«Розробка технології подовження ресурсних показників авіаційних двигунів з використанням автоматизованих систем супроводу їх експлуатації»

Основні наукові результати

Під час виконання роботи була проаналізована пошкоджуваність деталей двигуна від експлуатаційних факторів, а також вплив режимів роботи ГТД, умов експлуатації на пошкоджуваність деталей двигуна. При прогнозуванні ресурсу відповідальних конструктивних елементів газотурбінних двигунів і при розробці методів розрахункової оцінки еквівалентного напрацювання і залишкового ресурсу в процесі експлуатації були використані детерміновані моделі оцінки пошкоджуваності, а також імовірнісні моделі розрахунку накопиченої пошкоджуваності. Розроблена модель розрахунку пошкоджуваності за польотний цикл при повторно-статичному і циклічному навантаженні. Показано, що при незалежних, близьких до нормальних випадкових пошкоджуваностей за цикл можна оцінити основні імовірнісні характеристики накопиченої пошкоджуваності і чисел циклів до руйнування, за які пошкоджуваність перевищує критичний рівень.

Розглянута оцінка і моніторинг коефіцієнтів запасу міцності, вироблення ресурсу й інших показників з детермінованих та імовірнісних позицій. Визначено зв'язок цих показників з накопиченою пошкоджуваністю, який дозволив оцінити імовірнісні характеристики коефіцієнтів запасу міцності і довговічності, а також коефіцієнта вироблення ресурсу при відомих характеристик пошкоджуваності. Установлено залежність між мінімальними коефіцієнтами запасу міцності і довговічності в умовах рівної пошкоджуваності. Отримано формулу для визначення прогнозованого числа циклів до руйнування і коефіцієнтів вироблення ресурсу через накопичену пошкоджуваність для степеневих і напівлогарифмічних характеристик міцності. Приводяться імовірнісні характеристики коефіцієнтів запасу для ряду основних законів розподілу накопиченої пошкоджуваності.

На основі аналізу факторів впливу на процеси старіння матеріалів конструктивних елементів ГТД і обробки статистичного матеріалу, щодо відмов і пошкоджень деталей з метою виявлення критичних елементів конструкції було розроблено програму подовження календарних термінів служби авіаційних двигунів.

Проведено аналіз діючих навантажень на критичні елементи двигунів на сталих режимах роботи та розроблено програму подовження міжремонтних і назначених ресурсів напрацювання льотних годин роботи авіаційних двигунів.

Аналіз досліджень впливу циклічних навантажень на довговічність і надійність конструктивних елементів авіаційних ГТД дозволив розробити програму виконання робіт з подовження назначеного та міжремонтного ресурсу ГТД в циклах. Обгрунтовано розрахунок фактичного індивідуального наробітку двигуна польотних циклах. Показано, що при наявності експериментальних коефіцієнтів, які ураховують особливості кожного польотного циклу можна розрахувати фактичне вироблення двигуном наробітку у польотних циклах. Для двигунів Д-30КП/КП-2, експлуатація яких проводиться в умовах військово-транспортної і цивільної авіації, за формулярними даними визначається вичерпання ресурсу у польотних циклах і розраховується індивідуально для кожного двигуна фактичний залишок наробітку у польотних циклах.

Відпрацьована методика управління ресурсом двигунів підвищеної контролепридатності на базі ГТД Д-436 та ПС-90А. Розрахунково-експериментальний метод встановлення циклічного ресурсу основним деталям вказаних двигунів дозволяє:

– відтворення повного спектра навантажень на конструктивно подібну деталь (у тому числі і при перемінних напруженнях, що здійснюють істотний вплив на циклічну довговічність), виконану з того ж матеріалу, у подібних температурних умовах;

– урахування розкиду властивостей матеріалу (це враховано при визначенні призначених циклічних ресурсів основних деталей двигуна-прототипу, наприклад Д-36 для Д-436);

– урахування впливу конструкції (профілю) деталі на її циклічну довговічність, тому що основні деталі двигуна-прототипу мають подібну конструкцію.

Розроблена система моніторингу технічного стану парку двигунів старіючих літаків на рівні Державної авіаційної адміністрації України для підготовки і ведення доказової інформації для подовження ресурсів.

Розроблена автоматизована система контролю технічного стану двигунів Д-30КП "Алгоритм Д-30КП".

Практична цінність

Практична цінність отриманих результатів полягає в розробці методології отримання методичного та алгоритмічного забезпечення автоматизованої системи моніторингу виробітку ресурсу та визначення технічного стану авіаційних двигунів.

Методи та алгоритми було виконано та випробувано на прикладі двигуна ПС-90А. Розробка математичної моделі множинного руйнування, її методичне та програмне забезпечення були розроблені на базі обробки даних про процеси множинної пошкоджуваності авіаційних жароміцних сплавів і можуть бути використані для широкого спектру конструктивних елементів, що працюють в умовах високих температур та навантажень.

Отримані у ході роботи результати були впроваджені у науково-виробничому центрі "Техдіагаз" та закритому акціонерному товаристві "УРАРП" для:

1) оцінки інтенсивності виробітки фактичного ресурсу конструктивних елементів ГТД на базі обробки даних штатної системи реєстрації параметрів робочого процесу;

2) виявлення ГТД з найбільшим рівнем накопичених пошкоджень шляхом порівняльного аналізу параметрів пошкоджуваності;

3) прогнозування залишкового ресурсу за критеріями міцності та зменшення витрат, пов'язаних з відмовами ГТД та проведення ТОіР;

4) формування рекомендацій з вдосконалення процесів технічної експлуатації парку однотипних ГТД.

Перелік основних наукових публікацій, доповідей на конференціях, семінарах

1. *Кулик Н.С., Тамаргазин А.А.*Оценка технического состояния авиационных двигателей с учетом случайных ошибок в диагностической информации. - Авиационно-космическая техника и технология. НАУ им. Н.Е.Жуковского "ХАИ" , 2005. – С.186-189.

2. *Кучер А.Г., Тышкевич А.В., Власенко П.А.* Эксплуатационный мониторинг выработки ресурса критических элементов ГТД / Вестник двигателестроения.– Запорожье: ОАО "Мотор Сич", - 2006. – №3. - С.65-69.

3. Энциклопедия безопасности авиации / *В.П. Бабак, В.П. Харченко, Н.С. Кулик, А.Г. Кучер и др.; За ред. В.П. Бабака*.- К.: Техніка, 2006. - 940 с.

4. *Кучер А.Г., Тышкевич А.В.* Мониторинг поврежденности деталей ГТД в процессе эксплуатации // Матеріали МНК "Політ-2005", 12-13 квітня, 2005.-С.259-261.

5. *Рикуніч Ю.М., Ситніков О.Є., Кучер О.Г.* Аналіз і прогнозування зміни технічного стану пневматичних клапанів з електромагнітним приводом систем обладнання літальних апаратів. Тезиси докладу до сьомої Міжнародної науково-технічної конференції асоціації спеціалістів ПГП "Промислової гідравліки і пневматики" м.Вінниця, 5-6 жовтня 2006 р.

6. Степанов А.П., Иноземцев А.А., Кулик Н.С., Тарасенко А.А. К вопросу о модернизации самолетов ИЛ-76 с использованием малошумных и экономичных двигателей ПС-90А-76 // Стратегія розвитку України. - 2006.-№1.- С.425-433.

7. *Кулик М.С., Чоха Ю.М., Чумак О.І., Федорчук О.П.* Автоматизована інформаційно-діагностична система оперативної оцінки ступеня закоксування паливних форсунок газотурбінних двигунів // Вісник НАУ. -2006.-№4. - С.25-29.

8. *Mykola Kulyk* Monitoring aging aircraft engines // The development plan for the broadcasting and visual industry cluster in Goyang-city: Proceedings of the 3rd International conference. - Hankuk: Hankuk aviation university. - 2006.-№3. - P.37.