**Олійник Олексій Васильович. Концепція і методи моніторингу виробітку ресурсу авіаційних ГТД на основі ідентифікації динаміки температурного і напруженого стану основних деталей : Дис... д-ра наук: 05.07.05 – 2006**

|  |  |
| --- | --- |
| |  | | --- | | **Олійник О.В. Концепція і методи моніторингу виробітку ресурсу авіаційних ГТД на основі ідентифікації динаміки температурного і напруженого стану основних деталей.** – Рукопис. Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за фахом 05.07.05 – Двигуни та енергоустановки літальних апаратів. – Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «ХАI», Харків, 2006.  Дисертація присвячена проблемі підвищення точності експлуатаційного моніторингу виробітку ресурсу (МВР) авіаційних ГТД з метою забезпечення їх надійності та довговічності при експлуатації за технічним станом.  Запропоновано концепцію створення систем МВР авіаційних ГТД, яка містить: розгляд МВР як методу непрямого виміру виробітку міцнісного ресурсу; структурну і функціональну (непараметричну) ідентифікацію температурного і напруженого станів деталей за комп'ютерними моделями високого рівня; оцінку під час експлуатації двигуна процесів температурного і напруженого станів за компактними моніторинговими моделями; урахування в моніторингових моделях розширеної номенклатури факторів силового і теплового навантаження, в тому числі нестаціонарних і нелінійних, таких, як: динаміка температури і температурних напружень, зазори у з’єднаннях деталей, залежність характеристик матеріалів від температури, тепловіддачі від режиму тощо; оцінку похибок моніторингових моделей і МВР у цілому. | |
| |  | | --- | | Основною проблемою систем МВР залишається створення компактних і достатньо точних моніторингових моделей ТС і НС деталей на різних режимах роботи двигунів. Унаслідок нерозв'язаності цієї проблеми відомості про системи МВР, що маються у технічній літературі, залишаються розрізненими і не утворюють єдиної концепції. Створення такої концепції, методичних, алгоритмічних і програмних засобів підвищення точності систем МВР є актуальною науково-технічною проблемою, що відповідає потребам авіаційного двигунобудування у забезпеченні надійності ГТД при їхній експлуатації за технічним станом.  У дисертації наведене нове вирішення проблеми підвищення точності МВР.  1. Запропоновано концепцію МВР авіаційних ГТД на основі ідентифікації динаміки ТС і НС основних деталей двигунів за моделями високого рівня, що містить ряд нових положень і вимог, зокрема:  1.1. Запропоновано структуру системи моніторингових математичних моделей, що пов'язують ТС і НС із контрольованими параметрами і ресурсними показниками.  1.2. Сформульовано вимогу і запропоновано методику попереднього дослідження структури НС основних деталей – внеску в нього окремих чинників механічного (силового) і теплового навантаження, включаючи такі “нелінійні” чинники, як залежність модулів пружності від температури, теплова і силова взаємодія деталей, наявність температурних зазорів тощо. Результати дослідження є інформаційною основою структурної і параметричної ідентифікації моніторингових моделей НС.  1.3. Обґрунтовано доцільність розробки і застосування моніторингових моделей ТС і НС, що використовують статичні та динамічні характеристики цих станів. Показано, що їх застосування зменшує обчислювальні витрати більш ніж у 103разів у порівнянні з скінченно-елементними методами.  1.4. Уперше проаналізовано метрологічний аспект МВР, який розглядає моніторинг, ідентифікацію ТС і НС деталей як процедуру непрямого виміру цих величин за результатами прямих вимірів параметрів двигуна й умов польоту. У зв'язку з цим уведено вимогу оцінки похибки МВР, а також моніторингових моделей, що її забезпечують: ТС, НС, накопичення пошкоджень тощо.  2. В основу концепції покладено такі отримані автором наукові результати, які у сукупності вирішують проблему створення моніторингових моделей ТС і НС із похибкою близькою до похибки моделей високого рівня:  2.1. Задачі моніторингу ТС і НС деталей двигуна розглянуто з єдиної позиції простору станів теорії керування і сформульовано як подібні задачі про спостереження відповідних виходів динамічної системи, керованої контрольованими параметрами двигуна.  2.2. Отримано формули, що перетворюють алгоритм моніторингу температури і температурних напружень на неусталених режимах із операцій з скінченно-елементними моделями великої розмірності в операції зі скалярними або невеликої розмірності статичними і перехідними характеристиками цих моделей. Формули не потребують обчислення полів температур і напружень, що істотно зменшує розмірність задачі порівняно із відомими методами.  2.3. Як моніторингову модель ТС на усталених режимах запропоновано математичну модель – функціональний зв'язок безрозмірних коефіцієнтів, що характеризують подібність режимів двигуна за температурою, тепловіддачею деталей та їх теплопровідністю.  Побудова моніторингової моделі (непараметрична ідентифікація) усталеного ТС полягає у визначенні за запропонованою методикою такого зв'язку як статичної характеристики математичної (комп'ютерної) моделі високого рівня.  2.4. Як моніторингову модель ТС на неусталених режимах запропоновано математичну модель, основану на асимптотичній подібності перехідних характеристик температури при змінній і постійній тепловіддачі. Запропоновано метод непараметричної ідентифікації неусталеного ТС – одержання перехідних характеристик температури при змінній і постійній тепловіддачі, а також функції їх перетворення за математичною (комп'ютерної) моделлю високого рівня.  2.5. Отримано формули, що описують нелінійну подібність термонапруженого стану деталей на різних усталених режимах, через запропоновані у роботі статичні характеристики НС – залежності температурного напруження у точці конструкції від температури у ній при рівномірному і типовому нерівномірному нагріванні.  Побудова моніторингової моделі (непараметрична ідентифікація) температурних напружень на усталених режимах полягає у визначенні запропонованих статичних характеристик за математичною (комп'ютерною) моделлю високого рівня.  2.6. Отримано моніторингову модель термонапруженого стану на неусталених режимах, що використовує асимптотичну подібність перехідних характеристик температурної деформації вузла конструкції при змінній і постійній тепловіддачі. Показано ідентичність функцій, що описують асимптотичну подібність перехідних характеристик температурної деформації й асимптотичну подібність перехідних характеристик температури деталі.  3. Запропонований у роботі метод верифікації системи МВР за моделями високого рівня було випробувано на практиці при створенні таких систем для авіаційних ГТД: Д-27, Д-18Т, Д-436ТП Державного підприємства «Івченко – Прогрес». Отримані значення похибки МВР, порядку 10%, істотно менші, ніж у відомих систем, і характеризують велике коло, у тому числі неусталених, режимів.  4. Запропоновану концепцію і методи МВР авіаційних ГТД на основі ідентифікації динаміки температурного і напруженого станів основних деталей було реалізовано у системах МВР наведених вище двигунів. Створені системи випробувано при обробці інформації, отриманої при випробувальних і експлуатаційних польотах літаків Ан-70, Ан-124, Бе-200. Підтверджено універсальність концепції та методів МВР, запропонованих у роботі, їх корисність та ефективність. | |