

Список літератури

1. Поветкин В.В., Ковенский И.М. Структура электромагнитных покрытий. – М.: Металлургия, 1989. – 136 с.
2. Горохов В.А. Обработка деталей пластическим деформированием. – К.: Техніка, 1978. – 192 с.
3. Лайнер В.И. Защитные покрытия металлов. – М.: Металлургия, 1974. – 559 с.
4. Эштейн А.А., Фрейдлин А.С. Восстановление деталей машин холодным гальваническим железнением. – К.: Техніка, 1981. – 119 с.
5. Микуляк О.В., Панарин В.Е., Бондарь А.И. Устройство для определения адгезионной прочности тонких покрытий//Проблемы трения и изнашивания. – К.: Техніка, 1991. – Вып. 39. – С. 39–41.
6. Степин П.А. Сопротивление материалов. – М.: Высш. шк., 1973. – 328 с.
7. Чекин Г.И. Алмазное выглаживание закаленных сталей//Вестн. машиностроения. – 1965. – № 8. – С. 25–31.
8. Олейник Н.В., Кычин В.П., Луговской А.Л. Поверхностное динамическое упрочнение деталей машин. – К.: Техніка, 1984. – 151 с.
9. Горбило В.М. Алмазное выглаживание. – М.: Машиностроение, 1972. – 105 с.
10. Дворук В.И. Научные основы повышения абразивной износостойкости деталей машин. – К.: КМУГА, 1997. – 101 с.
11. Мархасин Э.М., Шрейбер Г.К. Поверхностное упрочнение деталей нефтяного оборудования и инструмента. – М.: Гос. науч. техн. изд-во нефтяной и горно-топливной лит., 1959. – 180 с.
12. Стойкость буровых долот/ Н.А. Жидовцев, К.Б. Кацов, Г.В. Карпенко и др. – К.: Наук. думка, 1979. – 244 с.
13. Шевеля В.В., Дворук В.И., Радченко А.В. Моделирование абразивной трибоочистки металлических поверхностей//Вісн. КМУЦА. – 2000. – № 1–2. – С. 65–70.
14. Обеспечение триботехнических свойств композиционных материалов при абразивном изнашивании/ В.В. Шевеля, В.И. Дворук, В.Е. Довжок и др. //Проблеми трибології. – 2000. – № 1(13). – С. 67–72.
15. Поверхностная прочность материалов при трении/ Б.И. Костецкий, И.Г. Носовский, А.К. Караулов и др. – К.: Техніка, 1976. – 296 с.

Стаття надійшла до редакції 19.03.01.

УДК 629.735.036.3.083(045)

О.А. Тамаргазін, С.М. Осадчий, Хаммуд Нізар

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ОЦІНКИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ АВІАЦІЙНИХ ДВИГУНІВ У ЕКСПЛУАТАЦІЇ НА БАЗІ ГРАФ-МОДЕЛЕЙ

Розглянуто основні принципи, покладені в розробку програмного і математичного забезпечення системи оцінки технічного стану авіаційної техніки з використанням теорії графів.

Використання граф-моделей авіаційної техніки при моделюванні й оптимізації набору діагностичних параметрів авіаційних газотурбінних двигунів, який покриває множину ймовірних дефектів об'єкта діагностування, у поєднанні з можливостями алгебричних методів розпізнавання дозволяють реалізувати автоматизовану систему діагностичного супроводу сучасних авіаційних двигунів в експлуатації. Ця система дозволяє створювати системи збору, збереження й обробки діагностичної інформації, банків даних, оптимізовані з позиції розпізнавання за типами двигунів і які задовольняють вимогам алгоритмів діагностування. Це створює передумови для розпізнавання поточних станів авіаційних двигунів на базі єдиної технології обробки інформації й суттєво сприяє розвитку системи технічної експлуатації авіаційної техніки за станом.

Узагальнена схема запропонованого програмного комплексу наведена на рис. 1, а структура програмного забезпечення – на рис. 2.

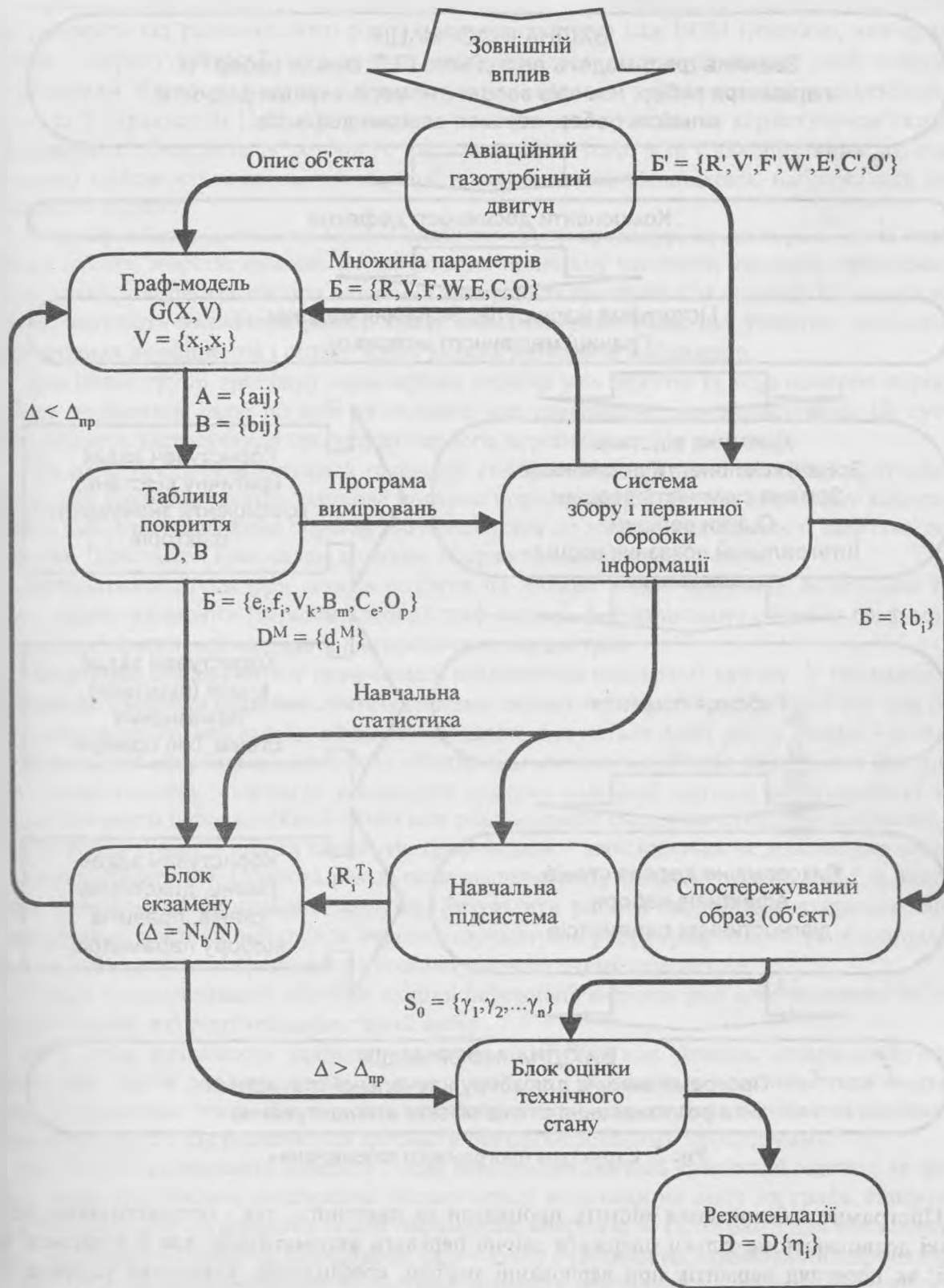


Рис. 1. Узагальнена схема програмного комплексу оцінки технічного стану газотурбінного двигуна:

W – множини супутніх параметрів; F – множини функціонування; V – множини допоміжних параметрів; E – множини структурних параметрів; C – множини власних параметрів; O – множини визначальних параметрів; R – множини власних характеристик; K – множини вхідних параметрів

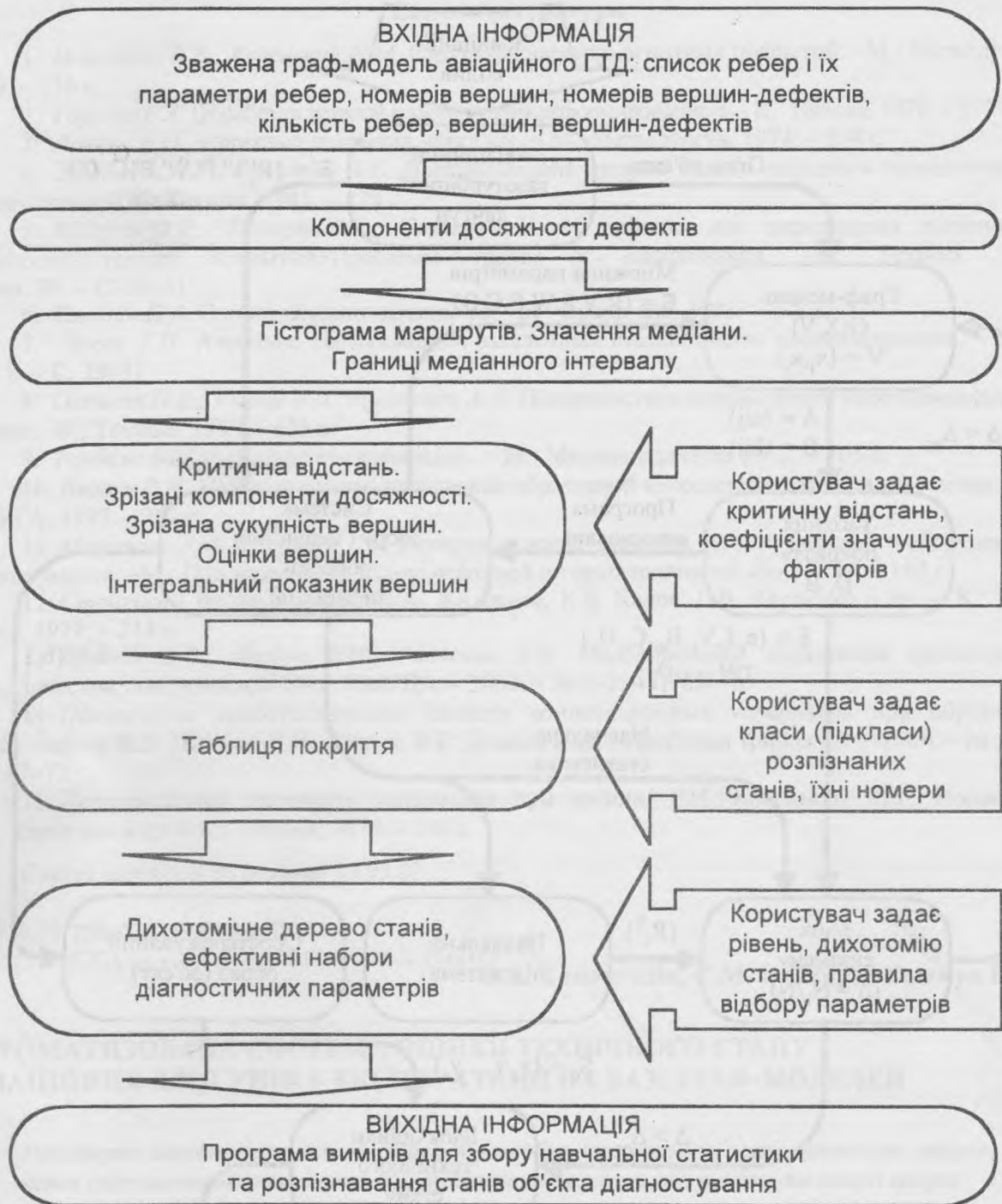


Рис.2. Структура програмного забезпечення

Програмне забезпечення містить процедури як пакетного, так і інтерактивного режимів, які дозволяють не тільки одержати звичні переваги автоматизації, але й вирішити такі задачі, як перегляд варіантів при варіюванні значень коефіцієнтів, ухвалення рішення при наявності множини суперечливих критеріїв, розпізнавання близьких станів тощо.

У складі програмного комплексу також реалізовані функції класифікації, розпізнавання й оцінки результатів. Це дозволяє настроювати систему на діагностування при мінімізованих множинах діагностичних параметрів і навчати систему у випадку одержання незадовільних результатів поточного розпізнавання.

Ефективність процедур, які використовуються у програмному забезпеченні, багато в чому залежить від раціонального розподілу навантаження між ЕОМ і особою, яка приймає рішення, – користувачем. Тому в програмному комплексі дотримується ряд умов, пов'язаних з обмеженням кількості звертань до користувача, виглядом інформації, що надається користувачу, та її характером [1;2]. Це виключає необхідність проведення користувачем складних арифметичних обчислень та логічного висновку. Крім того, збір і використання додаткової інформації здійснюється таким чином, щоб рішення задачі, змінюючись, наближалось до оптимального варіанту.

У програмному комплексі можна виділити групу процедур, де до користувача пред'являються досить жорсткі вимоги. Використання принципу множини критеріїв припускає наявність знань у користувача про величину значущості критеріїв або границь їхніх можливих значень, здатність визначити розмір кроку внесених змін. Практика показує, що значення змін значущих коефіцієнтів і розмір кроку можна визначити наближено.

Для іншої групи процедур характерний перебір усіх об'єктів та їхнє попарне порівняння. Таке порівняння само по собі не складне, але трудомістке для користувача. Це суттєво звужує область застосування процедури парного порівняння.

Ще одна група інтерактивних процедур використовує граничні значення критеріїв для відбору, що дозволяє робити часткове попарне порівняння [3]. Однак при цьому користувач повинен визначати значення порогів, які призводять до збільшення кількості звертань до користувача. Швидкодія процедури дозволяє одержати задовільне рішення.

Інтерактивні процедури можна розбити на чотири стадії: побудову початкової граф-моделі; оцінку елементів (вершин і ребер) граф-моделі; формалізовану обробку граф-моделі; формування ефективної множини діагностичних параметрів.

Початкова стадія синтезу граф-моделі реалізується експертом вручну. У принципі вона не пов'язана з іншими стадіями синтезу системи оцінки технічного стану, тому що при реалізації системи програмні засоби відділені від даних, будуються один раз, а моделі – поступово, в залежності від розширення класів об'єктів діагностування. Проте включення цих процедур до стадії синтезу допомагає усвідомити систему взаємодії методів розпізнавання з моделлю й уточнити інформаційний обмін між реалізованою системою програм і моделлю.

Наступна стадія – оцінка елементів граф-моделі – здійснюється за допомогою експертного експерименту [4]. Обробка результатів експерименту проводиться на ЕОМ із використанням спеціальних програмних модулів. Результати роботи експертів є вхідними даними для одержання достовірних оцінок вершин-параметрів і ребер граф-моделі та підготовки інформації для створення ефективної множини діагностичних параметрів.

Стадія формалізованої обробки вхідної інформації включає ряд автоматичних та інтерактивних етапів, які підготовляють такий вибір.

На I етапі визначають компоненти досяжності $P(x_i)$ для вершин, якими шифруються дефекти або групи дефектів структурних параметрів. Такі вершини називаються кодовими для характеристики стану. Компоненти досяжності кодової вершини інцидентні мінімальному маршруту p_{ij} [3]. Це реалізується автоматично організованими процедурами.

На II етапі визначають інтервал і межі варіювання значень критичної відстані як фактора, що визначає глибину поширення впливу однієї величини на іншу на графі. Наприклад, вплив несправності на значення інших параметрів, координати гістограми для узагальненого масиву відстаней маршрутів. Організація цього етапу базується на автоматичній процедурі.

На III етапі конкретизують допустиме значення критичної відстані $p_{кр}$, а отже, і межі розрізання графа, виділяють робочий граф для обраного допустимого значення критичної відстані $p_{кр}$, виконують оцінку вершин параметра за фактором чутливості до появи дефектів і інформативності Ω_i ; оцінку параметра вершини за фактором роздільної здатності дефектів при вимірі цього параметра ϕ_i . Подальше уточнення коефіцієнтів значущості факторів α , β і γ здійснюють з метою обчислення показника ефективності параметра-вершини Φ_i . Граф, виді-

лений таким способом, використовується для аналізу результатів уточнення оцінок вершин і програвання можливих варіантів. Результат цього етапу суттєво впливає на весь хід подальшого рішення задачі. Він реалізується в інтерактивному режимі. Так як практичне рішення задачі оцінки технічного стану конкретного авіаційного двигуна потребує використання достатньо гнучкого алгоритму дослідження, подальша формалізація удосконалюється і доповнюється рядом алгоритмів та інтерактивних процедур.

Четверта (заклучна) стадія обробки граф-моделі реалізує задачу формування ефективної множини діагностичних параметрів, включає підготовчу процедуру побудови загальної таблиці покриття і дворівневої інтерактивної процедури покриття таблиці відстаней. Її перший рівень реалізується інтерактивною процедурою диференціального діагностування, а другий потребує реалізації спеціальної процедури "тонкого" діагностування [5].

Список літератури

1. Бир С. Кибернетика и управление производством. – М.: Физматгиз, 1963. – 275 с.
2. Глушков В.М. Макроэкономические модели и принципы построения отраслевых государственных автоматизированных систем. – М.: Статистика, 1975. – 160 с.
3. Берж К. Теория графов и ее применение. – М.: Изд-во иностр. лит., 1962. – 319 с.
4. Разработка автоматизированной системы экспертного анализа и прогнозирования научных разработок. Отчет о НИР ГКНТ /ГосНИЦ "Фонон"; Науч. руководитель А.Г.Кучер/А.Г.Кучер, Н.А.Снегирев, А.А.Тамаргазин. – Шифр "АНАЛИЗ"; № ГР 0195U017084. – К., 1994. – 90 с.
5. Горелкин А.Л., Скрипкин В.А. Метод распознавания. – М.: Высш. шк., 1977. – 222 с.

Стаття надійшла до редакції 12.03.01.

УДК 629.7.036.3:620.193.53

ББК 0551.41-033.253.047 0551.41-033.254.04-1 052 034 480.69-
К 663.691.4-14

Н.С.Кулик, Е.Н.Карпов, Эль-Хожайри Хуссейн

КОРРОЗИОННЫЕ ПОВРЕЖДЕНИЯ ЛОПАТОК ГАЗОВЫХ ТУРБИН

Приведен механизм коррозионного повреждения никелевых лопаточных материалов в присутствии ванадия, натрия и серы, находящихся в топливе. Анализированы различные методы защиты лопаток турбин от коррозии.

Повышение интенсивности эксплуатации, значительный рост ресурсов авиационных и стационарных газотурбинных двигателей (ГТД) и перевод их на эксплуатацию по техническому состоянию привели к появлению отказов двигателей, связанных с эрозивно-коррозионным повреждением деталей проточной части. Такого рода повреждениям, в первую очередь, подвержены сопловые и рабочие лопатки турбин, изменение геометрии которых в значительной степени влияет на экономичность двигателей, а структурные изменения материала лопаток могут явиться причиной их обрыва и разрушения узла турбины.

Изучению коррозионной стойкости конструкционных материалов и лопаток турбин в различных средах посвящено большое количество исследований [1; 2]. Важнейшими с точки зрения эксплуатационной надежности направлениями этих работ являются изучение физико-химических процессов взаимодействия материалов с окислительной средой, определение механических характеристик материалов в рабочих условиях и средах, разработка коррозионно-стойких сплавов и других средств защиты от коррозии.

Основными видами коррозии, по которым производится отбраковка деталей ГТД, являются: питтинговая, поражающая стальные роторы и лопатки компрессоров, межкристаллитная, разрушающая магниевые и алюминиевые корпуса компрессоров, фреттинг-коррозия