

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ СКЛАДНИХ ТЕХНІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

На теперішній час відсутні сучасні методи, математичні моделі, алгоритми і програмне забезпечення для зовнішнього автоматизованого проектування складних відновлювальних технічних систем на стадії проектування нових об'єктів та модернізації існуючих. Для цього необхідні сучасні інформаційні технології. В статті проводиться аналіз існуючих інформаційних технологій з визначення показників надійності складних технічних об'єктів та проаналізовано основні методи обробки діагностичної інформації.

Ключові слова: технічне обслуговування, інформаційна технологія, технічний стан.

G.B. ZHYROV

Military Institute, Kyiv National Taras Shevchenko University

INFORMATION TECHNOLOGIES FOR PROVIDING THE OPERATIONAL RELIABILITY OF COMPLEX TECHNICAL OBJECTS

At present, there are no modern methods, mathematical models, algorithms and software for the external automated design of complex restorative technical systems at the stage of designing new objects and modernization of existing ones. This requires modern information technology. One of the most important properties of complex technical objects, including radio-electronic, is reliability. When designing, manufacturing and operating complex technical objects, reliability is ensured by methods and means specific to each stage of the object's object. In this case, the operational reliability of renewable objects is most effectively achieved through the use of progressive maintenance and repair strategies. Strategies for diagnostics and monitoring are resource-saving technologies for the technical exploitation of renewable objects and therefore, their use is advisable and desirable. At the same time, the composition and method of implementation of the system of technical diagnostics and the system of technical monitoring are complex information systems. The article analyzes existing information technologies to determine the reliability indexes of complex technical objects and analyzes the basic methods of diagnostic information processing.

Keywords: maintenance, information technology, technical condition.

Вступ. Однією з найбільш важливих властивостей складних технічних об'єктів (СТО), в тому числі і радіоелектронних, є надійність. При проектуванні, виготовленні та експлуатації СТО надійність забезпечується методами і засобами характерними для кожного етапу "життєвого циклу" об'єкта (виробу). При цьому, експлуатаційна надійність відновлюваних об'єктів найбільш ефективно досягається з використанням прогресивних стратегій технічного обслуговування і ремонту (ТОіР), наприклад технічне обслуговування за "станом" з контролем рівня надійності (стратегія функціональної діагностики) та / або з контролем технічного стану (стратегія технічного моніторингу), для здійснення яких необхідні системи технічної діагностики (СТД) і системи технічного моніторингу (СТМ) відповідно.

Стратегії діагностики і моніторингу є ресурсозберігаючими технологіями технічної експлуатації відновлюваних об'єктів і тому, їх використання доцільно та бажано. Разом з тим, за складом і способом реалізації СТД і СТМ є складними інформаційними системами.

Аналіз праць в галузі кібернетики, інформатики, надійності і діагностики відомих вчених, таких як Н. Вінер, Х. Ешбі, Р. Барлоу, Ф. Байхельт, В.М. Глушков, А.А. Воронов, Б.В. Гнеденко, Е.Ю. Барзиловпч, Н.А. Северцев, А.Д. Соловьев, Н.А. Шишонок, М.К. Жердев, Б.П. Креденцер, В.Г. Тоценко, показав, що на теперішній час, створено всі передумови успішного застосування СТД і СТМ для забезпечення експлуатаційної надійності складних відновлюваних об'єктів.

Аналіз сучасних методів системотехніки, теорії технічних систем і накопиченого досвіду створення і використання СТД і СТМ в різних галузях народного господарства показав, що в даний час відсутні сучасні методи, математичні моделі, алгоритми і програмне забезпечення для зовнішнього автоматизованого проектування таких систем на стадії проектування нових об'єктів та модернізації існуючих. Це не дозволяє розробити оптимальні, за заданими критеріями, системи.

Зростання обсягу функцій автоматизованого управління, з одного боку, і зростання рівня автоматизації процесів управління експлуатаційною надійністю, з іншого боку, в умовах обмежених витрат ще більше загострюють проблему пошуку раціонального технічного рішення будови систем діагностики і моніторингу, а також оптимальної системи технічного обслуговування і ремонту.

Постановка завдання. В статті вирішується завдання щодо аналізу існуючих інформаційних технологій по визначенню показників надійності складних технічних об'єктів.

Основний зміст. Проведений аналітичний огляд наукової літератури, присвяченій проблемам забезпечення експлуатаційної надійності складних технічних об'єктів, оснащених системами діагностики та моніторингу [1–8], дозволяє зробити наступні висновки.

По-перше, при створенні СТД і СТМ необхідна первинна апаратура для вимірювання та збору діагностичних параметрів.

По-друге, для переробки і візуалізації зібраної інформації потрібна вторинна інформаційно-обчислювальна техніка.

По-третє, для здійснення діагностування і моніторингу потрібні нові інформаційні технології щодо контролю стану об'єктів та системи ТОiP.

Інформаційні технології повинні включати в себе інформаційні процеси вимірювання параметрів сигналів, накопичення і перетворення цих сигналів за певними алгоритмами в діагностичну або прогнозну інформацію та інформаційні процеси зберігання, візуалізація і протоколювання накопичених даних. Використання для цих цілей комп'ютерної техніки дозволяє виконувати інформаційні процеси в автоматичному або в автоматизованому режимі за допомогою базисних процесів та апаратно-програмних засобів.

Таким чином, будь-яка інформаційна технологія складається з деякого числа інформаційних процесів, які обробляються за різними методиками (алгоритмами), та реалізуються за допомогою базисних апаратних і / або програмних процесів.

В даний час відомо декілька видів інформаційних технологій, які базуються на різних методиках отримання діагностичної інформації. Класифікація інформаційних технологій за ознакою технологічних процесів отримання кінцевих результатів наведена на рис. 1.

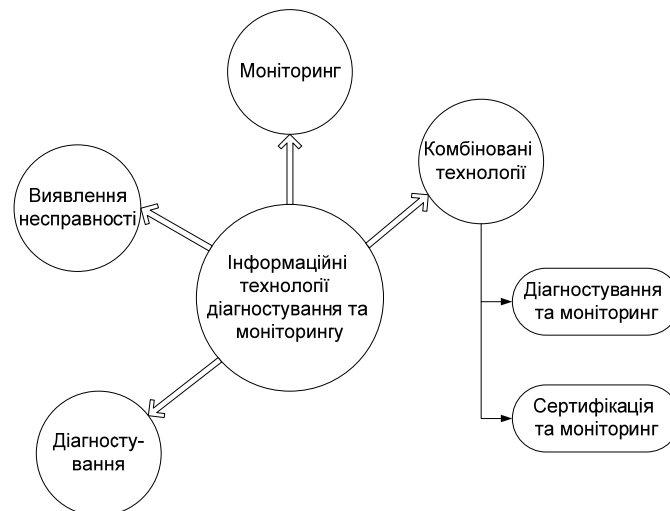


Рис. 1. Найбільш поширені інформаційні технології контролю стану СТО

Інформаційна технологія діагностування дозволяє отримувати оцінку поточного стану об'єкта на базі протоколів вимірювання технічних параметрів і протоколів перевищень даних параметрів поза норми. Дана технологія дозволяє проводити діагностування по одному виміру контрольованих параметрів.

Класифікація методик діагностики дозволяє виділити функціональну і тестову діагностику технічних об'єктів. У статті розглядається тільки функціональна діагностика, яка проводиться на працюючому об'єкті і, як правило, виконується з точністю до визначення одного з двох його станів: "справний – несправний", "працездатний – непрацездатний", "правильно функціонує – неправильно функціонує".

У більшості випадків зазначена оцінка стану об'єктів є незадовільною і тоді застосовується функціональна діагностика з використанням тривірневої оцінки.

В даному випадку мова йде про загальну функціональну діагностику або про загальну оцінку стану об'єкта. При цьому діагностика зводиться до визначення одного з вищезазначених станів об'єкта за допомогою моделей розпізнавання подій або станів. Головним недоліком загальної функціональної діагностики є те, що вона не дає відповіді на такі важливі для користувачів питання, як:

- які деталі, вузли і елементи об'єкта несправні?
- які види несправностей мають деталі, вузли, елементи та об'єкт в цілому?
- коли стався або станеться відмова деталі, вузла, елемента, об'єкта?

Відповісти на перше питання можна в тому випадку, якщо скористатися функціональною діагностикою з оцінкою стану об'єкту за сукупністю його технічних і технологічних параметрів. У цьому випадку мова йде про параметричну функціональну діагностику та очевидно, що для такого контролю необхідний чітко визначений набір діагностичних параметрів, що характеризують стан деталі, вузла, елемента і об'єкта в цілому, і потрібно точне знання їх допустимих, критичних та граничних значень. В цьому випадку діагностика зводиться до вимірювання діагностичних параметрів і порівнянню їх з допустимими, критичними та граничними значеннями. При цьому сукупність вимірюваних значень параметрів є протоколом стану об'єкта, а сукупність параметрів, значення яких знаходяться поза допуску, являють собою протокол перевищень параметрів. Однак, і в цьому випадку, можна тільки констатувати той чи інший стан, і неможливо вказати які види несправностей має даний об'єкт і / або коли стався або станеться відмова деталі, вузла або повна відмова самого об'єкта. На теперішній час, функціональна діагностика в чистому вигляді, як правило, не використовується. Вона, як мінімум, доповнюється функцією генезису стану об'єкта (визначення стану на будь-який з попередніх вимірів діагностичних даних) і / або функцією прогнозування

значень спостережуваних параметрів по їх тренду і / або функцією визначення дати найближчого контролю технічного стану.

Інформаційна технологія виявлення несправностей дозволяє відповісти на питання: "Які види прихованих несправностей має об'єкт?" Кінцевим продуктом даної технології є протокол виявлення прихованих дефектів, пошкоджень і руйнувань. Дана технологія дозволяє отримувати результат по одному виміру контрольованих параметрів.

Для того щоб реалізувати функцію виявлення несправностей необхідно мати критерії відмов деталей, вузлів, елементів і контрольованих об'єктів в цілому. Правильно обрані критерії дозволяють виявляти часткові і повні, стійкі і нестійкі, явні і неявні дефекти і пошкодження. При цьому відзначимо, що критерієм дефекту є допустиме, критичне та граничне значення одного або декількох діагностичних параметрів відповідного елемента контрольованого об'єкта. Використання критеріїв відмов лежить в основі будь-якого з методів розпізнавання дефектів.

На теперішній час, усі основні методики розпізнавання несправностей можна звести до трьох типів: методики ручного аналізу, методики створення детермінованих експертних систем і методики створення імовірнісних експертних систем.

Методика ручного аналізу найбільш складна, так як вимагає досвідченого фахівця, який повинен бути детально знайомий з методами параметричного (кореляційного, дисперсійного, регресійного), гармонійного і спектрального аналізу. Дві інші методики вимагають створення спеціальних експертних систем з досить непростими алгоритмами прийняття рішень. Відомий також і варіант комбінації експертних систем. Це імовірно-детерміновані системи. Їх використання дає найбільш високу збіжність розпізнавання. При цьому, спочатку, система налаштовується як стохастична, з досвіду або за аналогією, а потім, по мірі накопичення бази знань вона детермінується відомими випадками, які вже зустрічалися.

Інформаційна технологія моніторингу технічного стану як спосіб безперервного або періодичного спостереження за технічним станом об'єктів має більш широкі функціональні можливості і в загальному випадку включає в себе: визначення статусу, діагноз, генезис і прогноз стану об'єктів. Моніторинг на базі спектрального, параметричного і гармонійного аналізу діагностичних даних дозволяє обґрунтовано розпізнавати стан і прогнозувати відмови об'єктів. У зв'язку з цим він дозволяє попереджати виникнення аварій, планувати терміни і обсяг ремонту обладнання, визначати витрати трудових, матеріальних і фінансових ресурсів на техобслуговування і ремонт обладнання. Крім того, моніторинг дозволяє визначати й уточнювати необхідні і достатні критерії оцінки стану об'єктів і характерні ознаки різних несправностей.

В даний час відомо кілька методик здійснення моніторингу стану об'єктів. Головними ознаками цих методик є використовувані правила визначення безаварійної зупинки експлуатації об'єкта, який контролюється. До основних правил належать:

- правила граничного контролю,
- правила оптимального зупинки за критерієм ресурсної ефективності,
- правила максимізації залишкового ресурсу,
- правила гарантованого успіху.

Будь-яке з даних правил передбачає використання математичної моделі еволюції технічного стану або процесу деградації для визначення точної дати зупинки експлуатації об'єкта. При цьому математичні моделі, як правило, мають ситуаційний характер, тобто після кожного нового виміру діагностичних параметрів, уточнюється траєкторія параметричного вектора в просторі його значень. В даний час найбільшого поширення набули дві методики моніторингу технічного стану об'єктів. Обидві методики відносяться до класу методик безаварійної зупинки експлуатації об'єкта за правилом граничного контролю.

Сутність першої методики полягає у визначенні дати зупинки експлуатації об'єкта за датою перетину екстраполяційного полінома, що апроксимує процес зміни параметрів, що спостерігаються, з рівнем критичних (або граничних) значень цих параметрів.

Сутність другої методики полягає у визначенні дати зупинки експлуатації об'єкта за датою перетину екстраполяційного полінома, що апроксимує процес збільшення середніх значень параметрів, що спостерігаються, з рівнем критичних (або граничних) значень цих параметрів. Друга методика дає більш пізню дату зупинки експлуатації і може застосовуватися для визначення дати технічного обслуговування або ремонту, в той час як перша методика може застосовуватися для визначення дати чергового обстеження об'єкта.

Інформаційна технологія сертифікації проводиться в тому випадку, коли при виконанні діагностування об'єкта є можливість отримувати єдиний документ: сертифікат технічного стану об'єкта, в якому наведені: протокол загальної діагностики, протокол визначення несправних елементів об'єкта (протокол перевищень) і протокол визначення несправностей об'єкта.

В останні роки в області контролю технічного стану об'єктів замість функціональної діагностики стала використовуватися сертифікація. З точки зору методології діагностування технічних об'єктів, сертифікація є зручним способом контролю стану об'єктів, тому що однозначно і дуже повно характеризує поточний стан контрольованих деталей, вузлів, елементів і об'єкта в цілому. Наявність детермінованої або стохастичною експертної системи дозволяє автоматизувати цю методику, що робить її привабливою і функціонально повнішою.

Комбіновані інформаційні технології. Це поєднання двох, трьох і т. д. вище перелічених технологій. Найбільш популярними з них є інформаційна технологія діагностики і моніторингу, а також інформаційна технологія сертифікації з подальшою постановкою на моніторинг, виявлених при сертифікації несправних об'єктів. Друга інформаційна технологія є найменш витратною, тому що не допускає витрат на моніторинг стану справного обладнання.

При детальному розгляді інформаційних процесів будь-якої інформаційної технології можна помітити, що найбільша різноманітність притаманна саме інформаційному процесу вимірювання технічних параметрів. В основі цього процесу завжди лежить той чи інший метод неруйнівного контролю технічного стану об'єкта та методи обробки діагностичної параметрів та прийняття відповідного рішення.

Найбільш часто використовуються наступні методи:

– спектральний аналіз як окремо взятих, так і деякої смуги частот, отримав широке визнання після отримання можливості за допомогою мікропроцесорної техніки проводити швидкі перетворення Фур'є. Метод продуктивно використовується для контролю стану і для розпізнавання прихованих несправностей контрольованого обладнання [9–11];

– вейвлет-аналіз являє собою згортку вейвлет-функції з сигналом. Вейвлет-аналіз переводить сигнал з часового представлення частотно-часове. Перевагою даного виду аналізу є можливість його застосування для аналізу нестационарних сигналів, на відміну від Фур'є-аналізу [12–14];

– аналіз обвідної (часовий аналіз), використовується при вимірюванні параметрів високочастотних сигналів, потужність яких змінюється значно повільніше його періоду.

– фазо-часовий аналіз. На базі цього методу створено великий парк різних приладів, за допомогою яких виконуються, такі види робіт як балансування роторів турбін, турбогенераторів, електроагрегатів і т.д.;

– ударно-імпульсний аналіз. Метод базується на порівнянні пікових і середньоквадратичних значень параметрів вібрації.

Інформаційні технології реалізуються пакетами прикладних програм. У пакет крім основних програм обробки даних обов'язково входять сервісні програми з обслуговування баз даних і баз знань. У зв'язку з цим створювати пакет програм, для окремо взятої інформаційної технології не вигідно, оскільки доведеться кожного разу створювати власні, для даної технології, сервісні програми. У той же час створювати програмний продукт з повним набором інформаційних технологій також не вигідно, оскільки такий пакет буде явно надмірним і, як наслідок, дорогим. У цих умовах, виникає потреба раціонального вибору інформаційної технології в залежності від реальних потреб, для чого, в свою чергу, необхідно створити банк інформаційних технологій діагностики і моніторингу.

Висновки. В статті визначені та проаналізовані інформаційні технології по визначенню показників надійності складних технічних об'єктів, які базуються на різних методиках отримання діагностичної інформації. Проаналізовано основні методи обробки діагностичної інформації.

Література

1. Давыдов П.С. Техническое обслуживание радиоэлектронного оборудования по состоянию / П.С. Давыдов. – М. : МИИГА, 1983. – 88 с.
2. Гуляев В.А. Диагностическое обеспечение энергетического оборудования / В.А. Гуляев, В.М. Иванов. – Киев : ИЭД, 1982. – 66 с.
3. Диллон Б. Инженерные методы обеспечения надежности систем / Б. Диллон, Ч. Сингх. – М. : Мир, 1984. – 318 с.
4. Mitchel John S. An Introduction to Machinery Analysis and Monitoring. – Tusla: Penn Well Books, 1993.
5. Барзилович Е.Ю. Модели технического обслуживания сложных систем / Е.Ю. Барзилович. – М. : Высш. шк., 1982. – 231 с.
6. Кузякин В.И. Системы и стратегии технического обслуживания буровых установок / В.И. Кузякин // Надежность крупных машин : сборник научн.труд. – Екатеринбург : НИИТяжмаш, 1992. – С. 32–38.
7. Прогнозирование надежности сложных объектов радиоэлектронной техники и оптимизация параметров их технической эксплуатации с использованием имитационных статистических моделей / [С.В. Ленков, К.Ф. Боряк, Г.В. Банзак и др.]. – Одесса : Изд-во «ВМВ», 2014. – 256 с.
8. Основы надежности и техническое обеспечение радиоэлектронных средств РТВ ПВО / [А.Н. Буточнов, Б.П. Креденцер, В.Г. Тоценко, В.Н. Цыцарев и др.] – К. : КВИРТУ ПВО, 1982. – 226 с.
9. Афонский А.А. Цифровые анализаторы спектра, сигналов и логики / А.А. Афонский, В.П. Дьяконов. – М. : СОЛОН-Пресс, 2009. – 248 с.
10. Дьяконов В. П. MATLAB 6.5 SP1/7.0 + Simulink 5/6. Обработка сигналов и проектирование фильтров / В. П. Дьяконов. – М. : СОЛОН-Пресс, 2005. – 576 с.
11. Сергиенко А. Б. Цифровая обработка сигналов / А. Б. Сергиенко. – СПб : Питер, 2006. – 751 с.
12. Добеши И. Десять лекций по вейвлетам / И. Добеши. – Ижевск : РХД, 2001. – 464 с.
13. Дьяконов В. П. Вейвлеты. От теории к практике / В. П. Дьяконов. – М. : СОЛОН-Пресс, 2004. – 440 с.

14. Малла С. Вейвлеты в обработке сигналов / С. Малла. – М. : Мир, 2005. – 672 с.

References

1. Davydov P.S. Tehnicheskoe obsluzhivanie radioelektronnoho borudovanija po sostojaniju / P.S. Davydov. – M: MIIGA, 1983. – 88 s.
2. Guljaev V.A. Diagnosticheskoe obespechenie jenergeticheskogo oborudovanija / V.A. Guljaev, V.M. Ivanov. – Kiev: IJeD, 1982. – 66 s.
3. Dillon B. Inzhenernye metody obespechenija nadezhnosti sistem / B. Dillon, Ch. Singh. – M.: Mir, 1984. – 318s.
4. Mitchel John S. An Introduction to Machinery Analysis and Monitoring. – Tusla: Penn Well Books, 1993.
5. Barzilovich E.Ju. Modeli tehničeskogo obsluzhivaniya slozhnyh sistem / E.Ju. Barzilovich. – M.: Vyssh. shk., 1982. – 231 s.
6. Kuzjakin V.I. Sistemy i strategii tehničeskogo obsluzhivaniya burovyh ustanovok / V.I. Kuzjakin // Nadezhnost' krupnyh mashin. Sborni nauchn.trud. – Ekaterinburg: NIITjzhmash. – 1992. – S.32–38.
7. Prognozirovanie nadezhnosti slozhnyh ob#ektov radioelektronnoj tehniki i optimizacija parametrov ih tehničeskoj jekspluatacii s ispol'zovaniem imitacionnyh statističeskikh modelej / S.V. Lenkov, K.F. Borjak, G.V.Banzak, V.O.Braun, V.A.Osypa, S.A.Pashkov, V.N. Cycarev, Ju. V.Berezovskaja. – Odessa: Izd-vo «VMV», 2014. – 256 s.
8. Butochnov A.N. Osnovy nadezhnosti i tehničeskoe obespechenie radioelektronnyh sredstv RTV PVO / A.N. Butochnov, B.P.Kredencer, V.G.Tocenko, V.N.Cycarev i dr. – K.: KVIRTU PVO, 1982. – 226 s.
9. Afonskij A.A. Cifrovye analizatory spektra, signalov i logiki / A.A. Afonskij, V.P. D'jakonov. – M.: SOLON-Press, 2009. – 248 s.
10. D'jakonov V. P. MATLAB 6.5 SP1/7.0 + Simulink 5/6. Obrabotka signalov i proektirovanie fil'trov / V. P.D'jakonov. – M.: SOLON-Press, 2005. – 576 s.
11. Sergienko A. B. Cifrovaja obrabotka signalov / A. B.Sergienko. – SPb.: Piter, 2006. – 751 s.
12. Dobeshi I. Desjat' lekcij po vejvletam / I.Dobeshi. – Izhevsk: RHD, 2001. – 464 s.
13. D'jakonov V. P. Vejvlety. Ot teorii k praktike / V. P.D'jakonov. – M.: SOLON-Press, 2004. – 440 s.
14. Malla S. Vejvlety v obrabotke signalov / S. Malla. – M.: Mir, 2005. – 672 s.

Рецензія/Peer review : 05.06.2017 р.

Надрукована/Printed :10.09.2017 р.
Рецензент: д.т.н., проф. Бойко Ю.М.