

Заключний етап містить розробку в умовах комплексної автоматизації виробництва багаторівневої системи технічної діагностики. На цьому етапі проводяться комплексні динамічні випробування технологічних процесів, які містять випробування на надійність та відпрацювання комплексних критеріїв якості. Систематизація інформації про динамічні характеристики обладнання покращує не тільки умови його експлуатації, а й дозволяє отримувати дані, необхідні для удосконалення конструкції обладнання. Комплексний підхід до діагностування технологічного процесу дає можливість підвищити ефективність технічної діагностики на всіх етапах розробки, експлуатації та модернізації цього обладнання. При цьому підвищуються вимоги до надійності та відповідно до глибини діагностування, які дозволяють підвищити точність, достовірність збору вимірювальної інформації, точність та оперативність обробки результатів вимірювань, підвищити ефективність технологічних процесів та знизити витрати на виробництво продукції.

### **1.3. Значення контролю і діагностики**

Цілеспрямований розвиток систем контролю і діагностики вимагає глибоких знань про дефекти, їх причини та можливі наслідки. З огляду на те, що одним з основних вимог до промислового обладнання є продуктивність, особливо важливі відомості про відмови і їх причини, які призводять до тривалих простоїв, а отже, і до великих фінансових втрат.

Причиною майже половини всіх відмов є відмови електрики і електроніки. Це результат того, що у сучасного обладнання з числовим програмним керуванням вельми складна електрична та електронна системи з дуже великою кількістю елементів.

На механічні системи доводиться 37 % відмов, і це при тому, що обладнання оснащується системами контролю і діагностики. Інші види дефектів складають порівняно невелику величину. З вини обслуговуючого персоналу відбувається 38 % дефектів. Також встановлено, що близько 27 % відмов припадають на системи керування верстатом і маніпулятором.

Процес токарної обробки, як і інші види механічної обробки, характеризується зношуванням робочих поверхонь ріжучого інструменту в результаті його руйнування від дії високих температур і навантажень. Характер і інтенсивність зношування робочих поверхонь різальної частини інструменту слабо прогнозовані, так як в однаковий момент часу на них ді-

ють різні температури і силові напруження. Істотну роль в їх перерозподілі відіграє нарід, так як в умовах інтенсивного утворення наросту головна задня поверхня інструменту може взагалі не контактувати з поверхнею різання і не піддаватися зношуванню. Однак, у міру збільшення глибини лунки зносу захисна функція наросту падає, напруги і температура в області головної задньої поверхні інструменту зростають, що призводить до її інтенсивного зносу. Коли на контактних поверхнях спостерігається рівномірний розподіл температури і навантажень і відсутній нарід, має місце рівномірне зношування поверхні різця з опусканням головної різальної кромки.

Таким чином, при зносі вершини різця змінюється розмір, що відповідає розмірній настройці різця на обробку деталі, в результаті чого діаметр оброблюваної деталі буде змінюватися.

Завданнями діагностування є визначення технічного стану, в якому знаходиться спостережуваний об'єкт в даний час, а також в якому виявиться через якийсь час. Таким чином, перше завдання пов'язане з контролем, а друге з діагностикою.

Специфіка технічної діагностики полягає в спрямованості її методів на визначення стану об'єкта, що знаходиться в експлуатації, з виявленням необхідності відновлення втраченої працездатності. Відповідно до цього методи і засоби діагностики повинні бути зручні для застосування в умовах експлуатації, мати високу швидкодію і високу точність, забезпечувати контроль параметрів, що діагностуються, без порушення роботи механізмів, бути економічно доцільними.

Технологічне обладнання повинно бути пристосоване для потреб діагностики. Воно повинно мати вбудовані елементи і пристрої, що забезпечують контроль основних параметрів або можливість періодичного підключення до спеціальної діагностичної апаратури. Незважаючи на різноманітність технологічного обладнання, процес його діагностування має спільні риси і однаковий характер вирішуваних завдань. Для кожного виду обладнання перш за все визначають діагностичні ознаки (параметри), за результатами вимірювання або реєстрації яких можна судити про технічний стан окремих механізмів або обладнання в цілому. В якості таких ознак можуть бути прийняті вихідні параметри обладнання, контрольовані методами, що використовуються для контролю готового виробу. Це дає відповідь на питання про працездатність обладнання, але не визначає однозначно місце і вид пошкодження, що призводить до відмови.

Контролю можуть піддаватися параметри, зміна яких безпосередньо призводить до відмови механізму і які функціонально пов'язані з вихідними параметрами (величини зносу, деформації, ступінь корозії, різного роду відхилення в електронних системах).

При випадковому характері зміни технічного стану обладнання пошук причин відмов представляє значні труднощі. Сучасне обладнання включає в себе механічні, гідравлічні, пневматичні та електронні механізми і пристрої. Причини відмов цих елементів можуть бути дуже несуттєвими і швидко ліквідовані, а час пошуку несправності часто на порядок більше часу їх усунення навіть для висококваліфікованого фахівця. Тому для оцінки стану обладнання, його працездатності і виявлення причин і елементів, які впливають на зміну вихідних параметрів, застосовують методи технічної діагностики.

Під технічним діагностуванням розуміють оцінку технічного стану об'єкта діагностування з певною точністю. Результатом діагностування є висновок про технічний стан даного об'єкта з зазначенням при необхідності місця, виду і причин дефектів. При діагностуванні технічного стану обладнання проводять реєстрацію фактичних значень параметрів окремих вузлів і механізмів, систем управління блоків і елементів і зіставлення їх із заданими величинами, котрі характеризують нормальний стан контрольованих елементів. Коли безпосереднє вимірювання перерахованих параметрів неможливо або викликає значні труднощі, в якості діагностичних широко використовують так звані непрямі ознаки. Ці ознаки повинні бути функціонально пов'язані з працездатністю обладнання. Непрямими діагностичними ознаками можуть служити: акустичні сигнали, зміна сили і потужності різання, зміна температури вузлів і деталей обладнання, тиск в пневмосистемі або гідросистемі, наявність продуктів зносу в мастилi, частотні характеристики.

Перевагою непрямих ознак є оцінка стану працездатності обладнання в процесі його роботи; недоліком – можливість впливу на непрямі ознаки сторонніх чинників, які спотворюють отриману інформацію. Наприклад, при оцінці працездатності підшипників за температурою масла слід мати на увазі, що температура може збільшуватись не тільки зі зносом підшипника, але і зі збільшенням навантажень через вплив зовнішніх джерел тепла, засмічення гідросистеми та інших явищ. Тому для підвищення достовірності показань у таких випадках використовують кілька ознак. Так, якщо одночасно з вимірюванням температури мастила контролювати точність

обертання підшипника або рівень його вібрацій, то ймовірність правильного діагнозу значно підвищується.

До основних етапів процесу діагностування відносяться і аналіз діагностичного сигналу, за яким судять про значення ознаки. Діагностичні сигнали можуть мати різний характер і несуть неоднакову за обсягом інформацію. Тому в кожному конкретному випадку необхідно оцінювати можливість сигналу і вибрати найбільш доцільну його форму.

Можливий варіант, коли показання датчика мають чисельне вираження параметрів, що діагностуються.

При цьому знаходження значень сигналів в допустимих межах свідчить про працездатність обладнання або про близькість до граничного стану.

Найбільш повну інформацію, ніж чисельні показники датчиків, має сигнал у вигляді функціональної залежності. Такими сигналами є закони зміни сили або крутного моменту за цикл роботи механізму, закони переміщення окремих ланок, вібрації, акустичні характеристики. Аналіз змін, що відбуваються в законах руху, спектральний аналіз процесів вібрацій і інші методи оцінки функцій дозволяють з одного сигналу виділити ряд складових, що характеризують стан різних елементів або вузлів устаткування.

При діагностуванні вибирають ті ознаки і параметри, контроль яких дає більш об'єктивну інформацію про стан обладнання, а витрати на створення системи технічного діагностування економічно доцільні.

Сучасне автоматизоване обладнання має в своєму складі контрольно-вимірювальні прилади, які можуть використовуватися для вирішення завдань діагностики. Так, наприклад, на шліфувальних верстатах традиційно застосовуються прилади активного контролю розмірів, за допомогою яких може бути отримана інформація не тільки про фактичну величину розміру, але і про швидкість зняття припуску, натяг в пружній системі верстата, конусність виробів, величину зносу шліфувального круга.

Загальні завдання діагностування поділяються на три рівні: збір інформації, порівняння її з еталоном і контроль (рис. 1.1).

На рівні збору виконується прийом вимірюваних величин, показників і параметрів, які визначають стан окремих вузлів і деталей технологічного обладнання. Рівень порівняння полягає в порівнянні виміряних величин з якимось номінальним заданим рівнем, який відповідає нормальному технологічному процесу. Визначення номінального рівня є складною науко-

вою задачею. Справа в тому, що номінальний рівень повинен бути представлений величиною, яка відповідає межі між нормальною роботою машини і роботою машини в умовах, що призводять до браку або відмови. Однак ця межа далеко не однозначна і в свою чергу залежить від багатьох факторів зовнішнього впливу, таких як температура навколишнього середовища, вібрації та інше.

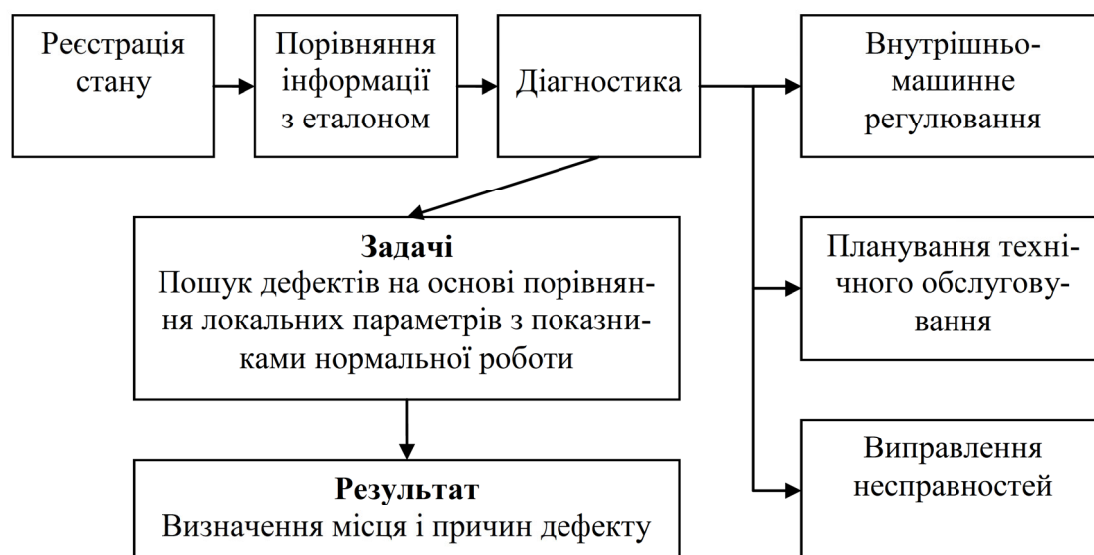


Рисунок 1.1 – Завдання контролю і діагностування

Рівень порівняння переслідуює два завдання: порівняння вимірюваної величини і номінального рівня і визначення зміщення вимірюваної величини щодо раніше виконаних вимірювань, що дозволяє спостерігати за змінами розглянутого параметра в часі. Це дає можливість прогнозувати показники працездатності.

Зазвичай контролюється кілька параметрів, які характеризують роботу обладнання. Такими параметрами можуть бути: траєкторії формотворчих елементів верстата, температура в характерних точках, сили, що виникають між окремими деталями, шлях, час перемикання та ін. Як уже зазначалося, номінальна величина параметра залежить від зовнішніх впливів, але зазвичай розглядають максимальне і мінімальне значення номінального параметра, тобто поле допуску, яке отримало назву допустимих меж номінального параметра. Коли більша частина номінальних параметрів виходить за граничні значення, кажуть про відмову. Остаточне рішення в цьому

питанні зазвичай приймається з використанням систем штучного інтелекту.

При порівнянні вимірних величин і номінального рівня визначаються симптоми, які є основою для проведення діагностики. За результатами порівняння локалізуються місця відмов і виявляються їх причини.

Виявлені причини виникнення дефектів представляють у вигляді класифікації і на її основі розробляють і будують систему, яка отримала назву «дерево відмов». Реалізація цієї системи здійснюється на комп'ютері, «дерево відмов» дозволяє різко знизити витрати на пошук відмов. Дерево відмов є символічним поданням послідовності виникнення умов, що призводять систему до відмови, небажаного (критичного) для об'єкта в цілому. Для застосування методів дерева відмов функціональні взаємозв'язки елементів системи (об'єкта, конструкції) відображають у вигляді логічної схеми, яка враховує взаємну залежність відмов елементів і груп елементів. Методологічне забезпечення даних підходів складається в спільному застосуванні методів теорії графів, математичної логіки і теорії ймовірностей.

Вершиною дерева відмов є кінцева подія – повна відмова системи. Проміжні вершини (вузли графа) представляють собою логічні операції типу «І» та «АБО», відповідні теоретико-множинного опису мови бінарної логіки.

Проміжні вершини, а також вихідні події (відмови елементів) утворюють ієрархічну структуру з пониженням рівнів в напрямку вихідних відмов елементів.

Побудова дерева відмов для складної системи передбачає чітке уявлення про всі функціональні взаємозв'язки елементів, причини і наслідки їх відмов. Функціональні взаємозв'язки елементів отримують шляхом побудови структурно-функціональних схем технологічної системи. Докладніший конструктивний підхід враховує вторинні відмови, ініційовані відмови і таке інше.

Після побудови дерева відмов системи проводять її якісний і кількісний аналіз і обчислюють ймовірність результуючої повної відмови системи з урахуванням відомої інформації про надійність елементів, тобто про можливості і інтенсивності їх відмов, коефіцієнтах готовності і таке інше.

Дерево відмов для несправностей описується матрицею, що має  $n$  рядків і  $m$  стовпців-тестів. У матрицю входять всі дані, необхідні для пошуку несправностей. Програма пошуку потрібного рядка і визначення типу не-

справностей виконується універсально і може бути використана для різного устаткування. Таким чином, завдання зводиться до побудови матриці несправностей для конкретного типу обладнання.

Аналіз можливих несправностей механізмів і складання матриць несправностей полегшується при зображенні процесу діагностування у вигляді графа станів для окремих функціональних груп (приводу головного руху, приводу подач і так далі.). З кожній з таких груп може бути складена окрема матриця станів. Оскільки багато функціональні елементи мають структуру, яка описується аналогічними графами, то для їх діагностики можна використовувати загальну програму різних параметрів і матрицю несправностей. Основна частина програми, таким чином, є інваріантною до різних видів несправностей.

Застосування дерева відмов допомагає на ранній стадії визначити ознаки виникнення відмови. Виявлення таких слабких місць в виробничому обладнанні дозволяє своєчасно запланувати необхідні заходи з технічного обслуговування або поточного ремонту, в результаті чого відмова буде попередженою. Це має дуже важливе значення, тому що у протилежному випадку, тобто при настанні відмови, сталася б аварійна зупинка обладнання, за якою послідували б заходи щодо усунення відмови, що, природно, призвело б до простою обладнання, а отже, і до зниження продуктивності. Якщо виникнення дефекту було виявлено своєчасно, його усувають в неробочий час, і зниження продуктивності обладнання не відбувається.

Таким чином, діагностика повинна бути в першу чергу націлена на передбачення дефекту.

Усунення дефекту можливо також за рахунок внутрішньо-машинного регулювання або шляхом проведення планового технічного обслуговування. Наприклад, в результаті зносу ріжучої кромки різця змінився діаметр обробки деталі. Однак різець ще може продовжувати працювати. В цьому випадку корегують програму і продовжують роботу. Або, наприклад, встановлено, що траєкторія осі шпинделя в результаті зношування підшипників збільшилася в розмірах, тоді при проведенні технічного обслуговування в неробочий час регулюють натяг в передній опорі шпинделя. При передчасному виявленні майбутньої відмови можна усувати дефекти в зручний для ремонтної служби час, а також в майбутньому планувати заходи з технічного обслуговування з урахуванням реального часу розвитку дефектів, що знижує витрати на усунення відмови, так як це дозволяє своєчасно замовляти і отримувати необхідні запчастини.

Створення діагностичних засобів забезпечення технологічного процесу повинно включати наступні етапи.

1. Техніко-економічне обґрунтування вибору виду, призначення і області застосування систем діагностування обладнання.

2. Аналіз процесів, що відбуваються в технологічній системі, яка підлягає діагностуванню з метою виявлення причин виникнення і ознак прояви пошкоджень і дефектів, а також порушення технологічного процесу.

3. Збір і вивчення апріорної інформації про характерні пошкодження і дефекти, що виникають при експлуатації об'єкта, що підлягає діагностуванню, або його прототипу.

4. Вибір номенклатури показників (функціональних і структурних параметрів) працездатності технологічної системи в цілому і її окремих складових вузлів.

5. Вибір періодичності і обсягу діагностування та глибини пошуку дефектів в залежності від специфіки експлуатації об'єкта, що підлягає діагностуванню.

6. Вибір методу діагностування та розробка моделі об'єкта діагностування для кожного діагностичного параметра.

7. Вибір діагностичних параметрів (прямих і непрямих), які характеризують технічний стан обладнання і забезпечують можливість пошуку дефектів.

8. Визначення номінальних, допустимих і граничних величин діагностичних параметрів із зазначенням необхідної точності і достовірності вимірювань.

9. Розробка алгоритмів діагностування з зазначенням режимів роботи обладнання при діагностуванні.

10. Вибір і розробка засобів діагностування. Підбір первинних перетворювачів повинен забезпечувати зняття діагностичних параметрів із заданою точністю в обраному діапазоні частот і відповідати іншим вимогам, викликаними специфікою вимірювань.

11. Розробка пристроїв сполучення діагностичного об'єкта із засобами діагностування, що забезпечують надійне закріплення первинних перетворювачів і виключають спотворення і перешкоди при вимірі діагностичних сигналів.

12. Експлуатаційна документація з проведення діагностування та обробці отриманої діагностичної інформації.