

Методи технічної діагностики устаткування. Концепція технічної діагностики. Діагностика технічного стану обладнання

13.03.2020 Онлайн сервіси

5.1. Загальне поняття про оцінку технічного стану обладнання

Технічний стан— стан обладнання, яке характеризується у певний момент часу за певних умов [зовнішнього середовища](#) значеннями параметрів, встановлених регламентуючою документацією.

Контроль технічного стану— перевірка відповідності значень параметрів обладнання вимогам, встановленим документацією, та визначення на цій основі одного із заданих видів ТЗ на даний момент часу.

Залежно від необхідності проведення ТОіР розрізняють такі *види ТЗ* :

- *гарне*- ТОіР не потрібні;
- *задовільний*- ТОіР здійснюються відповідно до плану;
- *погане*— проводяться позачергові роботи з ТОіР;
- *аварійне*- Потрібна негайна зупинка та ремонт.

З метою встановлення фактичного ТЗ обладнання, виявлення дефектів, несправностей, інших відхилень, які можуть призвести до відмов, а також для планування проведення та уточнення термінів та обсягів робіт з ТОіР проводяться технічні обстеження (огляди, огляди, діагностування). Технічні обстеження обладнання, експлуатація якого регламентується [нормативними актами](#), проводиться у порядку, встановленому відповідними нормативними актами.

Технічний огляд- Захід, що виконується з метою спостереження за ТЗ обладнання.

Технічний огляд- Зовнішній та внутрішній огляд обладнання, випробування, що проводяться в строк та в обсягах, відповідно до вимог документації, у тому числі нормативних актів, з метою визначення його ТЗ та можливості подальшої експлуатації.

Технічне діагностування— комплекс операцій або операція щодо встановлення наявності дефектів та несправностей обладнання, а також щодо визначення причин їх появи.

5.2. Методи оцінки технічного стану обладнання

Розрізняють суб'єктивні та об'єктивні методи оцінки ТЗ обладнання.

Під *суб'єктивними (органолептичними)* методами маються на увазі такі методи оцінки ТЗ обладнання, при яких для збору інформації використовуються органи чуття людини, а також найпростіші пристрої та пристрої, призначені для збільшення чутливості в рамках діапазонів, властивих органам чуття людини. При цьому для аналізу зібраної інформації використовується аналітико-розумний апарат людини, що базується на отриманих знаннях та досвіді. До суб'єктивних методів оцінки ТЗ відносять візуальний огляд, контроль температури, аналіз шумів та інші методи.

Під *об'єктивними (приладовими)* методами маються на увазі такі методи оцінки ТЗ, при яких для збору та аналізу інформації використовуються спеціалізовані пристрої та прилади, електронно-обчислювальна техніка, а також відповідне програмне та нормативне забезпечення. До об'єктивних методів оцінки ТЗ належать вібраційна діагностика, методи неруйнівного контролю (магнітний, електричний, вихрострумний, радіохвильовий, тепловий, оптичний, радіаційний, ультразвуковий, контроль проникаючими речовинами) та інші.

5.3. Порядок та особливості проведення візуального огляду обладнання

Порядок проведення оглядів обладнання ґрунтується на послідовному обстеженні його елементів з кінематичного ланцюга їх навантаження, починаючи від приводу до **виконавчого елемента**. Для цього необхідно знати конструкцію обладнання, склад та взаємодію його елементів.

Спочатку проводиться *загальний* огляд обладнання та навколишніх його об'єктів. Під час загального огляду вивчається картина стану устаткування. Загальний огляд може мати самостійний характер і застосовується при **періодичних оглядах** обладнання технологічним персоналом.

Під *детальним* розуміється ретельний огляд конкретних елементів устаткування. Детальний огляд залежно від вимог відповідних нормативних та методичних документів, проводиться у певному обсязі та порядку. У всіх випадках детальному огляду має передувати загальний огляд.

Загальний та детальний огляд можуть проводитись при статичному та динамічному режимі обладнання. При *статичному* режимі елементи обладнання оглядаються в нерухомому стані. Огляд обладнання при *динамічному* режимі проводиться на робочому навантаженні, холостому ході і при тестових навантаженнях (випробуваннях).

Огляд обладнання при включенні чи зупинці механізму орієнтується переважно на контроль якості затягування різьбових з'єднань, відсутність тріщин корпусних деталей, цілісність сполучних елементів. У робочому режимі додатково перевіряються биття валів, муфт, витоку. **мастильного матеріалу**, відсутність контакту рухомих та нерухомих деталей

При огляді можуть бути використані три основні способи: концентричний, ексцентричний, фронтальний. При *концентричному* Метод () огляд ведеться по спіралі від периферії елемента до його центру, під яким зазвичай розуміється середня умовно обрана точка. При *ексцентричному* Метод () огляд ведеться від центру елемента до його периферії (по спіралі, що розгортається). При *фронтальному* Метод () огляд ведеться у вигляді лінійного переміщення погляду по площі елемента від однієї його межі до іншої.

Рисунок 5.1 – Концентричний спосіб огляду деталей



Рисунок 5.2 – Ексцентричний спосіб огляду деталей

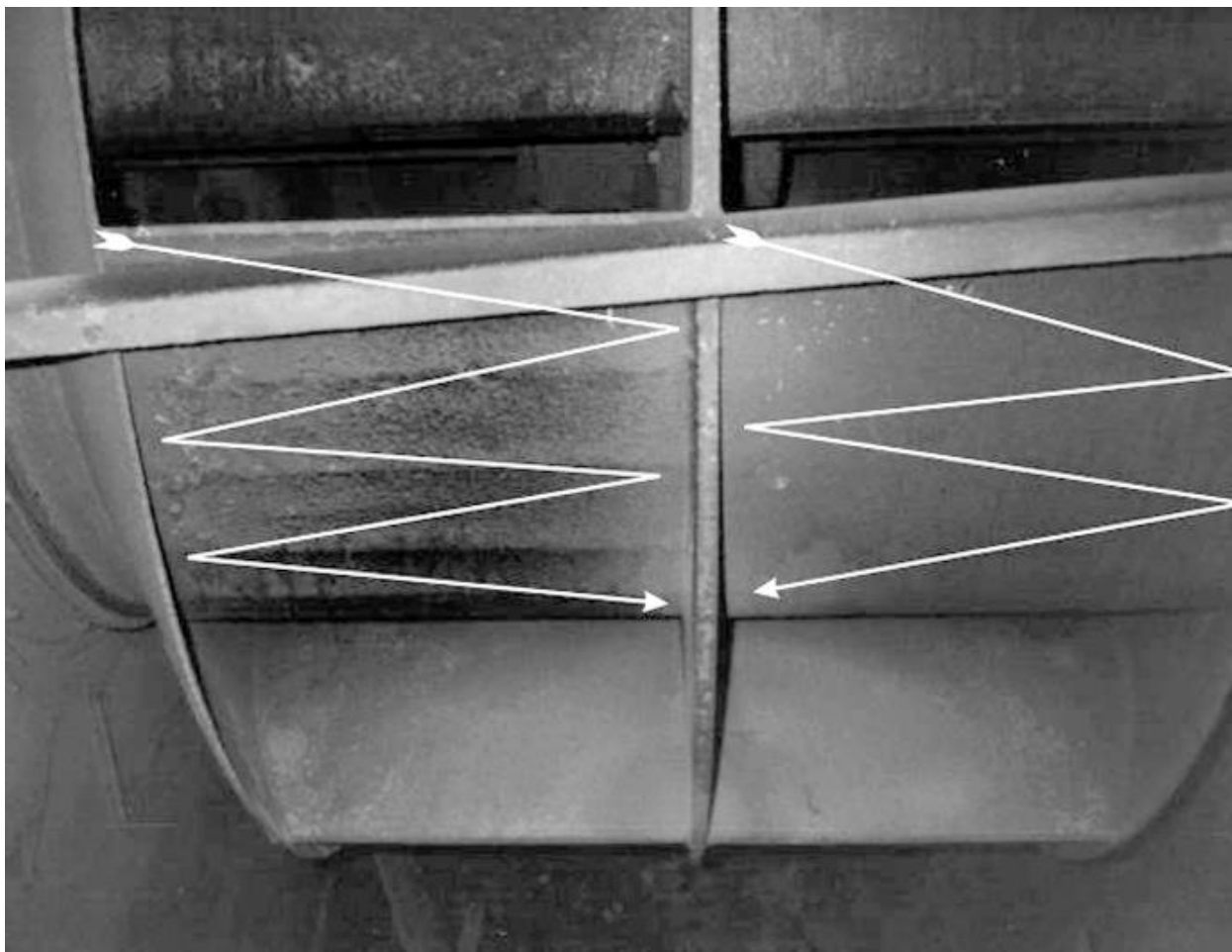


Рисунок 5.3 – Фронтальний спосіб огляду деталей

При виборі способу огляду враховуються конкретні обставини. Так, огляд приміщення, де встановлено обладнання, рекомендується проводити від входу концентричним способом. Огляд елементів круглої форми доцільно вести від центру до периферії (ексцентричним способом). Фронтальний огляд краще використовувати, коли оглядана площа велика і її можна розділити на лінії.

Під ідентифікацією дефектів та пошкоджень мається на увазі віднесення несправностей до певного класу або виду (втома, знос, деформація, фреттинг-корозія тощо). Ідентифікуючи дефект чи пошкодження, знаючи його природу, фахівець надалі може визначити причини появи несправності та її впливу на ТЗ устаткування. Ідентифікація виявлених дефектів та пошкоджень здійснюється шляхом порівняння їх характерних ознак з відомими зразками або описами, які для зручності користування можуть збиратися та систематизуватись у ілюстрованих каталогах ().

Таблиця 5.1 – Приклад каталогу (бази даних) опису несправностей, дефектів та пошкоджень

Зовнішній вигляд ушкодження	Опис пошкодження	Причини виникнення
		<ul style="list-style-type: none"> Вплив змінних навантажень при напругах у матеріалі, що досягають межі витривалості.

		<ul style="list-style-type: none"> • Перекіс валів редуктора. • Розбіжність кутів нахилу зубів шестерні та колеса.
		<ul style="list-style-type: none"> • Перевантаження механізму. • Низька якість поковки. • Неправильно вибрана марка сталі.

Завершальна стадія полягає у додатковому огляді елементів устаткування уточнення раніше отриманих результатів та його реєстрації у звітних формах.

Реєстраційні форми— це певний порядок запису результатів опитування, власне огляду та доповнюючі їх графічні зображення деталей та об'єкта загалом: малюнки, ескізи, креслення, фотознімки тощо. На графічних зображеннях повинні позначатися точка початку огляду та його напрямок, місця розташування виявлених дефектів та пошкоджень.

Формалізація результатів проведення огляду здійснюється протоколом огляду. У протоколі огляду відбивається те, що фахівець мав можливим виявити під час огляду, у вигляді, у якому виявлене спостерігалось. Висновки, висновки, припущення фахівця про причини виникнення дефектів та ушкоджень залишаються за рамками протоколу та зазвичай оформлюються окремим актом чи звітом. Не заносяться до протоколу та повідомлення осіб про раніше виявлені відхилення, а також зміни обстановки, що відбулися до прибуття фахівця. Такі повідомлення оформлюються самостійними протоколами.

До складання протоколу огляду треба підходити з урахуванням те, що може виступати як самостійного документа. З цієї метою протокол складається короткими фразами, що дають точний і ясний опис об'єктів, що розглядаються. У протоколі використовуються загальноприйняті висловлювання і терміни, однакові об'єкти позначаються одним і тим самим терміном протягом усього протоколу. Опис кожного об'єкта огляду йде від загального до приватного (спочатку подається [Загальна характеристика](#) огляданого обладнання, його розташування на місці огляду, а потім описується стан та приватні ознаки). Повнота опису об'єкта визначається передбачуваною значимістю та можливістю збереження даних. Фіксуються всі наявні ознаки дефектів і особливо ті, які можуть бути втрачені. Кожен наступний об'єкт описується після завершення опису попереднього. Об'єкти, пов'язані між собою, описуються послідовно для того, щоб дати більш точне уявлення про їх взаємозв'язок. Кількісні величини зазначаються у загальноприйнятих метрологічних величинах. Не допускається вживання невизначених величин («поблизу», «осторонь»,

«біля», «поруч», «майже», «недалеко» тощо). У протоколі зазначається факт виявлення кожного із слідів і предметів, щодо кожного об'єкта вказується, що було з ним зроблено, які засоби, прийоми, методи були використані. При описі обладнання та окремих його елементів у протоколі наводяться посилання на плани, схеми, креслення, ескізи та фотографії. Кожен елемент обладнання повинен мати окремий запис про результати його огляду. Висновки протоколу повинні містити інформацію про наявність та характер дефектів, а за неможливості його встановлення – про необхідність подальшого проведення ідентифікації.

– важливий процес, який має регулярно проводитися на промислових підприємствах.

Якісне та своєчасне здійснення операцій, виконане згідно [нормативним документам](#), здатне запобігти потенційним поломкам і неполадкам спеціалізованого оснащення.

Діагностика технологічного обладнання виконує безліч функцій та завдань.

Однією з пріоритетних для [даного процесу](#) є забезпечення безпечною та [якісною роботою](#) верстатів, апаратів та машин на вітчизняних підприємствах. Діагностика також забезпечує надійність об'єкта.

Якісно проведене обстеження гарантує скорочення витрати [матеріальних ресурсів](#) підприємства на обслуговування, а також під час проведення планово-попереджувальних ремонтів (ППР).

Виконання діагностики верстатів, інструменту, машин дозволяє оцінити реальний стан обладнання на даний момент.

Діагностика також виявляє точне місце локації потенційної або існуючої неполадки. Оцінюючи показники працездатності обладнання, можна встановити потужність та ефективність його трудової експлуатації.

За допомогою загальної оцінки технічного стану техніки складається прогноз на його подальше використання та визначається точний час його максимальної експлуатації на виробництві.

До діагностичних параметрів відносяться два види: прямі та непрямі. У цьому перші характеризують безпосередньо [нинішній стан](#) об'єкта, а другі говорять про функціональну залежність прямих параметрів.

Методи діагностики технологічного обладнання

Діагностика технологічного обладнання відбувається за допомогою різних методів, зокрема:

- органолептичні;
- вібраційних;
- акустичних;
- теплових;
- магнітно-порошкових;
- вихрових;
- ультразвукові;

Всі ці методи поширені в оцінці стану об'єктів на промислових підприємствах.

При цьому важливо пам'ятати, що діагностика технологічного обладнання має недоліки. Одним із них є пропуск неполадки при дослідженні. Це може стати причиною поломки обладнання або призвести до отримання **виробничих травм** робітників.

Ще одним великим недоліком технологічної діагностики є виникнення великої ймовірності, що тривога була хибною та потенційні загрози для роботи обладнання відсутні.

Огляд агрегатів вимагає насамперед часу. При цьому все обладнання залишається не робітником, що призводить до простоювання.

Оснащеність матеріально-технічної бази має значення для кожного підприємства. Особливо ретельно потрібно стежити за справністю обладнання, своєчасною заміною розхідників. Це сприяє ефективному функціонуванню підприємства.

Планово-попереджувальні роботи на всіх організаціях здійснюються шляхом регулярних перевірок згідно з усіма вимогами нормативних документів.

Сучасні методи діагностування технологічного обладнання на виставці

Уявіть **кращі зразки** металообробної техніки, а також **інноваційні технології** у сфері обробки металовиробів. У тому числі обговорюватимуться **сучасні методи** діагностування технологічного обладнання

Традиційно виставка відбудеться у міжнародному комплексі «Експоцентр».

Провідні вітчизняні та закордонні фахівці представлять останні розробки, розкажуть про проблеми та перспективи розвитку галузі.

Додаток 8

Технічна діагностика обладнання

загальні положення

Цілі, завдання та основні принципи технічного діагностування (ТД) обладнання розглянуті у розділі 3.3. У цьому Додатку коротко розглянуто методику і наведено одне із загальних методів організації ТД для підприємства.

Вимоги до обладнання, що переводиться на технічне діагностування

Відповідно до ГОСТ 26656-85 та ГОСТ 2.103-68 при переведенні обладнання на стратегію ремонту за технічним станом насамперед вирішується питання про його пристосованість для встановлення на ньому засобів ТД.

Про пристосованість устаткування, що знаходиться в експлуатації, до ТД судять щодо дотримання показників надійності та наявності місць для встановлення діагностичної апаратури (датчиків, приладів, монтажних схем).

Далі визначають перелік обладнання, що підлягає ТД, за ступенем його впливу на потужнісні (виробничі) показники виробництва з випуску продукції, а також на основі результатів виявлення вузьких місць за

надійністю в технологічних процесах. До цього обладнання, зазвичай, пред'являються підвищені вимоги надійності.

Відповідно до ГОСТ 27518-87 конструкція обладнання має бути пристосована для ТД. Відповідно до ГОСТ 26656-85 під пристосованістю до ТД розуміється властивість обладнання, що характеризує його готовність до проведення контролю за заданими методами та засобами ТД.

Для забезпечення пристосованості обладнання до ТД його конструкція має передбачати:

- можливість доступу до контрольних точок шляхом розкриття технологічних кришок та люків;
- наявність настановних баз (майданчиків) для встановлення віброметрів;
- можливість підключення та розміщення в закритих рідинних системах засобів ТД (манометрів, витратометрів, гідротесторів у рідинних системах) та підключення їх до контрольних точок;
- можливість багаторазового приєднання та від'єднання засобів ТД без пошкодження пристроїв сполучення та самого обладнання внаслідок порушення герметичності, забруднення, потрапляння сторонніх предметів у внутрішні порожнини тощо.

Перелік робіт із забезпечення пристосованості обладнання до ТД наводиться в технічному завданні на модернізацію устаткування, що перекладається на ТД.

Після визначення переліку обладнання, що переводиться на ремонт за технічним станом, готується виконавча технічна документація щодо розробки та впровадження засобів ТД та необхідної модернізації обладнання. Перелік та черговість розробки [виконавчої документації](#) наведено у табл. 1.

Таблица 1

Перелік виконавчої документації на діагностування

Вибір діагностичних параметрів та методів технічного діагностування

Визначаються параметри, які підлягають постійному чи періодичному контролю перевірки алгоритму функціонування та забезпечення оптимальних режимів роботи (технічного стану) устаткування.

За всіма агрегатами та вузлами обладнання складається перелік можливих відмов. Попередньо проводиться збір даних про відмови обладнання, що оснащується засобами ТД, або його аналогів. Аналізується механізм виникнення та розвитку кожної відмови та намічаються діагностичні параметри, контроль яких, планове технічне обслуговування та поточний ремонт можуть запобігти відмові. Аналіз відмов рекомендується проводити за формою, поданою в табл. 2.

Таблица 2

Форма для аналізу відмов та вибору діагностичних параметрів, методів та засобів технічного діагностування

(наименование оборудования)						
Прогнози- руемый характер отказа	Возмож- ные причи- ны отказов	Физи- ческая сущ- ность отказа	Неис- прав- ность, предше- ствующая отказу	Диагности- ческий параметр и метод диагности- рования	Средства ТД	Встроенное или внешнее средство ТД

По всіх відмови намічаються діагностичні параметри, контроль яких допоможе оперативно знайти причину відмови, і метод ТД (табл. 3).

Таблица 3

Методи технічного діагностування

Наименование метода	Определение метода	Объекты ТД	Целевое назначение метода
Контроль правильности функционирования			
Функциональных циклограмм	Проверка соответствия положения (переключения) всех электро-, гидро-, пневмоаппаратов схемы функциональной циклограмме, представленной в табличной форме, а также установление порядка срабатывания аппаратов схемы при переходе от одного режима работы к другому	Сложные электро-, гидро-, пневмосхемы технологических линий, комплексов, сложного оборудования	Поиск причин отказов
Контроль правильности функционирования			
Фотографирование циклограмм	Определение времени выполнения исполнительными органами рабочих и вспомогательных операций и сопоставление с проверенной при испытаниях расчетной циклограммой	Автоматические линии, автоматизированные комплексы, модули и т. д.	Проверка правильности функционирования
Эталонных характеристик	Сравнение значения контролируемого параметра с эталонным значением	Технологические линии, комплексы, сложное оборудование	То же
Эталонных зависимостей	Сравнение экспериментально полученной функциональной зависимости в любой момент времени работы с эталонной или расчетной зависимостью	То же	Поиск причин отказов, предупреждение отказов
Тестов	Определение правильности функционирования с помощью контрольных тестов	Система программного управления	Проверка правильности функционирования
Контроль технического состояния оборудования			
Органолептический	Определение причин отказов и неисправностей оборудования с помощью органов чувств	Механические системы оборудования	Поиск причин отказов, предупреждение отказов

Термометри	Определение технического состояния оборудования с помощью измерения температуры деталей и сборочных единиц	Муфты включения, тормоза, подшипники, электроприводы и другое оборудование	Предупреждение отказов
Виброакустической диагностики	Определение технического состояния оборудования с помощью измерения параметров вибраций или шума	Приводы, редукторы, трубопроводы гидросистем и т. п. оборудование	Поиск причин отказов, предупреждение отказов
Искусственных баз и определения содержания продуктов износа в масле	Определение технического состояния оборудования с помощью измерения износа деталей	Изнашивающиеся детали оборудования	Прогнозирование ресурсов (срока службы) деталей и соединений

Визначається номенклатура деталей, зношування яких призводить до відмови.

Визначаються параметри, контроль яких необхідний прогнозування ресурсу чи терміну служби деталей і з'єднань.

На практиці набули поширення діагностичні ознаки (параметри), які можна розділити на три групи:

параметри робочих процесів (динаміка зміни тиску, зусилля, енергії), що безпосередньо характеризують технічний стан обладнання;

параметри супутніх процесів або явищ (теплове поле, шуми, вібрації та ін.), що побічно характеризують технічний стан;

параметри структурні (зазори у сполученнях, зношування деталей та ін), що безпосередньо характеризують стан конструктивних елементів обладнання.

Складається зведений перелік відмов, що діагностуються, **можливі причини** відмов, що передують відмові несправності тощо.

Досліджується можливість скорочення кількості контрольованих параметрів за рахунок застосування узагальнених (комплексних) параметрів:

встановлюють діагностичні параметри, що характеризують загальний технічний стан деталей обладнання, технологічного комплексу, лінії, об'єкта загалом, їх окремих частин (агрегатів, вузлів та деталей);

встановлюються приватні діагностичні параметри, що характеризують технічний стан окремого сполучення у вузлах та агрегатах.

Для зручності та наочності методів та засобів ТД розробляються функціональні схеми контролю параметрів **технологічних процесів** та технічного стану обладнання.

економічну ефективність процесу ТД;

достовірність ТД;

наявність датчиків і приладів, що випускаються; універсальність методів та засобів ТД.

Проводяться дослідження вибраних діагностичних ознак визначення діапазонів їх зміни, гранично допустимих значень, моделювання відмов і несправностей.

Вибираються кошти ТД. При необхідності складається заявка створення (придбання) коштів ТД, датчики, прилади, монтажні схеми тощо.

Розробляється технологія ТД, **технічні вимоги** до діагностичного обладнання.

За результатами аналізу відмов устаткування розробляються заходи щодо підвищення надійності устаткування, зокрема розробка коштів ТД.

Засоби технічної діагностики

По виконанню кошти ТД поділяють на: зовнішні – які є складовою об'єкта діагностування;

вбудовані – із системою вимірювальних перетворювачів (датчиків) вхідних сигналів, виконаних у загальній конструкції із обладнанням діагностування як його складова частина.

Зовнішні засоби ТД поділяють на стаціонарні, пересувні та переносні.

Якщо прийнято рішення про діагностування обладнання зовнішніми засобами, то в ньому мають бути передбачені контрольні точки, а в посібнику з експлуатації засобів ТД необхідно вказати їхнє розташування та описати технологію контролю.

У устаткування вбудовуються кошти ТД, інформація яких повинна надходити безперервно чи періодично. Ці засоби контролюють параметри, вихід значень яких за нормативні (граничні) значення спричиняє **аварійну ситуацію** і найчастіше може бути передбачений заздалегідь у періоди технічного обслуговування.

За ступенем автоматизації процесу управління кошти ТД поділяють на автоматичні, з ручним управлінням (неавтоматичні) та з автоматизовано-ручним управлінням.

Як правило, автоматичні засоби ТД містять джерела впливів (у системах тестового діагнозу), вимірювальні перетворювачі, апаратуру розшифрування та зберігання інформації, блок розшифрування результатів та видачі впливів, що управляють.

Кошти ТД з автоматизовано-ручним управлінням характеризується тим, що частина операцій ТД виконується автоматично, здійснюється світлова або звукова сигналізація або примусове відключення приводу при досягненні граничних значень параметрів, а частина параметрів візуально контролюється за показаннями приладів.

Можливості автоматизації діагностування значно розширюються під час використання сучасної комп'ютерної техніки.

У технічні завдання на розробку засобів ТД, що вбудовуються у гнучкі **виробничі системи** рекомендується включати вимоги забезпечення автоматичного діагностування обладнання з глибиною пошуку дефекту (відмови) до основного вузла.

При створенні засобів ТД для технологічного обладнання можуть застосовуватися різні перетворювачі (датчики) неелектричних величин електричні сигнали, аналого-цифрові перетворювачі аналогових сигналів в еквівалентні значення **цифрового коду**, сенсорні підсистеми технічного зору

До конструкцій та типів перетворювачів (датчиків), що застосовуються для засобів ТД, рекомендується пред'являти такі вимоги:

малогабаритність та простота конструкції, пристосованість для розміщення у місцях з обмеженим обсягом розміщення апаратури;

можливість багаторазової установки та зняття датчиків при мінімальній трудомісткості та без монтажу обладнання;

відповідність метрологічних характеристик датчиків інформаційним характеристикам діагностичних параметрів;

висока надійність і стійкість до перешкод, включаючи можливість експлуатації в умовах електромагнітних перешкод, коливач напруг і частоти живлення;

стійкість до механічних впливів (удари, вібрації) та зміни параметрів **довкілля**(температура, вологість);

простота регулювання та обслуговування.

Завершальним етапом створення та впровадження коштів ТД є розробка документації.

експлуатаційна **конструкторська документація**;

технологічна документація;

документація на організацію діагностування.

Експлуатаційна конструкторська документація - це посібник з експлуатації на об'єкт діагностування за ГОСТ 26583-85, який повинен включати посібник з експлуатації засобу ТД, у тому числі конструкцію та опис пристроїв сполучення з об'єктом.

У посібнику з експлуатації задають режими роботи устаткування, у яких проводиться діагностування.

Технологічна документація на ТД включає:

технологію виконання;

черговість виконання робіт;

технічні вимоги виконання операцій ТД. p align="justify"> Основним робочим документом є технологія ТД даної моделі (типу) обладнання, яка повинна містити: перелік засобів ТД;

перелік та опис контрольно-діагностичних операцій;

номінальні допустимі та граничні значення діагностичної ознаки;

Показники режиму роботи під час проведення ТД.

Крім експлуатаційної, технологічної та організаційної документації на кожен об'єкт, що перекладається, розробляються програми прогнозування залишкового та прогнозованого ресурсу.

Прогнозування залишкового ресурсу за допомогою математичних моделей

Апаратний пошук несправностей, розглянутий вище, необхідний як усунення відмов, але й прогнозування залишкового і прогнозованого ресурсів. Прогнозування – це передбачення технічного стану, у якому об'єкт опиниться у деякий час. Це одне з найважливіших завдань, яке доводиться вирішувати під час переходу на ремонт за технічним станом.

Складність прогнозування у тому, що доводиться залучати математичний апарат, який завжди дає досить точну (однозначний) відповідь. Проте без нього обійтися в цьому випадку не можна.

Вирішення завдань прогнозування дуже важливе, зокрема, для організації планово-попереджувального ремонту об'єктів за технічним станом (замість обслуговування за термінами або ресурсом). Безпосереднє перенесення методів розв'язання задач діагностування на завдання прогнозування неможливе через відмінність моделей, з якими доводиться працювати: при діагностуванні моделлю зазвичай є опис об'єкта, тоді як при прогнозуванні необхідна модель процесу еволюції. **технічних характеристик** об'єкт у часі. Через війну діагностування щоразу визначається лише одна «точка» зазначеного процесу еволюції для поточного моменту (інтервалу) часу. Тим не менш, добре організоване діагностичне забезпечення об'єкта зі зберіганням усіх попередніх результатів діагностування може дати корисну та об'єктивну інформацію, що є передісторією (динамікою) розвитку процесу зміни технічних характеристик об'єкта в минулому, що може бути використане для систематичної корекції прогнозу та підвищення його достовірності.

Математичні методи та моделі для прогнозування залишкового ресурсу обладнання описані у спеціальній літературі.

Прогнозування залишкового ресурсу методом експертних оцінок

При розрахунку залишкового ресурсу найчастіше виникають труднощі, пов'язані з відсутністю об'єктивної інформації, необхідної для прийняття рішень за методом, розглянутим у попередньому розділі. У більшості випадків такі рішення приймаються на основі врахування думок кваліфікованих спеціалістів (експертів) шляхом проведення експертного опитування. При цьому експертні висновки дає робоча група, загальна думка якої формується внаслідок дискусії.

Існує кілька способів експертної оцінки, а саме: безпосередньої оцінки, ранжування (рангової кореляції), попарного зіставлення, балів (бальних оцінок) та послідовних зіставлень. Всі ці способи відрізняються один від одного підходами до постановки питань, на які відповідають експерти, так і проведенням експериментів і обробки результатів опитування. Разом з тим їх поєднує загальне – знання та досвід фахівців у цій галузі.

Найбільш простим та об'єктивним способом експертної оцінки є спосіб безпосередньої оцінки, який широко застосовується для визначення залишкового ресурсу на основі діагностування технічного стану обладнання. Перевагою цього є висока точність результатів розрахунку, і навіть можливість одночасного прогнозування ресурсу відразу з кількох типам (зразкам) устаткування.

Для експертної оцінки ресурсу устаткування для підприємства створюється постійно діюча робоча група, яка розробляє **необхідну документацію**, організує процедуру опитування експертів, обробляє та аналізує отриману інформацію.

Керівником робочої групи має бути **відповідальна особа**, що здійснює, при необхідності, визначення залишкового ресурсу обладнання та дає висновок про тривалість роботи без зупинки на **капітальний**

ремонтна певний час(До чергового поточного ремонту). Він узгоджує з головним механіком (енергетиком) підприємства склад робочої групи, складає програму, бере участь в опитуванні експертів, аналізує попередні результати. За наявності на підприємстві лабораторії ТД (як основної ланки під час переведення на стратегію ремонту за технічним станом) керівником робочої групи призначається завідувач цієї лабораторії.

До складу робочої групи крім безпосередніх виконавців доцільно включати технічних працівників ОДМ та ОДЕ, старших механіків, механіків (майстрів) цехів, стаж яких з експлуатації та ремонту даного обладнання становить не менше п'яти років. До складу робочої групи не слід включати начальників цехів, відділів, служб тощо, авторитетні судження яких можуть вплинути на об'єктивність експертних оцінок, а також на остаточне рішення робочої групи.

До обов'язків робочої групи входить:

підбір спеціалістів-експертів;

вибір найбільш прийнятного методу експертних оцінок та відповідно до цього розробка процедури опитування та складання опитувальних листів;

проведення опитування;

обробка матеріалів опитування;

аналіз отриманої інформації;

синтез об'єктивної та суб'єктивної інформації з метою отримання оцінок, необхідних для прийняття рішень.

Керівник робочої групи перед організацією експертного опитування має надати експертам максимально можливу кількість об'єктивних даних щодо діагностування всіх агрегатів, вузлів, з'єднань та деталей по кожній одиниці обладнання, що є у розпорядженні робочої групи, паспорти, ремонтні журнали та іншу технічну документацію за весь термін служби обладнання. Шляхом проведення інструктажу необхідно інформувати експертів про джерела виникнення даного питання, шляхах вирішення подібних питань у минулому на інших підприємствах та устаткуванні, тобто підвищити кваліфікацію (інформативність) експертів у даному питанні.

При відпрацюванні експертних опитувальних листів слід особливу увагу звернути на правильність питань. Питання мають бути короткими (так, ні), не повинні допускати подвійного тлумачення.

При формуванні експертної групи слід враховувати, що основний параметр експертної групи - узгодженість думок експертів - залежить від ряду факторів: інформативності експертів, взаємовідносин між ними, організаційних аспектів опитувальних процедур, їх складності тощо. Число експертів, що входять до групи, залежить від їх інформативності і має становити від 7 до 12 експертів, в окремих випадках 15–20 осіб.

Для організаційного оформлення робочої експертної групи видається наказ на підприємстві, у якому зазначаються завдання групи, керівник та члени групи, строки заповнення експертних листів, строк закінчення роботи.

Для проведення експертного опитування готуються спеціальні опитувальні листи.

При організації експертного опитування робоча група повинна враховувати, що експерту, як будь-якій людині, важко без значної помилки виносити рішення у випадках, коли є більш ніж сім альтернатив,

наприклад, призначати вагу (значність) більш ніж семи властивостям (показникам). Тому не можна представляти експертам список із кількох десятків властивостей (показників) та вимагати від них призначити ваги цим властивостям (показникам).

У тих випадках, коли потрібно оцінити велику кількість властивостей (факторів, показників, параметрів), їх необхідно попередньо розділити на однорідні групи (за функціональним призначенням, приналежністю та ін.) так, щоб кількість показників, що входять до однорідної групи, не перевищувала 5–7.

Після ознайомлення експертів зі станом досліджуваного питання керівник робочої групи роздає їм опитувальні листи та [пояснювальні записки](#). При цьому найбільш авторитетний співробітник робочої групи роз'яснює експертам ті положення опитувального листа, які недостатньо добре зрозумілі.

Отримавши заповнений опитувальний лист, керівник робочої групи за необхідності ставить експерту питання уточнення отриманих результатів. Це дозволяє з'ясувати, чи правильно зрозумілі експертом питання опитувального листа і чи відповіді відповідають його істинній думці.

У процесі опитування працівники робочої групи не повинні висловлювати експерту свої міркування щодо його відповідей, щоб не нав'язувати йому свою думку.

Після обробки результатів опитування проводиться ознайомлення кожного експерта із значеннями оцінок, призначеними всіма іншими експертами, що входять до експертної групи.

Кожен експерт, ознайомившись із анонімними думками інших експертів, знову заповнює опитувальний лист.

Допускається проведення та відкритого обговорення результатів опитування. Кожен експерт при цьому має можливість коротко аргументувати свої судження та критикувати інші думки. Для виключення можливого впливу службового становища на думку експертів, бажано, щоб експерти висловлювалися в послідовності від молодшого до старшого (за службовим становищем).

У переважній більшості випадків двох турів опитування буває цілком достатньо для ухвалення обґрунтованого рішення. У випадках, коли потрібно підвищити точність оцінок шляхом збільшення обсягу статистичної вибірки (кількістю відповідей), а також за низької узгодженості думок експертів, експертне опитування може бути проведене у три тури.

Результатом опитування є визначення шуканого параметра прогнозування з урахуванням аналізу відповідей експертів.

Отриманий по [експертним оцінкам](#) показник слід розглядати як випадкову величину, відображенням якої є індивідуальна думка експерта.

Коли значення якогось показника невідоме, щодо нього спеціаліст-експерт завжди має інтуїтивну інформацію. Природно, що ця інформація певною мірою є невизначеною, а ступінь невизначеності залежить від рівня знань та технічної ерудиції фахівця-експерта. Завдання робочої групи полягає в тому, щоб отримати цю неясну інформацію та надати їй математичну форму.

Технічна діагностика є засобом підтримки заданого рівня надійності, забезпечення вимог безпеки та ефективності використання об'єктів. Технічний стан об'єкта може бути характеризується вказівкою дефектів, що порушують справний та працездатний стан, а також правильність функціонування та відносяться до деталей, вузлів або об'єкта в цілому.

Процес визначення технічного стану об'єкта в результаті пошуку та виявлення дефектів із зазначенням при необхідності місця, виду та причини дефектів називається технічним діагностуванням. Традиційне

визначення технічного стану об'єкта передбачає зупинку та розбирання обладнання. Це пов'язано зі значними витратами часу та засобів, а також з порушенням сполучення деталей, що різко збільшує знос сполучення та знижує довговічність.

Виявлення дефекту зазвичай проводиться за допомогою штатних контрольно-вимірювальних приладів та спеціальних (діагностичних) технічних засобів і базується на контролі та (або) спеціальних випробуваннях (тестах). Застосування засобів технічного діагностування, що дозволяють визначити технічний стан об'єкта та його залишковий ресурс без розбирання на деталі, а можливо, і без виключення з роботи, за параметрами як робочих процесів, так і супутніх роботі, може підвищити ефективність експлуатації об'єкта внаслідок зниження витрат ресурсів на технічне обслуговування та ремонт внаслідок скорочення обсягу робіт, кількості витратних запасних частин і матеріалів, підвищення рівнів надійності, оскільки немає періодично проведених складально-розбірних операцій, що знижують довговічність об'єкта, та безпеки.

Типова структура системи технічного діагностування (тобто сукупності технічних засобів та об'єкта діагностування, а іноді і виконавців) у найпростішому варіанті включає: діагностичні датчики, що сприймають діагностичну інформацію від об'єкта; перетворювачі, які перетворюють сигнали від датчиків уніфікований вигляд, зручний для обробки; пристрої обробки інформації та пристрої виведення інформації.

Системи діагностування поділяють: за рівнем спільності інформації - на локальну і загальну; за характером взаємодії з об'єктом – на тестову та функціональну. Локальне діагностування служить з метою оцінки технічного стану окремих вузлів і деталей, а загальне діагностування - переважно об'єкта загалом. Тестова система формує вплив, що подається на об'єкт, що перевіряється з метою отримати від нього відповідну інформацію. Функціональна система реєструє інформацію про стан об'єкта у його функціонування. Системи діагностування призначаються на вирішення наступних завдань: перевірка справності, працездатності і функціонування; пошук дефектів.

Системи технічного діагностування застосовують при **технічне обслуговування**, тобто при використанні за призначенням, перед та після використання; а також при ремонті, перед ремонтом для уточнення обсягу робіт та після ремонту для оцінки якості.

Робота холодильних об'єктів зазвичай супроводжується супутніми процесами (теплообміном, масообміном, вібрацією та ін.), параметри яких відображають технічний стан об'єкта та містять необхідну для діагностування інформацію. Такі параметри називають діагностичними параметрами; вони є фізичними величинами і може бути безпосередньо виміряні на працюючому чи непрацюючому об'єкті. Наприклад, компресор як об'єкт діагностування можна як комплексу вузлів і деталей, стан яких відбивається діагностичними параметрами: режиму роботи (температура, тиск); функціонування (холодопродуктивність, витрата олії та електроенергії); супутніх процесів (характеристики віброакустичних сигналів, масова частка домішок у маслі); геометричними (розмір, зазор, биття).

Характеристики віброакустичних сигналів (спектр, енергія, функція тимчасового розвитку), що відображають ударні взаємодії в кінематичних нарах поршневих компресорів невеликої холодопродуктивності, є основою системи діагностики, за допомогою яких визначають дефекти, що зароджуються, поточні зазори, гранично допустимі зноси. Стан середовищ, які контактують з об'єктом, також дає певну інформацію. Наприклад, мастило завжди містить частинки матеріалу поверхонь, що труться. Їхня масова частка характеризує інтенсивність зношування поверхонь. Так, використання методу спектрального аналізу проб мастила дозволяє виявити концентрацію всіх металів, присутніх в маслі, і визначити швидкість зношування навіть окремих сполучень, якщо вони виготовлені з різних матеріалів.

Присутність холодоагенту в повітрі приміщення, охолоджувачі, що охолоджує воді свідчить про наявність течій. Методи високочастотної акустики застосовують визначення тріщин в стінках апаратів, трубопроводів, кавітації в насосах, течій в сполуках.

Закономірності зміни діагностичних параметрів у часі, зазвичай, аналогічні закономірностям зміни параметрів технічного стану об'єктів. У процесі роботи діагностичні параметри змінюються від початкового значення до гранично припустимого деяку напрацювання. Вимірюючи поточне значення діагностичного параметра та порівнюючи його з ознаками еталонного стану об'єкта, можна встановити технічний стан об'єкта в даний момент та прогнозувати його подальший стан. Номенклатуру діагностичних параметрів, допустимі та граничні значення, за якими визначають та прогнозують технічний стан об'єктів, встановлюють заводи-виробники та вказують у НТД. Зазвичай для діагностичного висновку потрібно аналізувати багато діагностичних параметрів. Тож складних об'єктів створюють автоматизовані системи діагностики, виконувані з урахуванням ЕОМ.

У загальному випадку для створення **автоматизованої системи** технічного діагностування необхідно вирішити такі взаємозалежні завдання. Розробити математичну модель функціонування об'єкта діагностування, що дозволяє перевіряти працездатність та правильність функціонування за сукупністю діагностичних параметрів. Створити математичну модель ушкоджень та відмов, що дає можливість виявляти ушкодження та відмови, виявляти причини їх виникнення. Побудувати алгоритми діагностування, що досягається вибором такої сукупності елементарних перевірок, за результатами яких можна: у задачах виявлення пошкоджень та відмов відрізнити справний чи працездатний стан або стан правильного функціонування від його несправних станів, а в задачах пошуку пошкоджень та відмов розрізнити несправні та непрацездатні стани собою.

Для вирішення перелічених завдань застосовують різні **математичні моделі**. Так, при створенні моделей, що дозволяють перевіряти працездатність та правильність функціонування, використовують системи лінійних та нелінійних рівнянь. Для побудови моделей ушкоджень та відмов використовують топологічні моделі у вигляді дерев відмов та графів причинно-наслідкових зв'язків між технічними станами та діагностичними параметрами. Моделі об'єктів діагностування є основою побудови алгоритмів діагностування. Побудова алгоритмів діагностування полягає у виборі такої сукупності перевірок, за результатами яких можна відрізнити справний, працездатний стан чи стан функціонування протилежних станів, а також розрізнити види дефектів між собою. З технічним діагностуванням пов'язане завдання прогнозування **технічного ресурсу** об'єкта. Алгоритм технічного діагностування є основою створення автоматизованої системи технічної діагностики.

Сучасна технічна діагностика користується визначення технічного стану машин приладами, дають можливість об'єктивніше визначати стан машин, і навіть сприймати діагностичні сигнали, випромінювані механізмом, недоступні сприйняттю безпосередньо органами чуття людини.

Для розробки методів і засобів технічної діагностики будь-якої машини, перш за все, слід виявити, які параметри характеризують роботу машини, що перевіряється, і визначають її надійність. Потім треба встановити діагностичні критерії кількісної величини параметрів та їх визначення розробити відповідні методи і засоби.

В даний час основними параметрами, що характеризують якість роботи технологічного обладнання, є: продуктивність, точність, жорсткість, вібростійкість та шумоутворення; надійність технологічного обладнання характеризується ймовірністю безвідмовності, довговічністю, ремонтпридатністю його частин та механізмів.

Найчастіше стан перелічених параметрів взаємопов'язано, що дозволяє значення одного параметра визначати через значення іншого. Наприклад, точність роботи деяких механізмів **металорізального верстата** можна визначити, перевіривши їх на жорсткість. Діагностування технологічного обладнання за точністю, жорсткістю, вібостійкістю та шумоутворенням слід проводити методами та засобами, зазначеними у відповідних стандартах.

Залежно та умовами проведення діагностування застосовуються такі види технічної діагностики.

Технічна діагностика, що проводиться в динаміці об'єкта: за параметрами робочих процесів (потужність, витрата палива, продуктивність, тиск та ін.); за діагностичними параметрами, що побічно характеризують технічний стан (температура, шум, вібрації тощо).

Технічна діагностика, що виконується у статичці об'єкта: за структурними параметрами (знос деталей, зазор у сполученнях і т.п.).

За обсягом, методами та глибиною операцій вона може бути комплексною (називається також загальною) та поелементною.

Комплексна діагностика виявляє нормальне функціонування, ефективність, працездатність машини (агрегату) загалом. Мета її – визначити відповідність нормам вихідних експлуатаційних показників агрегатів, що перевіряються, за їх основними функціями. Прикладом такої діагностики може бути визначення потужності та паливної економічності двигуна, продуктивності та довговічності насоса, втрат у трансмісії, відсотка буксування зчеплення тощо.

Поелементна діагностика визначає причину порушення роботи агрегатів (механізмів) зазвичай за супутніми непрямими ознаками; наприклад, причину втрат потужності двигуна - по компресії або прориву газів в картер, причину підвищеної витрати палива - за рівнем в камері поплавця карбюратора або продуктивності жиклерів, причину втрат в трансмісії - по вібраціям і нагріванням і т.д. Однак у цьому випадку конкретизація причин несправностей доводиться лише такого рівня, у якому виявляється потреба зняття чи розбирання механізму, що перевіряється.

Взагалі діагностику, як правило, проводять на кількох рівнях:

- 1) лише на рівні машини загалом;
- 2) лише на рівні її агрегатів;
- 3) лише на рівні систем, механізмів і деталей та інших.

У цьому кожному з перелічених рівнів визначають технічний стан, переважно, двомірно. Це означає, що діагностика повинна дати однозначну відповідь: потребує або не потребує в даний час агрегат, що перевіряється, в ремонті або технічному обслуговуванні з урахуванням забезпечення безвідмовної роботи до чергового планового технічного впливу. Якщо технічний стан агрегату, що перевіряється, не відповідає нормам, і він складається з декількох самостійних механізмів, то необхідна поелементна діагностика кожного з цих механізмів і т. д.

При поелементної діагностики даного механізму насамперед перевіряють механічний стан про «критичних» деталей, тобто. таких деталей, які насамперед визначають працездатність механізму (клапани бурового насоса, опора ротора та інших.).

Глибина діагностики механізмів обмежується отриманням відповіді питання: чи необхідна розбирання механізмів. Якщо вона необхідна, то подальше більш детальне діагностування немає практичного сенсу, оскільки дефекти може бути виявлено простіше і після розбирання механізму.

Методи та засоби діагностики окремих агрегатів, систем та механізмів визначаються їх конструкцією та виконуваними функціями.

Залежно від виду діагностичних параметрів застосовують такі методи технічної діагностики: - Вимірювання втрат на тертя в механізмах; визначення теплового стану механізмів; перевірку стану сполучення, настановних розмірів, герметичності та витоків, контроль шуму та вібрацій у роботі механізму; аналіз картерної олії (двигуна, ротора, вертлюга та ін).

Діагностику обладнання необхідно починати з отримання відомостей про напрацювання обладнання та ремонти, яким воно піддавалося, про витрату палива та масла, динаміку, схильність до перегріву двигуна та інших агрегатів, про димлення, скрипи, шуми і т.д.

Ці відомості дозволяють цілеспрямовано проводити подальшу діагностику вже із застосуванням технічних засобів, за допомогою яких перевіряють показники ефективності та працездатності обладнання загалом, його агрегатів та механізмів.

Засоби діагностики технічного обладнання служать для фіксування

та вимірювання величини діагностичних ознак (параметрів) Для цього застосовують прилади, пристрої та стенди відповідно до характеру діагностичних ознак і методів діагностики.

Значне місце серед них займають електровимірювальні при-

бори (вольтметри, амперметри, осцилографи та ін). Вони широко застосовують-

няються як для безпосереднього вимірювання електричних величин (наприклад, при діагностиці систем запалення та електрообладнання автомобіля), так і для вимірювання неелектричних процесів (коливань, нагріву, тиску), перетворених за допомогою відповідних датчиків на електричні величини.

З цією метою електричні вимірювальні прилади постачають датчиками.

При діагностиці механізмів найчастіше використовують: датчики опору, кінцеві, індукційні, оптичні та фотоелектричні датчики, за допомогою яких можна вимірювати зазори, люфти, відносні переміщення, швидкість і частоту обертання деталей, що перевіряються; термоопори, термопари та біметалічні пластини для вимірювання теплового стану деталей; п'єзоелектричні та тензометричні датчики для виміру коливальних процесів тиску, биття, деформації та ін.

Одна з позитивних якостей електровимірювальних приладів - зручність отримання інформації, а також у перспективі можливість її аналізу за допомогою лічильно-вирішальних пристроїв.

Залежно від повноти і ступеня механізації технологічних процесів діагностику можна проводити вибірково, лише контролю технічного стану окремих складальних одиниць, чи комплексно перевірки складних агрегатів, як-от двигун, і, нарешті, комплексно для діагностики машини загалом.

У першому випадку використовуються для окремих вимірювань такі діагностичні прилади, як стетоскопи, манометри, тахометри, вольтметри, амперметри, секундоміри, термометри та інші переносні прилади.

У другому випадку прилади комбінують у вигляді пересувних стендів, у третьому випадку – ними комплектують датчики та пульти керування стаціонарних стендів.

Пересувним комплексним засобом діагностики є ходова діагностична станція. Вона може забезпечувати діагностику технічного стану автомобілів у місцях їхнього тимчасового розміщення. Компонування ходової діагностичної станції можливе на базі причепа досить великої вантажопідйомності.

Основними вимогами до засобів діагностики є: забезпечення достатньої точності вимірів, зручність та простота використання при **мінімальній витраті** часу.

Крім різних приладів, індикаторів вузького призначення, систему діагностичних засобів включають комплекси електронної апаратури.

Ці комплекси можуть складатися з датчиків – органів сприйняття діагностичних ознак, блоків вимірювальних приладів, блоків обробки інформації відповідно до заданих алгоритмів і, нарешті, блоків зберігання та видачі інформації у вигляді пристроїв для перетворення інформації в зручний для використання вигляд.