

УДК 006.91

А.Г. БУРЯЧЕНКО, Г.С. РАНЧЕНКО

ОАО «Элемент», Одесса, Украина

ИСПЫТАТЕЛЬНАЯ БАЗА И МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИСПЫТАНИЙ ОТВЕТСТВЕННЫХ ИЗДЕЛИЙ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ

Отражены основные требования к объему испытаний, испытательной базе и методическому обеспечению испытаний бортового электронного оборудования и программно-технических комплексов испытаний авиационных двигателей. Освещены проблемные вопросы, возникающие при обеспечении испытаний, и показаны пути их решения на примере создания испытательной базы ОАО «Элемент» – разработчика комплектующих изделий авиационной техники. Приведены сведения о специализированном оборудовании, средствах автоматизации, методическом и программном обеспечении испытаний собственной разработки предприятия.

Ключевые слова: бортовое электронное оборудование, интеллектуальные датчики и системы, измерительные каналы, дестабилизирующие факторы, косвенные измерения, программное обеспечение.

Введение

Экспериментальные исследования характеристик изделий бортовой электронной аппаратуры и комплексов, обеспечивающих испытания авиационных двигателей, являются важным этапом, необходимым на всех стадиях жизненного цикла изделий, включая разработку, изготовление и сопровождение изделий в эксплуатации. Являясь разработчиком и изготовителем комплектующих изделий авиационной техники, ОАО «Элемент» – головная организация Минпромполитики по направлению «Электронные системы измерения, контроля параметров и управления авиационными двигателями» – уделяет значительное внимание формированию и совершенствованию испытательной базы, как в части оснащения стандартизованным оборудованием и средствами измерения, так и в части обеспечения специализированными средствами автоматизации экспериментальных исследований собственной разработки, вплоть до программных имитаторов режимов работы двигателя, самолетных и двигательных агрегатов.

1. Формулирование проблемы

Эксплуатация электронной бортовой аппаратуры подразумевает воздействие жестких внешних дестабилизирующих факторов, которые вызывают дополнительные погрешности в работе измерительных каналов, сокращают ресурс и могут вызвать как катастрофические, так и параметрические отказы. В частности, на аппаратуру воздействуют:

- изменения температуры окружающей среды в широком диапазоне (наиболее типичным является диапазон от минус 50 до +100 °С);
- механические удары, линейное ускорение и

вибрация, соответствующие перегрузкам 10... 15g и более;

- нестабильность питания, в том числе воздействие кратковременных (длительностью в несколько мс) импульсов, которые практически в два раза превышают номинал;
- электромагнитные помехи – фактор, который становится все более существенным в условиях повышения степени «электрификации» современных самолетов;
- для датчиков (каналов) измерения давления существенным фактором, снижающим ресурс, является также воздействие пульсаций измеряемого давления с амплитудой 20... 90 % от верхнего предела измерений с частотой в десятки и сотни герц.

Разработчик в процессе макетирования, изготовления и испытаний опытного образца обязан провести по возможности наиболее полные экспериментальные исследования влияния дестабилизирующих факторов на характеристики изделия, выбрать схему и конструкцию, которые обеспечат компенсацию влияния, и затем испытаниями подтвердить эффективность использованных решений. Для этого необходимо обеспечить:

- создание и поддержание в течение заданного времени условий окружающей и контролируемой среды, соответствующих реальным условиям эксплуатации;
- контроль метрологических характеристик измерительных каналов изделия, последующую обработку данных, и оценку результатов;
- достаточно полный контроль параметров изделия в части взаимодействия с внешними устройствами (например, бортовой ЭСУ) и выполнения функций изделия по выдаче управляющих сигналов

и команд в зависимости от принимаемой информации (например, сигналов датчиков, поступающих на входы измерительных каналов изделия);

- минимизацию трудозатрат на проведение измерений и обработку их результатов.

2. Решение проблемы

Для обеспечения испытаний разрабатываемых изделий с соблюдением перечисленных требований испытательная база ОАО «Элемент» создана и постоянно совершенствуется с соблюдением следующих принципов:

- в начале разработки проводится анализ требований к точности измерительных каналов разрабатываемых изделий, выбор методов контроля погрешностей и обработки результатов измерений с применением методов математической статистики и корреляционного анализа [1, 2, 3], затем на основе результатов проведенной работы формируются требования к точности рабочих эталонов с учетом критериев достоверности измерений [4] и при необходимости предприятие дооснащается новейшими современными средствами измерения (так, например, когда по мере ужесточения требований к пределам погрешности каналов измерения давления использовавшиеся ранее рабочие эталоны кл.0,05 перестали в полной мере обеспечивать проверку каналов, был приобретен манометр цифровой DPI 800P с набором датчиков давления кл.0,02);

- на основе стандартного оборудования с использованием специализированной технологической оснастки создаются испытательные стенды, обеспечивающие контроль всех необходимых параметров изделия во время воздействия дестабилизирующего фактора;

- при необходимости разрабатывается и изготавливается собственное испытательное оборудование и контрольно-проверочная аппаратура (в том числе с достаточно сложным программным обеспечением вплоть до имитации режимов работы двигателя в соответствии со специально разработанной математической моделью).

Примерами такого оборудования и устройств КПА собственной разработки могут служить:

- стенд циклического нагружения датчиков давления;
- имитатор ДБСКТ;
- стенд-имитатор режимов работы двигателя АИ-450.

Важным примером является также специализированное программное изделие, служащее инструментом проведения автоматизированных экспериментальных исследований характеристик вычислительных каналов при аттестации программно-технических комплексов испытаний авиационных двигателей.

Краткое описание перечисленных разработок ОАО «Элемент» дано ниже.

Стенд циклического нагружения датчиков давления (рис. 1) обеспечивает автоматизацию испыта-

ний датчиков на воздействие пульсаций давления с заданной частотой и амплитудой в течение необходимого времени.



Рис. 1. Стенд циклического нагружения датчиков давления

Воздействие быстропеременного давления является одним из наиболее существенных факторов ускорения выработки ресурса [5], поэтому проведение испытаний датчиков на циклическое нагружение – важный этап оценки показателей надежности. Стенд оснащен блоком управления с встроенным программным обеспечением, позволяющим задавать параметры испытаний

Имитатор ДБСКТ (дублированных синусно-косинусных трансформаторов, которые используются в качестве датчиков угла поворота) является примером относительно простого устройства в ряду разработанных в ОАО «Элемент» устройств КПА. Имитатор предназначен для проверки параметров системы контроля угла поворота СКУП, измерительные каналы которой обеспечивают обработку сигналов ДБСКТ. Имитатор обеспечивает формирование двух (синусного U_{\sin} и косинусного U_{\cos}) переменных напряжений, синхронно изменяющихся в зависимости от заданного угла α , который вычисляется как арктангенс (арккотангенс) их отношения:

$$\alpha = \arctg(U_{\sin}/U_{\cos}).$$

Два экземпляра имитатора уже более 5 лет используются для проведения проверок изделий СКУП, изготовленных ОАО «Элемент» и принадлежащих в настоящее время ЗМКБ «Прогресс», ОАО «Мотор Сич» и АНТК им. Антонова. Погрешность имитаторов, систематически контролируемая при проведении проверок СКУП, не превышает $\pm 0,05^\circ$ (следует отметить, что погрешность датчиков ДБСКТ, как правило, на порядок больше). В настоящее время на предприятии разработана новая модель изделия СКУП со встроенным имитатором ДБСКТ, что значительно упрощает не только проверку, но и оперативный контроль параметров изделия.

Стенд-имитатор режимов работы двигателя АИ-450 – пример гораздо более сложного устройства КПА разработки ОАО «Элемент». Стенд-имитатор обеспечивает проверку параметров и отработку новых решений при разработке и испытаниях регулятора двигателя цифрового РДЦ-450 (рис. 2).

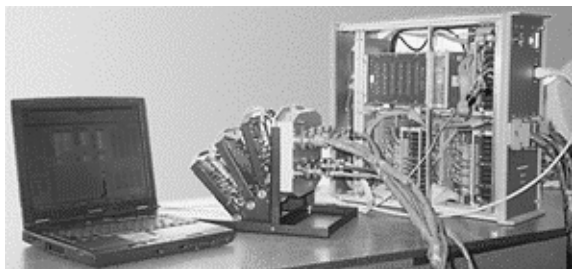


Рис. 2. Проверка блока РДЦ-450 с использованием стенда-имитатора

В программном обеспечении стенда-имитатора реализована модель двигателя, разработанная в тесном сотрудничестве с Харьковским авиационным институтом им. Н.Е. Жуковского и ГП ЗМКБ «Ивченко-Прогресс». Первые изготовленные образцы блока РДЦ-450 прошли испытания на стенде-имитаторе и в составе двигателя, что позволило уточнить модель и алгоритмы. Результаты совместных исследований специалистов ОАО «Элемент» и их коллег в области моделирования отражены в ряде публикаций [6 – 8].

Примерами разработок методического и программного обеспечения испытаний, выполненных на предприятии, могут служить методика статистического анализа распределения погрешностей и специализированное программное изделие, интегрированное в состав программно-технических комплексов испытаний авиационных двигателей, изготавливаемых ОАО «Элемент», и являющееся инструментом проведения экспериментальных исследований характеристик вычислительных каналов при их аттестации.

Указанная методика статистического анализа распределения погрешностей [3], реализованная в специализированном программном обеспечении, используется для проведения оценки статистических характеристик датчиков и измерительных каналов. В частности, выполняются оценки среднего, дисперсии, коэффициентов асимметрии и эксцесса, а также построение гистограммы распределения

погрешностей для выборок большого объема и проверка гипотезы о принадлежности выборок к статистической модели в виде нормально распределенной совокупности. Для проведения экспериментальной оценки погрешностей так называемых вычислительных каналов изделий, т.е. каналов, обеспечивающих выполнение косвенных измерений (рис. 3), на предприятии разработано специализированное программное изделие [9], реализующее моделирование реальной ситуации на входах и на выходе вычислительного компонента с одновременным контролем ее отклонений от «идеального».

Эксперимент выполняется в автоматизированном режиме. На входы вычислительной компоненты вместо измерительных каналов подключается программное изделие, генерирующее данные – набор действительных значений входных величин X и значения погрешностей с учетом реальных законов распределения.

По результатам работы вычислительной компоненты с заданными значениями формируется представительная выборка значений погрешности косвенного измерения, которая затем может быть обработана с применением описанной выше методики статистического анализа.

Заключение

1. В ОАО «Элемент» создана и постоянно совершенствуется методическая, аппаратная и программная база испытаний ответственных изделий авиационной техники (бортовой аппаратуры и программно-технических комплексов испытаний авиационных двигателей), соответствующая современным требованиям и обеспечивающая комплекс экспериментальных исследований характеристик выпускаемых изделий на всех стадиях их жизненного цикла, начиная от разработки.

2. Испытательная база сформирована и совершенствуется на основе всестороннего анализа требований к характеристикам изделий и к условиям



Рис. 3. Структура канала косвенных измерений

их эксплуатации с учетом задач обеспечения достоверности измерений и автоматизации испытаний с целью сокращения сроков и трудозатрат. Значительную долю испытательного оборудования, контрольно-проверочной аппаратуры и программного обеспечения испытаний составляют оригинальные изделия собственной разработки предприятия.

3. В дальнейшем намечены перспективы развития испытательной базы предприятия в первую очередь за счет:

- совершенствования методического обеспечения;
- повышения степени автоматизации исследований характеристик изделий;
- расширения состава и функциональных возможностей стендов-имитаторов, прежде всего программных.

Литература

1. СТ СЭВ 545-77 Прикладная статистика. Правила оценки аномальности результатов наблюдений.
2. МУ 1.1.180-88. Метрологическое обеспечение испытаний ГТД. Методика определения корреляционных характеристик параметров ГТД на установившихся и неустойчивых режимах испытаний с применением информационно-измерительных систем.
3. Миргород В.Ф. Методика и результаты статистического анализа распределения погрешностей датчиков давления для диагностических систем газотурбинных двигателей / В.Ф. Миргород, Г.С. Ранченко, А.Г. Буряченко, В.М. Грудинкин // *Авиационно-космическая техника и технология*. – 2006. – №10 (36). – С. 134-137.

4. МИ 187-86. ГСИ. Критерии достоверности и параметры методик поверки.

5. Буряченко А.Г. Критерии и результаты оценки надежности датчиков давления для авиационных двигателей / А.Г. Буряченко, Н.П. Волошина, Г.С. Ранченко, Ж. Деклама // *Авиационно-космическая техника и технология*. – 2004. – №7 (15). – С. 158-161.
6. Волков Д.И. Сопряжение диапазонов задания параметров квазилинейной динамической модели ГТД при ее кусочно-линейном представлении / Д.И. Волков, С.В. Епифанов // *Вестник двигателестроения*. – 2005. – №2. – С. 67-69.
7. Волков Д.И. Имитация двигательных и самолетных агрегатов при стендовых испытаниях авиационных двигателей / Д.И. Волков, В.А. Качура, А.А. Разладский // *Авиационно-космическая техника и технология*. – 2006. – № 7 (33). – С. 135-138.
8. Миргород В.Ф. Виртуальный стенд моделирования систем авиационных двигателей / В.Ф. Миргород, В.М. Грудинкин // *Искусственный интеллект*. – 2006. – № 3. – С. 186-191.
9. Ранченко Г.С. Оценка погрешностей косвенных измерений при испытаниях газотурбинных двигателей / Г.С. Ранченко, А.Г. Буряченко, Д.И. Волков // *Авиационно-космическая техника и технология*. – 2003. – № 41/6. – С. 160-163.

Поступила в редакцию 2.06.2008

Рецензент: д-р техн. наук, проф. С.А. Положаенко, Одесский национальный политехнический университет, Одесса.

ВИПРОБУВАЛЬНА БАЗА ТА МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИПРОБУВАНЬ ВІДПОВІДАЛЬНИХ ВИРОБІВ АВІАЦІЙНОЇ ТЕХНІКИ

А.Г. Буряченко, Г.С. Ранченко

Визначені головні вимоги до об'єму випробувань, випробувальній базі та методичному забезпеченню випробувань бортового електронного обладнання та програмно-технічних комплексів для випробувань авіаційних двигунів. Висвітлені проблемні питання, які з'являються при забезпеченні випробувань, та показані шляхи їх вирішення на прикладі створення випробувальної бази ВАТ «Елемент» – розробника комплектуючих виробів авіаційної техніки. Наведені відомості про спеціалізоване обладнання, засоби автоматизації, методичне та програмне забезпечення випробувань власної розробки підприємства.

Ключові слова: бортове електронне обладнання, інтелектуальні датчики та системи, вимірювальні канали, дестабілізуючі фактори, похибка, посередні вимірювання, програмне забезпечення.

TEST BASIS AND METHODOLOGICAL APPROACH FOR TESTS OF CRITICAL ITEMS OF AEROSPACE ENGINEERING

A.G. Buryachenko, G.S. Ranchenko

Main requirements to the volume of tests, test basis and methodical approach for tests of the board electronic equipment and the program-technical complexes of aviation engines are determined. Problem questions which appear until tests and the way of their solution are shown by example of JSC “Element”’s test basis creation. JSC “Element” is developer of aerospace engineering components. Information about special equipment, autoimmunization means, methodical and program approach for test developed by JSC “Element is given.

Key words: board electronic equipment, smart transducers and systems, measuring channels, destabilizing factors, error, indirect measurement, software.

Буряченко Анна Григорьевна – главный метролог, ОАО «Элемент», Одесса, e-mail: element@farlep.net.

Ранченко Геннадий Степанович – канд. техн. наук, главный конструктор, ОАО «Элемент», Одесса, e-mail: element@farlep.net.