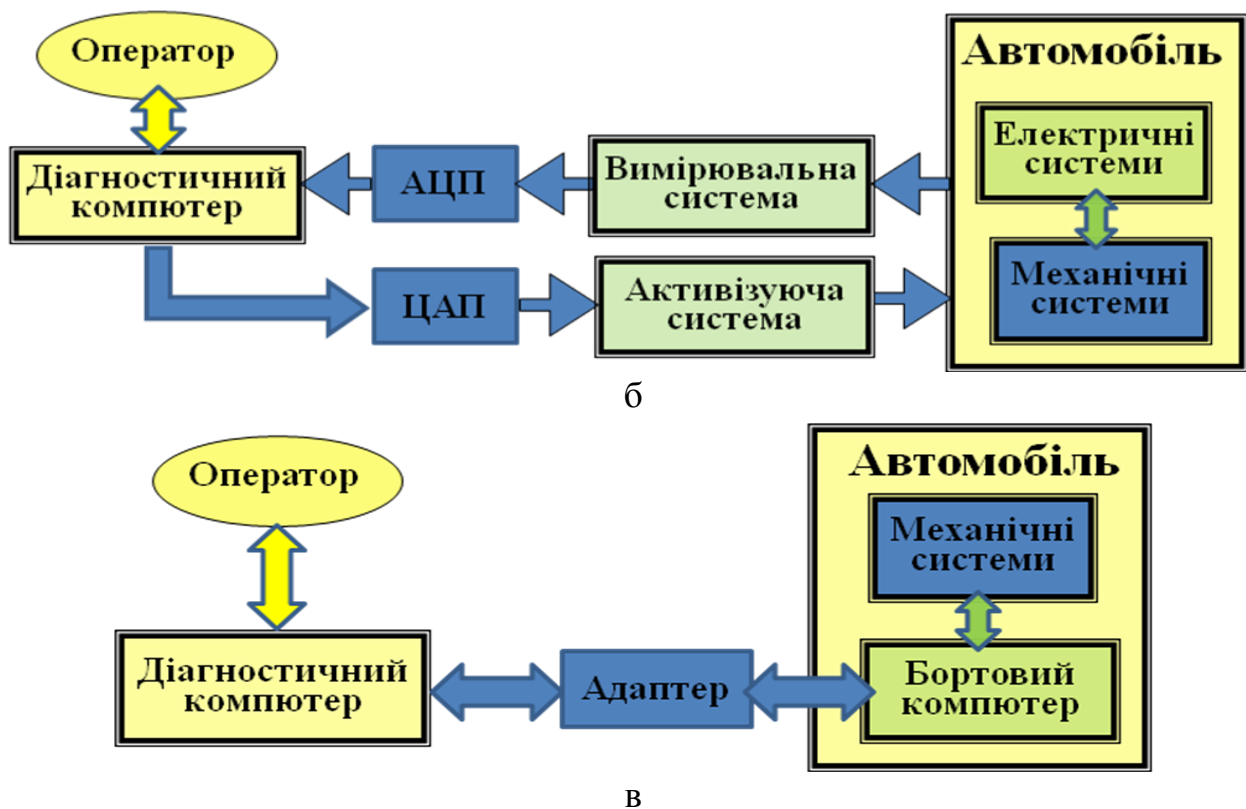


Рис. 1.1.7. Узагальнені структури діагностичних систем: а – некомп'ютерної; б – комп'ютеризованої; в – комп'ютерної

**Комп'ютерні діагностичні системи** передбачають обмін інформацією між діагностичним комп'ютером зовнішнього підключення та бортовим комп'ютером, на базі якого інтегрована бортова діагностична система. В таких системах основні діагностичні функції реалізуються на базі елементів штатного обладнання автомобіля (рис. 1.1.7, ).

В першому випадку, система цілком підпадає під категорію «діагностичне устаткування», в другому – поділяється на «діагностичне обладнання» і «діагностичне устаткування». При цьому діагностичний комп'ютер (прилад), що підключається до бортового комп'ютера, зазвичай виконує тільки функції операторської периферії (клавіатури і монітора).

Мехатронні системи автомобіля являють сукупність об'єктів керування та систем керування цими об'єктами. Системи керування складаються з датчиків вимірювальної інформації, виконавчих пристроїв та електронних блоків керування (ЕБК), в яких реалізуються алгоритми оптимального керування об'єктом. В мікропроцесорному пристрої ЕБК використовується програмне забезпечення інтегрованих діагностичних систем [1].

**Інтегровані діагностичні системи** виконують декілька пасивних (спостереження та інформування) та активних (резервування та адаптація) функцій, реалізація яких базується на використанні програми експертної системи (рис. 1.1.8).

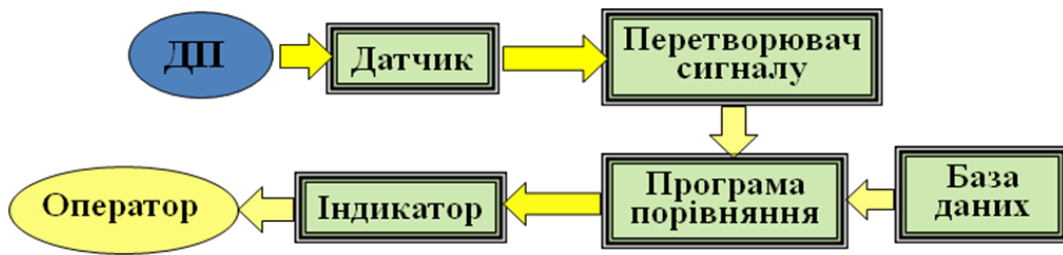


Рис. 1.1.8. Структурна схема експертної системи

Залежно від призначення та режиму функціонування інтегровані діагностичні системи мають різну структуру та поділяються на системи самодіагностики, адаптації та резервування (рис. 1.1.9).

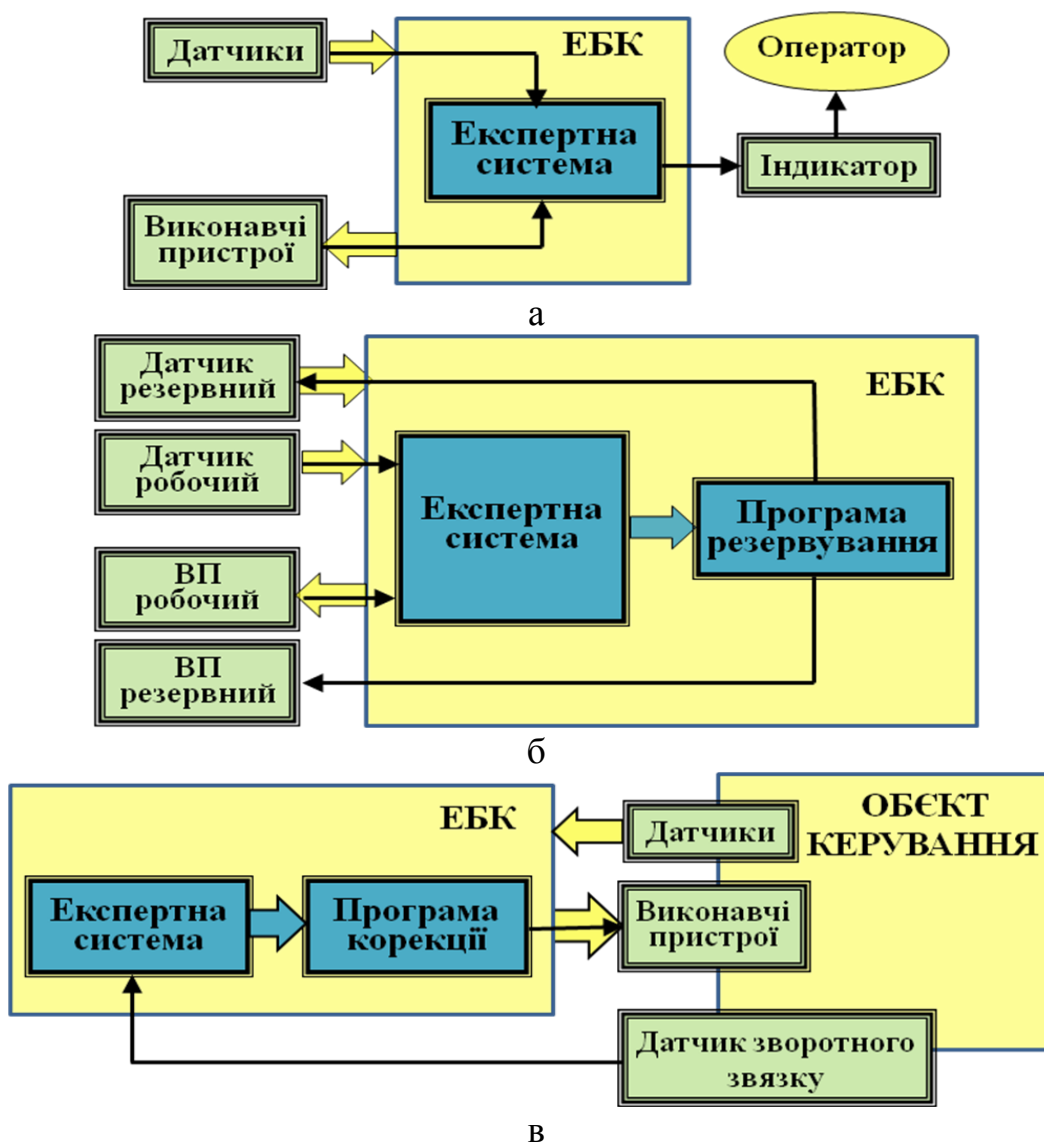


Рис. 1.1.9. Структурна схема інтегрованих діагностичних систем: а – самодіагностики; б – резервування; в – адаптації

**Експертна система** (рис. 1.1.8, а) – програмно-апаратні засоби призначені для оцінки стану об’єкту дослідження, шляхом порівняння еталонних характеристик об’єкту (бібліотеки параметрів справної системи) з його фактичними характеристиками.

**Система самодіагностики** (рис. 1.1.8, б) – інтегрована діагностична система, побудована на базі експертної системи, яка призначена для діагностики елементів системи керування та виконує пасивні функції діагностики (реєстрація факту та локалізація несправності).

**Система адаптації** (рис. 1.1.8, в) – інтегрована діагностична система, побудована на базі експертної системи, яка призначена для підтримки оптимального керування в разі впливу на мехатронну систему дестабілізуючих факторів (зовнішніх, структурних) та виконує активні функції діагностики (корекція функцій перетворення у середовищі ЕБК). Використовується в гнучких (зі зворотними зв’язками) системах керування.

**Система резервування** (рис. 1.1.8, г) – інтегрована діагностична система побудована на базі експертної системи, яка призначена для підтримки працездатності мехатронної систем в разі виходу з ладу окремих її та виконує активні функції діагностики (апаратна заміна елемента або програмне заміщення сигналу).

### **В ССД, в ДА і фізику в принципи побудування**

**Швидкість передачі даних.** Швидкість з якою сканер працює й відображає дані залежить від довжини лінії послідовної передачі даних і швидкості передачі даних ЕБК автомобіля. Швидкість передачі даних вимірюється в **бодах**. Один бод відповідає передачі одного біта інформації в секунду. Зчитування даних з ЕБК, передача даних на великій швидкості може здатися майже миттєвою. Зчитування з ЕБК, що має меншу швидкість, буде повільніше. Швидкість відображення даних залежить від типу ЕБК й не може бути змінена за допомогою сканера.

На етапі розробки конструкції засобу діагностики обраної категорії, визначають та узгоджують **конструкційні** атрибути майбутнього виробу або обирають конструктивний прототип (аналог, попередню модифікацію чи базовий зразок). Синтез конструкції та схемного рішення засобу діагностики починають з вибору типу живлення, класу мобільності та виду індикації з урахуванням умов (місця) проведення діагностичних операцій (рис. 1.1.9).



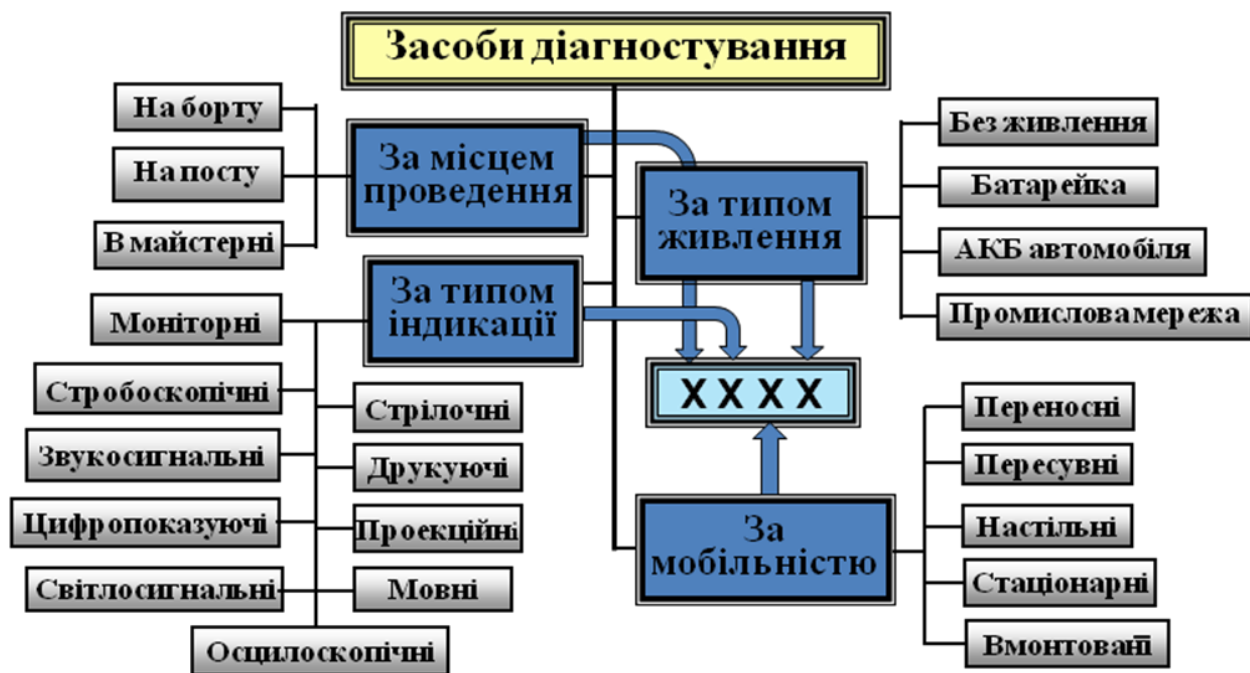


Рис. 1.1.9. Класифікація засобів діагностики за конструкційними ознаками

В першу чергу з'ясовують місце проведення діагностичних робіт. За цим атрибутом розрізняють засоби, що використовуються: на борту автомобіля в стаціонарних умовах (діагностика за вихідними параметрами систем автомобіля) або в русі транспортного засобу (за структурними параметрами систем); в умовах діагностичного поста або лінії (за вихідними параметрами автомобіля); в умовах електровідділення (за структурними параметрами агрегатів) або дільниці відновлення електронних блоків (за структурними параметрами електронних блоків). Таке угруповання дозволяє проводити цілеспрямований підбір аналогів засобів діагностики по каталогам і довідникам з діагностичного устаткування. Крім того, перелічені умови експлуатації діагностичного засобу визначають наявність джерел живлення, потрібну мобільність та зручність користування засобом на робочому місці.

За класом мобільності розрізняють переносні, пересувні, стаціонарні, настільні й вмонтовані засоби діагностики.

До переносних конструкцій відносять портативні прилади та прилади у вигляді «діагностичної валізи». Другий варіант дозволяє розширити функціональні можливості (достачити додатковими пристроями) та діапазони вимірювань параметрів.

Пересувні стенди мають роликові візки і комплектуються автономними АКБ, підключаються до промислової мережі. Пересувні стенди надають необмежений діапазон вимірювань діагностичних параметрів, і можливість діагностування силових елементів (АКБ, стартер, генератор) безпосередньо на борту автомобіля.



Настільні прилади та стенди діагностування розраховані на живлення від промислової електромережі. Дозволяють використовувати різні типи індикаторів. Використовуються для випробувань елементів систем автомобіля середньої потужності.

Стаціонарні стенди живляться від промислової електромережі і магістралі стиснутого повітря. Не мають обмежень за споживаною потужністю та типом індикації. Використовуються для випробувань силових агрегатів автомобіля.

До вмонтованих засобів відносять системи вмонтованих датчиків (СВД) і бортові діагностичні системи (БДС). Застосування перших дозволяє скоротити час постановки діагнозу за рахунок скорочення часу підготовчих операцій (установка датчиків, підключення та налаштування приладів). Використання других - проводити моніторинг технічного стану систем автомобіля під час транспортного процесу та виключати аварійні ситуації в автоматичному режимі.

У засобах діагностування використовуються прилади з різним видом індикації (див. рис. 1.1.9).

Стрілочні індикатори (електромеханічні вимірювальні прилади) зручні для спостережень (вимірювань) діагностичних параметрів при стаціонарних змінах їх значень. До недоліків таких приладів слід віднести порівняно невисоку точність, слабку стійкість до перешкод, певну орієнтацію при вимірюваннях, недостатню надійність і вібростійкість.

Цифропоказуючі індикатори дозволяють досягти високої точності та роздільної здатності, не вимагають певної орієнтації під час вимірювань, не чуттєві до зовнішніх впливів. Однак спостереження та аналіз показань при динамічних змінах параметра ускладнено через дискретизацію вимірювального такту.

Осцилографи дозволяють одержувати найбільш детальну (у ряді випадків надлишкову) інформацію про електричний сигнал. До експлуатаційних обмежень осцилографів (особливо запам'ятовуючих) можна віднести їх порівняно високу вартість.

За допомогою стробоскопічних приладів вимірюються параметри, пов'язані з обертанням колінчастого валу ДВЗ. Простий метод (засіб) спостереження (вимірювання) фазових зсувів у робочих процесах теплових двигунів.

Іноді для локалізації несправності достатньо лише визначення факту наявності сигналу (напруги живлення). В такому разі найбільш доцільно застосовувати звичайні сигнальні індикатори.

Моніторні засоби індикації використовуються в комп'ютерних інформаційно-вимірювальних системах. Такі системи дозволяють модифікувати вимірювальну інформацію до зручного вигляду (таблиць, графіків, діаграм, діагностичних повідомлень).

Комп'ютерна база засобів діагностування дозволяє використовувати цифрові периферійні пристрої виводу інформації, зокрема друкуючі принтери. Застосування принтерів дозволяє документувати діагностичну інформацію безпосередньо в процесі діагностування, що значно підвищує оперативність і продуктивність процесів діагностування в умовах діагностичних постів і ліній.

Концептуальні системи індикації проекційного типу використовуються під час транспортного процесу. Поточна експлуатаційна, діагностична і сервісна інформація, а також інформація про дорожню ситуацію виводиться на лобове скло автомобіля у вигляді напівпрозорого, різнобарвного, асоціативного зображення. Причому інформація чергується у визначеній послідовності та з різними інтервалами відображення. Порядок та інтенсивність висвічування тієї чи іншої інформації визначається комп'ютером залежно від важливості повідомлення. Така інтелектуальна система відображення дозволяє використовувати переваги і виключити недоліки всіх розглянутих індикаторів зорової інформації.

Використання на борту інформаційних приладів зі звуко-мовною індикацією дозволяє зменшити навантаження зору оператора-водія під час руху автомобіля і підвищити безпеку руху.

За функціональним наповненням засоби діагностики можна поділити на окремі групи: найпростіші, спеціалізовані, спеціальні, універсальні, комбіновані, комплексні.

До **найпростіших** засобів відносять вимірювальні прилади безпосередньої оцінки (амперметр, вольтметр, омметр), пристрої (індикатор, пробник) і підручні засоби (перемичка, клемник).

**Спеціалізовані** прилади та установки призначені для діагностування і регулювання окремих елементів систем електрообладнання. Такі прилади мають цілком визначену функцію (призначення).

Більш широкі функціональні можливості мають **спеціальні прилади**, що використовуються для діагностування елементів та агрегатів окремих систем в майстернях.

Для діагностування будь-якої електричної системи за параметрами електричних сигналів та кіл використовуються **універсальні вимірювальні прилади** загального призначення (осцилографи, мультиметри, генератори) та автомобільні універсальні прилади (автомобільні осцилографи, авто тестери, імітатори сигналів).

**Комбіновані засоби** діагностики – прилади та стенди, які виконують функції декількох спеціальних приладів (мотор-тестери)

**Комплексні засоби** діагностики (діагностичні комплекси) – програмно-апаратні засоби діагностичного устаткування призначені для контролю комплексу діагностичних параметрів автомобіля (пости і лінії діагностики).

З огляду на сказане, можна визначити переважні конструкційні атрибути засобу діагностики для визначених умов (місця) проведення діагностичних робіт.

**На борту автомобіля в стаціонарних умовах** перевага надається переносним універсальним приладам з цифровими індикаторами, які мають автономне живлення чи підключаються до АКБ автомобіля.

**На борту в русі автомобіля** використовуються універсальні та комбіновані прилади комп'ютерної периферії, що «спілкуються» з бортовою діагностичною системою. В таких приладах на відзнаку від попередньої групи виправдано застосування моніторних засобів індикації.

**В умовах діагностичного поста** є можливість використання діагностичних комплексів стаціонарного або пересувного базування прилади яких мають необмежену функціональність і операторську периферію (індикатори та органи керування). Живлення діагностичних комплексів передбачається від промислових мереж напруги та стисненого повітря.

**В умовах електровідділення**, зазвичай, використовуються спеціальні діагностичні стенди в стаціонарному та настільному виконанні та спеціалізовані прилади, які живляться від напруги промислової мережі. В такому діагностичному устаткуванні достатньо обмежитись використанням стрілочних та світлосигнальних індикаторів.

**В умовах дільниці відновлення електронних блоків** виправдано використання універсальних вимірювальних приладів з штатними індикаторами, які живляться від напруги промислової мережі.

#### **1.1.4. Методи діагностики АТЗ**

Під назвою методу діагностики, в загальному випадку, розуміють декілька ознак (аспектів), які можуть визначати: вид перевірок технічної системи; вид діагностичного параметра на підставі якого ставиться діагноз; принцип побудови вимірювальної системи; місце та умови проведення діагностичних операцій; засіб діагностики, який використовується.

**Методи діагностування технічних систем за видом перевірок** можна класифікувати за: характером участі людини у процесі діагностування; способом виявлення несправності; способом відтворення при перевірках методами заміни; типом пошуку; гнучкістю реалізації алгоритмів діагностування; глибиною локалізації несправності і видом діагностичного параметра (структурний або вихідний) [1].

За вихідними характеристиками автомобіля перевіряються його системи і агрегати, що пов'язані з безпекою руху та екологічною безпекою. Контроль таких характеристик проводиться за допомогою спеціалізованих приладів під час випробувань автомобіля на спеціальних або багатофункціональних стендах (табл. 1.1.1).

Таблиця 1.1.1. Характеристики АТЗ, що підлягають контролю

Нормативні характеристики	Об'єкт діагностування	Засіб діагностування
Норми токсичності ВГ	ДВЗ	Газоаналізатор
Потужність на колесах, механічні втрати	ДВЗ та трансмісія	Стенд з біговими барабанами
Амплітуда коливань під збуренням	Система підвіски	Стенд з віброплатформами
Характеристики керованості	Система керма	Стенд з поворотними платформами
Орієнтація світлових пучків головних фар	Система освітлення	Реглоскоп
Гальмівні характеристики	Система гальм	Гальмівний стенд

Очевидно, що вид діагностичного параметра визначає можливі методи та відповідно і засоби його вимірювання. Зосередимося на основному агрегаті автомобіля – двигуні. На практиці використовуються різноманітні методи діагностування автотракторних ДВЗ засновані на вимінюванні вихідних та структурних індикаторних параметрів, пов'язаних з: порушенням герметичності робочих об'ємів; відхиленнями у робочих процесах; зношенням спряжених деталей; втратою фізичних властивостей матеріалів та кінематичних властивостей механізмів (табл. 1.1.2).

Таблиця 1.1.2. Діагностичні параметри ДВЗ та засоби їх контролю

Діагностичний параметр (метод)	Об'єкт діагностування	Засіб діагностування
Компресія або розрядження в циліндрі	Герметичність ЦПГ та клапанів ГРМ	Компресометр, вакууметр, мотор-тестер
Ефективна потужність	Справність роботи ДВЗ	Бігові барабани
Тиск масла в системі змащування	Зношення спряжених деталей КШМ, підшипників розподільного валу	Манометр
Склад масла в картері (спектрографічний)	Стан мастила, зношення спряжених елементів ДВЗ	Спектрограф
Тиск картерних газів	Стан ЦПГ	Манометр
Розрідження у впуск-	Стан ЦПГ	Вакууметр, ендоскоп

ному колекторі		
Вібрації, стуки, шуми (органолептичний, віброакустичний)	Стан свічок запалювання, підшипників та ЦПГ	Стетоскоп, суб'єктивна оцінка, аналізатор шуму
Димність вихлопу	Справність системи охолодження змащувальної системи, ГРМ	Димомір, суб'єктивна оцінка
Склад відпрацьованих газів	Механічні вузли та електричні системи ДВЗ	Газоаналізатор
Нерівномірність обертання КВ	Електричні системи ДВЗ, ЦПГ, ГРМ, КШМ	Мікропроцесорна вимірювальна система
Амплітуда пульсацій тиску газів на випуску	Прогар клапанів ГРМ, негерметичність випускної системи.	Суб'єктивна оцінка
Кількість газів, що прориваються в картер	Зношення спряжених деталей ЦПГ	Газовий лічильник, Газовий витратомір
Стан поверхні деталей (ультрозвуковий)	Усталосні тріщини	Ультразвукові дефектоскопи

Зазначимо, що для контролю визначеного виду діагностичного параметру можуть використовуватися декілька різних приладів або методів вимірювання (варіантів побудови вимірювальної системи діагностичного приладу).

*Приклад.* Склад відпрацьованих газів реєструють за допомогою інфрачервоних або каталітичних газоаналізаторів.

За глибиною локалізації або деталізації діагностичні перевірки розподіляють на елементні, модульні, групові і комплексні. Реалізація перевірок за цією ознакою в основному визначається конструкцією засобу діагностики, метою і місцем проведення діагностичних операцій.

Необхідна ступінь локалізації визначає місце та умови проведення діагностичних операцій. І навпаки обране місце (умови) проведення діагностичних операцій визначає можливу ступінь локалізації несправності. Зазвичай на борту автомобіля несправність локалізують до рівня агрегату (модульні перевірки), а в електровідділенні – до рівня структурних елементів агрегату (елементні перевірки). В умовах поста в першу чергу перевіряються вихідні характеристики автомобіля за якими оцінюють працездатність всіх систем автомобіля (комплексні перевірки). За допомогою газоаналізатора (на посту або на борту) локалізуються несправності систем ДВЗ. Більш детально розглянемо діагностичні параметри та методи діагностування електричних систем автомобіля (рис. 1.1.10).

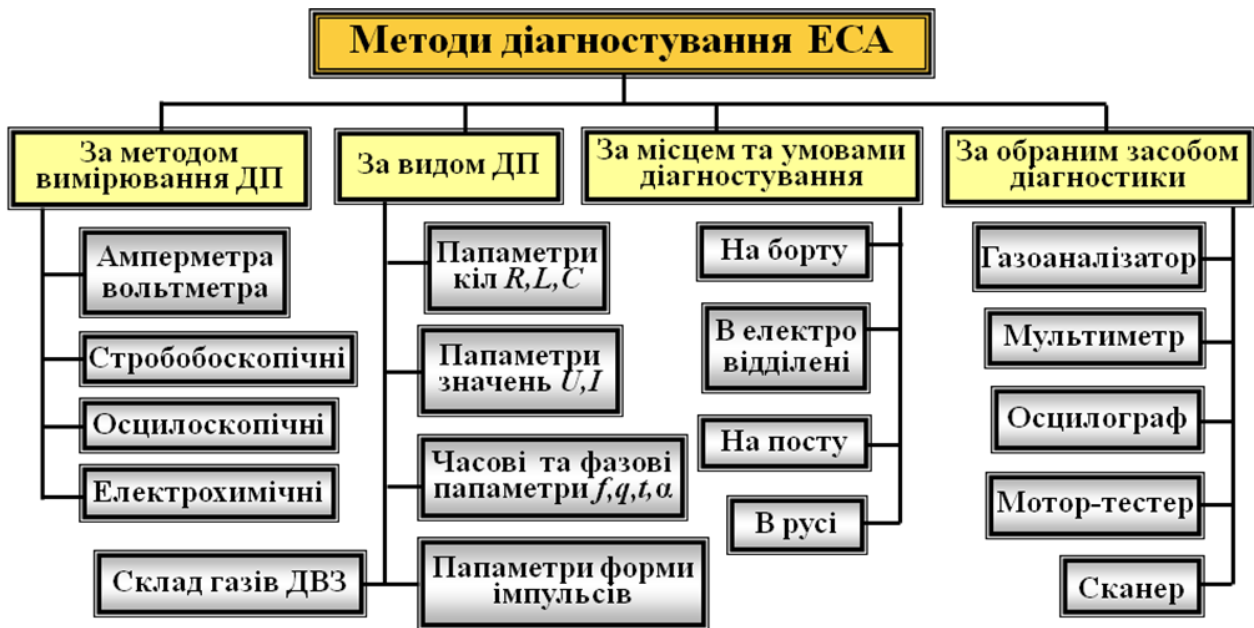


Рис. 1.1.10. Класифікація методів діагностування електричних систем автомобіля

Діагностичні параметри електричних та електронних пристроїв можна поділити умовно на декілька груп: параметри постійних значень, параметри діючих значень, часові параметри, параметри форми.

До приладів оцінки параметрів постійних значень можна віднести вимірювачі електричного опору  $R$  (омметри), постійної напруги  $U$  (вольтметри) та струму  $I$  (амперметри). Омметри використовуються для «холодної» перевірки кіл та дискретних елементів схеми (прилад, що перевіряється, вимкнено). Вольтметри та амперметри використовують для оцінки діагностичних параметрів при ввімкнутому об'єкті діагностування («гаряча» перевірка кіл).

Діагностичні параметри діючих значень, до яких відносять напругу змінного струму та змінний струм, вимірюються амперметрами та вольтметрами змінного струму (генератори змінного струму, сигнальні кола електронних блоків).

Часові параметри електричних сигналів (частота  $f$ , тривалість імпульсу  $t_s$  та їх шпаруватість  $q$ ) дозволяють оцінювати роботу час-задавальних, формувальних та релаксаційних кіл і каскадів електронних пристроїв систем керування, вимірюються за допомогою частотомірів та осцилографів.

Параметри форми сигналу (амплітуда, крутизна фронтів, нерівність вершини імпульсу), використовуються для оцінити значень розподілених реактивних параметрів імпульсних кіл (електронні блоки, система запалювання), вимірюються за допомогою осцилографів.

**Фазовий зсув** між періодичними гармонійними сигналами однакової частоти (напруги та струму) характеризує реактивну складову опору кола змінного струму, вимірюється за допомогою осцилографів. В імпульсних

пристроях фазовий зсув періодичних сигналів взагалі розглядається як функціональний параметр. Інформація про фазові зсуви у робочих процесах ДВЗ (кути випередження  $\alpha$  запалювання, подачі палива, випуску газів) дозволяє оцінити оптимальність функціонування його систем (вимірюються за допомогою стробоскопів).

В електричних системах АТЗ застосовуються перетворювачі електричної енергії різного призначення (прилади освітлювання, нагрівачі, актуатори та т. і.), тому до переліку діагностичних параметрів можна додати параметри світлового пучка головних фар, температуру нагрівальних елементів, робочі зазори та т. і.; до переліку методів вимірювання – оптоелектричні, термоелектричні, тензометричні та т.і.; до переліку діагностичних приладів – реглоскоп, термометр, динамометр та т. і.

При виборі методу вимірювання визначеного діагностичного параметру та розробці відповідного діагностичного приладу прагнуть отримати найбільш ефективне (переважне за економічними за показниками) рішення. При цьому слід враховувати, що вартість діагностичного приладу є складовою вартості постановки діагнозу. З цих позицій розглядають альтернативні та безальтернативні прилади (методи) діагностування.

**Альтернативні прилади** (універсальні) – певна несправність може бути локалізована за допомогою різних діагностичних приладів (при різних витратах на постановку діагнозу та різній інформативності параметру).

*Приклад.* Напругу живлення можна контролювати за допомогою індикатора напруги (наявність) або мультметра (середнього рівня напруги) або осцилографа (рівні напруг спрацьовування та повернення регулятора, пульсацій випрямляча та регулювання).

**Безальтернативні прилади** (спеціалізовані) – певна несправність може бути локалізована тільки за допомогою певного діагностичного приладу.

*Приклад.* Орієнтацію світлових пучків головних фар перевіряють тільки за допомогою регласкопу.

Слід додати, що при діагностуванні транспортного засобу, його систем і агрегатів, поряд із застосуванням інструментальних методів діагностики (апаратної діагностики), використовуються органолептичні методи діагностики на підставі симптомів несправностей (суб'єктивної діагностики).

Методи бортової діагностики ЕОА (*Приклад*).

Методи агрегатної діагностики ЕОА (*Приклад*).

Методи діагностики під час дорожніх випробувань ЕОА (*Приклад*).

Методи діагностики за вихідними ДП автомобіля та його систем ЕОА (*Приклад*).

Як підсумок зазначимо, що більшість методів діагностування АТЗ, за результатами вимірювання неелектричних параметрів, можна реалізувати з використанням комп'ютерних систем збору, зберігання і обробки інформації, що отримується з активізуючої та вимірювальної частин діагностичної системи (комп'ютеризовані вимірювальні системи). Деякі методи діагностування

(вимірювання неелектричного параметру) технічно не можливо реалізувати без застосування комп'ютерних засобів.

При застосуванні на борту АТЗ інтегрованих діагностичних систем, перш за все, як засіб діагностики, використовуються комп'ютерні діагностичні прилади, які «спілкуються» з бортовим комп'ютером.

Перелічені методи та засоби контролю діагностичних параметрів отримали назву «Комп'ютерна діагностика АТЗ».

## 1.2. Загальні поняття та принципи побудування систем моніторингу

1.2.1. Основні визначення та термінологія.

1.2.2. Класифікація систем моніторингу.

1.2.3. Принципи побудування систем моніторингу

1.2.4. Особливості моніторингу технічних систем

1.2.5. Задачі моніторингу технічного стану АТЗ

### 1.2.1. Основні визначення та термінологія

**Слово** «моніторинг» має латинські коріння. На латині «monitor» означає «застережливий». У сучасній російській мові воно частіше використовується в значенні «спостерігати». Наступність між сучасним поняттям і колишнім латинським значенням пояснює **головне завдання** систем моніторингу - превентивне спостереження з метою прогнозування потенційних ризиків.

Поняття моніторинг не має точного однозначного тлумачення, тому як вивчається і використовується в рамках різних сфер науково-практичної діяльності. Складність формулювання визначення поняття «моніторинг» пов'язана також з приналежністю його як до сфери науки, так і до сфери практичної діяльності. Моніторинг може розглядатися і як спосіб дослідження реальності, використовуваний в різних науках, і як спосіб забезпечення сфери управління різними видами діяльності шляхом подання своєчасної та якісної інформації. Дамо декілька загальних визначень поняття «моніторинг».

**Моніторинг** – це метод пізнання миру [23. С. 6].

**Моніторинг** – це система загальнонаукових і емпіричних методів пізнання, утворена в результаті злиття різних методологічних концепцій і застосовна на всіх етапах одержання нового знання для дослідження будь-яких об'єктів будь-якої діяльності, незалежно від предметного змісту й наукової спеціальності.

**Моніторинг** – це система збору даних про складне явище, процес, які описуються за допомогою певних ключових показників з метою певної **діагностики** стану об'єкта дослідження й оцінки його в динаміці [2. С. 54].



**Моніторинг** — процес систематичного або безперервного збору інформації про параметри складного об'єкта або діяльності для визначення тенденцій зміни їхніх параметрів і характеристик.

**Процес моніторингу** полягає у постійному спостереженні за яким-небудь процесом з метою виявлення його відповідності бажаному результату. Якщо **діагностика** ситуації здійснюється систематично з певною заданою періодичністю і з використанням однієї і тієї ж (базової) системи індикаторів, ми маємо справу з моніторингом.

**Моніторинг** – сукупність спостережень протягом певного часу спрямована на встановлення фактичного стану об'єкту дослідження та прогнозування його розвитку, з метою регулювання якостей об'єкту (рис. 1.1).

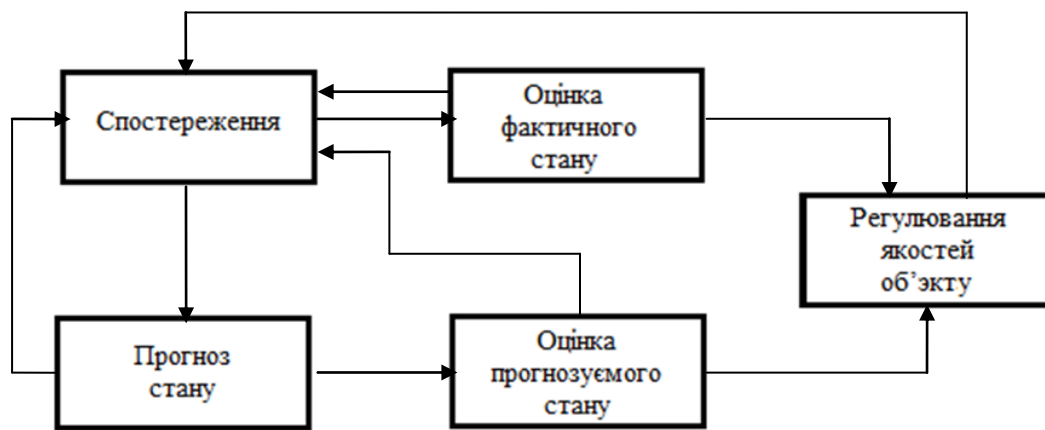


Рис. 1.1 – Схема визначення поняття моніторингу

Моніторинг має **адресність** й **предметну спрямованість**, інакше кажучи застосовується до конкретних об'єктів для рішення конкретно поставлених задач [10. С. 29 – 30].

**Об'єктами моніторингу** залежно від галузі дослідження (суспільство, історичні науки, космос, економіка, техніка) можуть бути (природні ресурси, небесні тіла, технічні системи)

**Предметом моніторингу (дослідження)** фактичний стан об'єкту

Таким чином, об'єкт та предмет дослідження визначають призначення (назву) та мету моніторингу. Або навпаки – конкретні методи дослідження визначаються в залежності від об'єктів моніторингу і напряму досліджень.

**Головна мета моніторингу** полягає в попередженні критичних ситуацій [23. С. 5, 6, 7, 24].

Уперше моніторинг був використаний у **грунтознавстві**, потім в **екології** й інших суміжних науках. На даний час він вивчається й використовується й у **технічних, соціальних науках**, і в різних **сферах практичної діяльності**. Є підстави говорити, що залишилося мало областей діяльності, де тією чи іншою мірою не використовувався б моніторинг.

Основні сфери, що проявляють інтерес до моніторингу як способу наукового дослідження, це **екологія, біологія, соціологія, педагогіка, економіка, психологія, теорія керування, медицина.**

**Задачі моніторингу** – перевірка відповідності фактичного стану бажаному результату, виявлення змін стану, цілеспрямоване керування, достовірне науково-інформаційне забезпечення програм розвитку, оптимальний вибір цілей і завдань діяльності.

Таким чином, повний перелік визначень поняття «моніторинг» визначається кількістю сфер де він використовується, метою дослідження та задачами, які вирішуються для досягнення мети.

Стосовно **технічних систем** можна розглядати два аспекти моніторингу, які пов'язані з процесом керування об'єктом (моніторинг режимних параметрів) та з визначенням фактичного технічного стану і прогнозуванням його залишкового ресурсу (моніторинг діагностичних параметрів). Наведемо основні визначення термінів, які будемо використовувати в контексті дисципліни «Комп'ютерна діагностика та моніторинг стану транспортних засобів».

**Моніторинг режимних (функціональних) параметрів (сигналів)** – система вимірювань режимних параметрів та обробки отриманої інформації під час функціонування технічної системи з метою визначення поточного стану об'єкту керування для формування оптимальних керуючих впливів.

**Моніторинг діагностичних параметрів** – система вимірювань діагностичних параметрів та обробки отриманої інформації в період експлуатації технічної системи з метою визначення фактичного технічного стану об'єкту дослідження та прогнозування його залишкового ресурсу.

**Система моніторингу** – сукупність засобів та методів проведення моніторингу, що розглядається разом з об'єктом дослідження.

Система моніторингу містить наступні елементи:

1. Збір інформації про даний об'єкт.
2. Оцінка стану об'єкта моніторингу по певних індикаторах.
3. Контроль відповідності фактичного стану об'єкта моніторингу його оптимальному стану.
4. Прогнозування стану об'єкту й визначення перспектив його розвитку.
5. Розробка прийомів і способів приведення об'єкта моніторингу в оптимальний стан.

**Монітор-система** – програмно-апаратна реалізація системи моніторингу конкретного призначення.

**Програмна частина монітор-системи (монітор-програми)** являє собою алгоритми проведення вимірювань індикаторних параметрів та обробки отриманої інформації за визначеними режимами та форматами.

**Апаратна частина монітор-системи** являє собою інформаційно-вимірювальний комплекс, що складається з вимірювальної частини (датчиків вимірювальної інформації), пристрою обробки інформації та засобів відображення інформації.

**Індикаторні параметри** – параметри сигналів (відгуків) системи на підставі яких отримується інформація для здійснення моніторингу.

**Режими моніторингу** визначаються метою досліджень та характеризують часову прив'язку монітор-програми: постійний (безперервний), періодичний, систематизований, короткочасний, вибірковий (на замовлення), ситуаційний.

**Формати моніторингу** – визначаються видом (форматом) об'єкту досліджень (одномірний, двомірний, трьохмірний) та характеризують обсяг і щільність вимірювань індикаторних параметрів.

Моніторинг здійснюється з метою прийняття управлінських рішень [13. С. 53]. Поняття «керування» або «управління» ширше поняття «моніторинг».

Моніторинг містить дослідження об'єкта, його оцінку, контроль, прогнозування й розробку способів приведення об'єкта в оптимальний стан. У процесі керування, в першу чергу, визначається сукупність показників, яким повинен відповідати керований об'єкт (оптимальний стан), система показників, необхідних для його оцінки. Подальша управлінська діяльність включає елементи, що входять у систему моніторингу, - дослідження об'єкта, його оцінку, контроль і т.д. У підсумку, керування припускає ухвалення рішення про здійснення тієї або іншої діяльності, що втілює в життя найбільш продуктивний спосіб приведення об'єкта в оптимальний стан і здійснення даної діяльності.

Керування містить складові, які явно лежать за межами моніторингу (визначення критеріїв оцінки й контролю, вибір необхідних дій, ухвалення рішення про втілення їх у життя й безпосередньо саме здійснення). Моніторинг, у свою чергу, здійснює ряд цілком певних функцій керування, які зазначені вище.

Моніторинг і керування мають різні цілі. **Ціль керування** – забезпечення збереження певної структури систем, підтримка режиму їхньої діяльності, реалізація програми діяльності. Інакше можна сказати, що **ціль керування** полягає в приведенні й підтримці об'єкта керування в певному стані. **Ціль моніторингу** полягає в одержанні інформації, необхідної для прийняття управлінських рішень.

В межах дисципліни «Комп'ютерна діагностика і моніторинг стану АТЗ», вважаючи, що АТЗ та його агрегати є об'єктами **керування** (автоматичного та суб'єктивного), слід підпорядкувати поняття **діагностика, моніторинг, керування**.

*Діагностика є окремий випадок моніторингу, а моніторинг - окремий випадок діагностики. Або моніторинг з метою діагностики (визначення технічного стану) та діагностика на підставі результатів моніторингу діагностичних параметрів.*

## 1.2.2. Класифікація систем моніторингу

Системи моніторингу (СМ) повинні забезпечувати отримання інформації про стан обладнання (об'єкта моніторингу) у необхідній кількості і якості для забезпечення можливості спостереження його технічного стану. За результатами спостереження СМ повинні завчасно виробляти керуючі впливи, які забезпечують необхідний запас стійкості технологічної системи, якість її функціонування, створюють необхідний запас її техногенної, екологічної та економічної безпеки.

Класифікація систем моніторингу встановлюється за декількома загальними ознаками (чинниками) (рис 1.2).



Рис. 1.2 Класифікація систем моніторингу за загальними ознаками

**За кількістю і типом використовуваних методів** неруйнівного контролю (МНК): комплексні системи; спеціалізовані системи. Спеціалізовані системи використовують один з МНК. Комплексні системи використовують набір різних МНК.

**За типом експертної системи:** системи підтримки прийняття рішень; діагностичні; системи індикації стану. Системи підтримки прийняття рішень включають властивості діагностичних систем і повинні видавати цілєказуючі приписи користувачу для запобігання небезпечного стану об'єкта та приведення його в нормальний стан. Діагностичні системи поряд з визначенням те-

хнічного стану повинні визначати одну або кілька причин (вид) несправного стану об'єкта. Системи індикації стану здійснюють тільки визначення технічного стану об'єкта (придатний / не придатний), без вказівок на вид несправності.

**За обсягом несправностей**, що виявляються: широкого класу; вузького класу. Системи вузького класу виявляють несправності лише одного вузла агрегату, наприклад підшипника. Системи широкого класу повинні виявляти несправності різноманітних вузлів агрегату, а також несправності в його роботі за технологічною схемою установки.

**За величиною статичної та динамічної помилки** розпізнавання стану обладнання: низької статичної помилки; середньої статичної помилки; високої статичної помилки. Системи низької статичної та динамічної помилки повинні мати помилку  $<5\%$ . Системи середньої статичної та динамічної помилки повинні мати помилку у межах  $5...30\%$ . Системи високої статичної та динамічної помилки мають помилку, що складає  $>30\%$ .

**За кількістю вимірювальних каналів** системи: багатоканальні; одноканальні.

**За способом опитування датчиків**: універсальні (паралельно-послідовні); паралельні; послідовні. Послідовні системи здійснюють по чергове вимір сигналів і їх обробку. Послідовні вимірювання можуть проводитися як автоматично, так і людиною-оператором (переносні системи). Універсальні (паралельно-послідовні) системи мають змішану структуру: встановлюються групи каналів, усередині групи канали вимірюються послідовно і потім здійснюється паралельна обробка вихідних сигналів груп і/або навпаки. Паралельні системи здійснюють одночасне вимірювання сигналів та їх подальшу обробку.

**За архітектурою системи**: розподілені; зосереджені. Апаратура зосередженої системи (за винятком датчиків) розміщується в одному місці, як правило, на видаленні від об'єкту контролю. Апаратура розподіленої системи може розміщуватися безпосередньо на об'єкті контролю.

**За величиною ризику пропуску раптової відмови**: низької статичної помилки; середньої статичної помилки; високої статичної помилки. Системи низької статичної та динамічної помилки повинні мати помилку  $<5\%$ . Системи середньої статичної та динамічної помилки повинні мати помилку у межах  $5...30\%$ .

**За типом використання аналізатора сигналів**: векторні; скалярні. У скалярних системах результатом роботи аналізатора сигналів є скалярні числа (загальний рівень вібрації, температура і т.д.). Векторні системи в результаті обробки інформації разом із скалярними повинні видавати одновимірні і багатовимірні масиви, виробляти спектральну, кореляційну, та іншу математичну обробку.

**За типом індикатора стану**: комплексні; багаторівневі; прості. Прості індикатори стану мають тільки функцію відображення стану об'єкта. Багато-

рівневі індикатори стану поряд з відображенням стану об'єкта повинні мати функції відображення станів і параметрів раз-особистих його складових частин. Комплексні індикатори стану включають функції багаторівневих індикаторів і повинні відображати дати пуску/зупинки систем і агрегатів, їх наробітки на різні види ремонту, прогноз залишкового ресурсу, а також виводити інформацію з наступних каналів: звуковий висновок, друк протоколів, передача даних по мережі.

**За наявністю і рівнем діагностичної мережі:** автоматична діагностична мережа; ручна діагностична мережа, інтегрована з переносними системами; ручна діагностична мережа; немає діагностичної мережі. Ручна діагностична мережа забезпечує доступ до даних стаціонарних систем моніторингу та діагностики з комп'ютерів видалених користувачів шляхом ручних операцій з маніпуляції з адресами, пошуком потрібних файлів, режимами їх перегляду і реєстрації. Ручна діагностична мережа, інтегрована з переносними (персональними ними) системами повинна забезпечувати за допомогою ручних операцій доступ віддалених користувачів до даних, як стаціонарних СМ, так і переносних систем діагностики. Автоматична діагностична мережа повинна забезпечувати автоматичне подання на комп'ютерах віддалених користувачів повної інформації про стан обладнання при одному зверненні до мережі, отриманої як автоматичними стаціонарними СМ, так і перенесення-ними (персональними) системами діагностики. При цьому подання інформації на дисплеї користувача повинно співпадати з поданням інформації на дисплеях стаціонарних і переносних систем. Передача інформації здійснюється за допомогою виділених і комутованих телефонних каналів, провідних та оптичних ліній, радіоканалів.

**За типом управління:** автоматичні; автоматизовані; ручні. Ручні системи виконують більшість функцій моніторингу під управлінням людини-оператора. Автоматизовані системи повинні виконувати основні функції моніторингу автоматично, а допоміжні – під управлінням людини-оператора. Автоматичні системи моніторингу повинні виконувати всі функції моніторингу автоматично. Людина в автоматичних системах може використовуватися як ланка управління для видачі керуючих впливів на об'єкт.

### 1.2.3. Принципи побудовання систем моніторингу

При практичному побудованні систем моніторингу додержуються певних принципів (рис. 1.3).



Рис. 1.3 Принципи побудовання систем моніторингу

**Принцип достатності** регламентує вибір мінімального числа датчиків вторинних процесів, що супроводжують роботу машин, обладнання і технологічної системи в цілому, забезпечують можливість спостереження технічного стану. При цьому вихідний сигнал датчиків може бути представлений в широкому діапазоні амплітуд і частот з наступною обробкою його в комп'ютері (виявленням, фільтрацією, лінеаризацією, корекцією амплітудно-фазових характеристик і т.д.).

**Принцип інформаційної повноти** в загальному вигляді може бути сформульований так, що крім відомих діагностичних ознак, що описують технічний стан об'єкта відомим чином, із спектри сигналу після видалення з нього відомих ознак, виділяють залишковий «шум», характеристики якого також використовують для діагностики. При досить загальних умовах така система ознак майже ортогональна, тобто кожен з ознак відображає свій клас несправностей обладнання.

**Принцип інваріантності** регламентує вибір і селекцію таких діагностичних ознак, які інваріантні до конструкції обладнання і формі зв'язку з параметрами її технічного стану, що забезпечує застосування стандартних процедур без еталонної діагностики і прогнозування ресурсу машин і, відповідно, швидкі темпи розробки та впровадження СМ, переводячи їх у розряд стандартних промислових систем забезпечення безпеки обладнання і процесів.

**Принцип самодіагностики** всіх вимірювальних і управляючих каналів СМ реалізується подачею спеціальних стимулюючих сигналів в ланцюг датчика і комп'ютерного аналізу цього сигналу на виході системи. Таким чином, перевіряється функціонування всього тракту СМ від датчика до комп'ютерної програми та монітора. Реалізація цього принципу забезпечує легкий пуск систем в експлуатацію, простоту обслуговування і ремонту окремих каналів, високу метрологічну і функціональну надійність системи, її виживання і пристосовність до постійно мінливих умов реального виробництва.

**Принцип структурної гнучкості та програмованості** забезпечує реалізацію оптимальної паралельно-послідовною структури СМ, виходячи з критеріїв необхідної швидкодії при мінімальній вартості. Системи з паралельною зосередженою структурою мають максимальну швидкодію при максимальній вартості. Системи з послідовною розподіленою структурою мають мінімальне швидкодію при мінімальній вартості. Системи з послідовно-паралельною структурою займають проміжне положення. Вибір структури системи (ступеня паралельності) вимагає оцінки її необхідної швидкодії. Остання визначається швидкістю деградації технічного стану об'єкта, що діагностується.

**Принцип корекції** не ідеальності вимірювальних трактів обчислювальними методами на ЕОМ – нелінійності датчиків, амплітудно-фазових характеристик узгоджуваних перетворювальних трактів і т.д. забезпечує високу точність і стабільність метрологічних характеристик СМ.

**Принцип сумісності інтерфейсу** при максимальній інформаційній ємності забезпечує сприйняття оператором стану технологічної системи в цілому при одному погляді на монітор і отримання розпорядження на найближчі невідкладні дії. Здійснення цього принципу можливо тільки при наявності ЕОМ, дисплея з графічними екранами, які комплексно відображають стан об'єкта та його властивостей в автоматичному режимі і під управлінням оператора засобів мультимедіа та вбудованої експертної системи, яка діагностує стан машин і технологічної системи в цілому.

#### **1.2.4. Особливості моніторингу технічних систем**

**Моніторинг технічного стану** агрегату – це спостереження за технічним станом агрегату (конструкції, машини, вузла, механізму) для визначення й передбачення моменту переходу в граничний стан. Результат моніторингу агрегату являє собою сукупність діагнозів складових його об'єктів, одержуваних на нерозривно примикають один до одного інтервалах часу, протягом яких стан агрегату істотно не змінюється. Принциповою відмінністю моніторингу стану від моніторингу параметрів є наявність інтерпретатора виміряних параметрів в термінах технічного стану (експертної системи підтримки прийняття рішення про стан об'єкта і надалі управління)



Системи моніторингу повинні забезпечувати отримання інформації про стан обладнання (об'єкта моніторингу) у необхідній кількості і якості для забезпечення можливості спостереження його технічного стану. За результатами спостереження СМ повинні завчасно виробляти керуючі впливи, які забезпечують необхідний запас стійкості технологічної системи, якість її функціонування, створюють необхідний запас її техногенної, екологічної та економічної безпеки.

Системи моніторингу стану машинного обладнання повинні задовольняти вимогам безпеки і ставитися до систем першого класу, забезпечуючи мінімізацію статичної, динамічної помилки і ризику пропуску небезпечного стану.

Системи моніторингу механічних комплексів повинні мати, як правило, паралельно-послідовну структуру, що **забезпечує баланс між вартістю і швидкістю**, і містити датчики вторинних процесів, систему модулів, підключених до блоку керування.

Спостереження за технічним станом машин – найбільш ефективний засіб зниження витрат при переході на технічне обслуговування машин і устаткування по їх фактичному стану. При цьому економія в середньому складає близько третини витрат на ремонт та обслуговування.

Системи моніторингу з активним підключенням діагностики дають більш високі результати. По-перше, через зниження вартості цих систем, що використовують комп'ютерну техніку з високим ступенем інтеграції. По-друге, через все зростаючих можливостей комп'ютерної діагностики машин і устаткування.

Сучасна система моніторингу та діагностики технічного стану об'єкта включає в себе чотири **складові** частини:

- засоби вимірювання та аналізу сигналів;
- засоби моніторингу;
- засоби діагностики;
- засоби технічного обслуговування;

Вибір системи моніторингу зазвичай починається з оцінки їх можливостей за наступними **показниками**:

- повнота виявлення нештатних ситуацій;
- мінімальний час від виявлення дефекту до аварійної ситуації;
- ймовірність помилок при прийнятті відповідальних рішень;
- обсяги і складність вимірювань та засобів для їх проведення.

Не менш важливими питаннями є особливості переходу від виявлення нештатної ситуації до визначення її виду та ступеня небезпеки, тобто **переходу від моніторингу до діагностики**. Оскільки на практиці кожна сучасна система моніторингу має елементи систем діагностики, тому саме такі **показники** стають визначальними:

- виявлення та ідентифікація основних потенційно небезпечних дефектів на ранній стадії їх розвитку;

- мінімальний сумарний час на моніторинг та діагностику, включаючи операції вимірювання, аналізу і постановки діагнозу;

- автоматичне виконання операцій моніторингу та постановки діагнозу і прогнозу. Можливість поділу як операцій, так і результатів моніторингу та діагностики;

- модульна побудова, що дозволяє при необхідності нарощувати систему. Можливість використання переносної системи в режимі стаціонарної;

- можливості експлуатації системи оператором без спеціальної підготовки, отримання достовірних результатів з першого дня роботи і її автоматичної адаптації в міру накопичення бази даних;

- мінімальні витрати на придбання системи та її експлуатацію.

Перераховані властивості не виключають можливості виконання багатьох відомих операцій моніторингу, не згаданих вище. Так, є можливість моніторингу за різними видами сигналу або використання вже наявних датчиків, вбудованих в машину. Система може використовуватися не тільки операторами без спеціальної діагностичної підготовки, але й експертами високої кваліфікації для вимірювань і аналізу сигналів, а також як універсальний інструмент для виконання попередніх операцій діагностування. Використання мікроелектроніки з високим ступенем інтеграції дозволяє значно знизити вартість засобів вимірювання та аналізу.

Засоби моніторингу, що доповнюють засоби вимірювання, представляють собою комп'ютер з програмним забезпеченням для виявлення, ідентифікації і прогнозу розвитку дефектів у кожному контрольованому вузлі машини, що має свої особливості та принципи:

- виявлення та ідентифікація всіх дефектів на ранній стадії їх розвитку;

- висока достовірність діагнозу і прогнозу;

- повна автоматизація процесу постановки діагнозу і прогнозу;

- відсутність необхідності проведення тривалих робіт за попередньою навчання системи.

Технічний прогрес у цілому не тільки приводить до створення нових методів для досягнення більшої надійності, але й формує умови підвищеного ризику при експлуатації сучасних високотехнологічних механізмів. Стабільність функціонування переважної більшості сучасних комплексів безпосередньо залежить від безперебійної роботи складного і дорогого обладнання, що вимагає постійного контролю. Будь-який збій у роботі обладнання може стати причиною не тільки матеріальних втрат, але і аварій. Для запобігання подібних ситуацій необхідні ефективні системи моніторингу.

У зв'язку з цим зусилля розробників систем моніторингу спрямовані на створення технологій, здатних організувати безперервну автономну діагностику об'єктів у режимі реального часу.

Ринок обладнання для систем моніторингу в даний час є надзвичайно насиченим, що змушує виробників знаходити малозатратні та легкі у обслуговуванні технічні рішення.

Система моніторингу технічних об'єктів вирішує ряд **завдань**:

- безпеку об'єкта в безперервному режимі функціонування;
- зниження витрат на відновлення працездатності об'єкта після аварій;
- збір статистичної інформації про стан об'єкту.

**Основна мета моніторингу технічної системи** - безперервний збір інформації про стан об'єкту і прогнозування динаміки його розвитку (використовуючи математичні моделі, закладені в програмному забезпеченні).

Завдяки моніторингу об'єктів **досягається** наступне:

- керування об'єктом on-line;
- можливість виявлення прихованих дефектів об'єкта;
- поліпшення рівня безпеки та перешкоджання несанкціонованому доступу до об'єкта;
- підвищення рівня інформованості про об'єкт.