

УДК 621.452.3

В.М. ВЕРШИНА¹, В.А. СЕДРИСТЫЙ¹, А.А. ГОРЯЧИЙ², С.В. ЕПИФАНОВ²¹ГП ЗМКБ «Прогресс» им. академика Ивченко, Запорожье, Украина²Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина

**РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО НАЗЕМНОГО КОМПЛЕКСА
ДИАГНОСТИРОВАНИЯ СИЛОВОЙ УСТАНОВКИ (НКДСУ)
ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАЗЕМНОГО КОНТРОЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО
СОСТОЯНИЯ ДВИГАТЕЛЯ ТВЗ-117ВМА-СБМ1 НА САМОЛЕТЕ АН-140
ПО ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ПОЛЕТНОЙ ИНФОРМАЦИИ,
ЗАРЕГИСТРИРОВАННОЙ НА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЙ БОРТОВОЙ
НАКОПИТЕЛЬ, В ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПЕРЕВОДА ДВИГАТЕЛЯ
НА ЭКСПЛУАТАЦИЮ ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ СОСТОЯНИЮ**

Автоматизированный контроль технического состояния газотурбинного двигателя и его систем осуществляется бортовыми и наземными средствами контроля. Для повышения эксплуатационных качеств авиационных двигателей и обеспечения их эксплуатации по техническому состоянию они оснащаются эффективными бортовыми автоматизированными системами диагностического анализа параметров. В представленной работе рассмотрена реализация в эксплуатации программно-аппаратных средств наземной автоматизированной обработки полетных данных, с обязательным использованием трендового анализа.

бортовые устройства регистрации, газотурбинный двигатель, газо-воздушный тракт, автоматизированные системы контроля и диагностики

Введение и постановка задачи

Важнейшим условием обеспечения потребного уровня контролепригодности, перевода двигателя на эксплуатацию по техническому состоянию (ТС), а также повышения надежности авиационных ГТД является использование на всех этапах их жизненного цикла автоматизированных систем диагностирования, обеспечивающих анализ ТС двигателя, его узлов и систем, выявления причин дефектов и выработки рекомендаций по их устранению, а также управлению и обслуживанию газотурбинным двигателем (ГТД).

Автоматизированный контроль технического состояния (ТС) двигателя и его систем осуществляется бортовыми и наземными средствами контроля.

К задачам контроля и диагностирования относятся:

1. Бортовой оперативный (параметрический) контроль текущего ТС двигателя с выдачей экипажу информации, необходимой для принятия решения и

выполнения необходимых действий, а также регистрации параметров и событий для их последующей наземной автоматизированной обработки.

2. Наземная диагностическая обработка записей бортовых устройств регистрации (БУР), ведение электронного журнала ТС каждого двигателя с учетом результатов диагностики, принятие решений по диагностическим сообщениям бортового контроля и выдача рекомендаций эксплуатирующим подразделениям.

Наземные средства и методы контроля ТС двигателя и его систем включают:

– автоматизированные (электронные) системы обработки, выдачи и хранения полетной информации, зарегистрированной в БУР, для оценки ТС двигателя и его систем наземным персоналом при выполнении технического обслуживания с применением специализированного программного обеспечения (СПО);

– периодический визуальный осмотр двигателя, агрегатов и коммуникаций систем для оценки их

состояния и опико-визуальный осмотр газо-воздушного тракта (ГВТ);

- периодический отбор проб масла для определения его характеристик и наличия металлов в масле;
- автоматизированная система обработки для обеспечения принятия решения о дальнейшей эксплуатации двигателя.

На самолете Ан-140 информация о неисправностях, регистрируются в БУР, и после посадки самолета в кабине экипажа подсвечивается табло "Есть сообщение".

Наземный персонал путем подключения наземных средств может считать зарегистрированную информацию о неисправностях, а также обработать информацию по специальным алгоритмам (программам) для выдачи ее в требуемой форме отображения и анализа.

На самолете Ан-140 установлены следующие электронные средства обработки, сбора, и хранения информации:

- РЭД-2000, который принимает 24 параметра и 22 сигнала для использования в системе автоматического управления режимами и контроля двигателя;
- БУК-140, который принимает в кодовом виде информацию из РЭД-2000 для подсвечивания табло САС (система аварийной сигнализации);
- БУР, который регистрирует параметры и сигналы в эксплуатационный бортовой накопитель (ЭБН) для их последующей наземной расшифровки автоматизированными наземными средствами;
- аварийный регистратор (АР), конструктивно входящий в БУР, регистрирует 11 параметров и 20 сигналов, используемых при оценке аварийных ситуаций.

Результаты измерений контролируемых параметров и сигналов двигателя с помощью бортовых и наземных устройств преобразовываются в вид, допускающий ввод их в наземные системы автоматического контроля и обработки параметров.

Решение проблемы

По разработанному нашим предприятием техническому заданию (ТЗ) заказана ХАИ разработка наземного программного обеспечения, которое должно решать ряд следующих задач:

1. Обработка полетной информации (ПИ) посредством экспресс-анализа, с проверкой правильности результатов контроля двигателя по бортовым алгоритмам, реализованным в РЭД (с занесением ее и результатов обработки в базы данных (БД) по двигателю);

2. Углубленный контроль ТС двигателя и его систем, с использованием индивидуальных моделей их нормального состояния по следующим алгоритмам наземного анализа ПИ: контроль запуска; контроль маслосистемы; контроль топливной системы; контроль проточной части; контроль вибраций; контроль ограничителей РЭД; контроль механизации компрессора; анализ трендов и прогнозирование изменения контролируемых параметров по наработке; контроль выработки ресурса по малоцикловой усталости и длительной прочности основных деталей двигателя.

Основные функции программного комплекса: хранение информации, настройка (конфигурирование) алгоритмов контроля, алгоритмическая обработка информации (включающая два уровня обработки данных и идентификацию моделей), визуализация промежуточных и окончательных результатов работы комплекса.

Методы, предполагаемые для использования в НКДСУ, могут применяться как в оперативном режиме - т.е. в режиме реального времени на работающем двигателе, так и по информации, зарегистрированной в накопителе. Методы реализуются в виде диагностических алгоритмов. Алгоритмы подразделяются на: алгоритмы первичной обработки; алгоритмы диагностического анализа.

Алгоритмы первичной обработки формируют и накапливают промежуточные информационные срезы, на которых работают алгоритмы диагностического анализа.

Допусковый контроль параметров проточной части двигателя состоит в проверке нахождения отклонения параметра проточной части от его модели нормального состояния в пределах заданной нормы.

Классификация методов допускового контроля ГТД: на верхнем уровне классификации различают контроль по абсолютным предельным значениям параметров и контроль по отклонениям от номинальных значений. При контроле по отклонениям необходимо определять номинальные значения параметров.

Для трендового контроля, исходя из его задач, должны быть отобраны такие параметры, которые характеризуют техническое состояние двигателя в процессе его эксплуатации с целью анализа долгосрочного изменения этих параметров для оценки и продления ресурса.

Общим для реализованных автоматизированных систем контроля и диагностики (АСКД) с подсистемами трендового анализа является использование следующих групп параметров, характеризующих соответственно: температурный режим двигателя; вибросостояние двигателя и трансмиссии; частота вращения роторов двигателя (и винта); мощность (тяга, крутящий момент).

Именно такая совокупность параметров обеспечивает достоверность трендового контроля ТС турбовинтового двигателя (ТВД).

Базы данных полетной регистрации имеют значительный разброс параметров, что существенно снижает эффективность статистик тренда и вызывает недопустимые ложные срабатывания. Для снижения влияния указанного фактора в современных АСКД, дополнительно к формулам приведения, используют диагностические модели двигателей, построенные, либо по данным статистической обработки баз данных (регрессионные модели), либо на основе имитационных моделей.

Сопоставление данных имитационного моделирования с базами данных стендовых испытаний двигателя показывает высокую степень соответствия разработанной математической модели реальному поведению двигателя на установившихся и переходных режимах. Такое соответствие дает основа-

ние полагать, что ее уточнение с учетом изменения параметров двигателя по наработке будет давать такой же уровень соответствия данным реальной эксплуатации.

Заключение

Таким образом, реализация в эксплуатации программно-аппаратных средств наземной автоматизированной обработки полетных данных, с обязательным использованием трендового анализа и контроля ресурса основных деталей двигателя по малоцикловой усталости и длительной прочности позволяет осуществить:

- обнаружение и предупреждение об отказах двигателя для предотвращения катастрофических ситуаций, нелокализованных разрушений и пожаров по вине двигателя;
- обнаружение большинства неисправностей до того, как они приведут к отказу двигателя в целом;
- обнаружение места неисправности с точностью до съемного узла;
- прогнозирование состояния двигателя по наработке;
- оценку степени выработки ресурса в обобщенных полетных циклах и обеспечивает применение 2-й стратегии эксплуатации двигателя.

Литература

1. Синтез систем управления и диагностирования газотурбинных двигателей / С.В. Епифанов, В.И. Кузнецов, И.И. Богаенко и др. – К.: Техника, 1998. – 312 с.
2. Миргород В.Ф., Ранченко Г.С. Особенности применения трендовых статистик при обработке данных в системах технической диагностики // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. – 2005. – № 4. – С. 25-27.

Поступила в редакцию 26.05.2008

Рецензенты: д-р техн. наук, проф. Б.И. Кузнецов, Национальный технический университет «ХПИ», Харьков; ведущий конструктор по двигателю ТВ3-117ВМА-СБМ1 Г.А. Прочан, ГП ЗМКБ «Прогресс» им. академика Ивченко, Запорожье.