

УДК 629.7.018

А.Н. ПОНОМАРЕВ*Днепропетровский национальный университет, Украина*

ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ЗАДАЧАХ КОНТРОЛЯ ПНЕВМОГИДРАВЛИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПИТАНИЯ ЖИДКОСТНЫХ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Представлена концепция информационного технологического обеспечения для принятия решений в задачах контроля пневмогидравлических систем питания жидкостных ракетных двигателей. Проведен анализ отказов указанных элементов. Представлены результаты экспериментальной отработки импульсно-акустического метода диагностики.

техническая диагностика, неразрушающий контроль, испытания

Введение

Интерес к вопросам проектной надежности и эксплуатационной технологичности создаваемых ракет-носителей (РН) обусловлен расширяющимся рынком доставки полезной нагрузки и риском потери коммерческого интереса.

Проектирование сложных технических систем, к которым относится современная ракета-носитель, требует обеспечения их высокой надежности и безаварийности в эксплуатации. Исключение аварийных ситуаций при работе – важнейшая задача, которая должна решаться при создании новых образцов техники. Одним из способов достижения указанной цели является применение диагностирования технических систем на всех этапах их изготовления, в том числе окончательно собранного изделия.

Одной из ответственных систем, входящих в состав РН является пневмогидравлическая система питания жидкостной ракетной двигательной установки (ПГСР ЖРДУ). Существующая тенденция к усложнению схемных и конструктивных решений, вытекающая из расширения диапазона решаемых ракетным комплексом задач, требований к точности выполнения ракетой тактико-технического задания, приводит к более пристальному вниманию к вопросам повышения надежности работы ПГСР ЖРДУ.

Обзор публикаций. При разработке системы

технической диагностики ПГСР ЖРДУ особый интерес представляют работы, посвященные методам контроля сложных изделий, включающих пневмогидравлические системы.

Программа обеспечения надежности РН предусматривает проведение испытаний всех систем изделия, начиная от этапа автономных испытаний отдельных агрегатов и заканчивая комплексными испытаниями собранной ракеты.

Автономные испытания агрегатов, механизмов, узлов ЖРДУ и ПГСР определяются соответствующими техническими документами на основе анализа функционального назначения объекта испытания, требований к его параметрам и характеристикам, условий эксплуатации, сборки, хранения, подготовке к работе и использования в составе штатной ПГСР. В частности автономным испытаниям подвергается пневмогидравлическая система подачи топлива. Наиболее информативной в плане обнаружения неисправностей является в настоящий момент система холодных технологических испытаний (ХТИ) ПГСР. ХТИ включает в себя ряд методов, которые позволяют выявить нарушения параметрических характеристик трактов, герметичность испытываемых трактов, ошибки в адресации трубопроводов отдельных систем. [1]. Но, в то же время существует нехватка методов контроля исходного технического

состояния элементов автоматики (ЭА) многоразового действия ПГСР РН. Анализ работ, посвященных теоретическим, прикладным и методическим вопросам диагностирования систем различного назначения показывает, что в настоящее время созданы и широко применяются на практике методы контроля различных сложных технических систем, например двигателей внутреннего сгорания, авиационных двигателей, всевозможных пневматических и гидравлических приводов, механических агрегатов. В основном эти методы разработаны для конкретных технических решений отдельных узлов и устройств.

Испытания систем ЖРД и ПГСР ЖРДУ проводятся, как правило, после окончания автономной отработки агрегатов, комплектующих эти системы. При испытании систем, наряду с серийным промышленным оборудованием, используются специальные стенды. Это, в частности, стенды для диагностики отдельных сборок трубопроводов с элементами автоматики для контроля пневмо- и гидроприводов, различных систем самолета (гидравлической, пневматической, кислородной, пожаротушения и пр.). Функционирование систем проверяют на полностью собранном изделии при рабочих давлениях после проверки участков систем. Данный подход близок по целям к задачам контроля технического состояния ПГСР ЖРДУ [2].

Цель исследований

На основании экспериментальных исследований импульсно-акустических процессов при срабатывании элементов автоматики многоразового действия разработать метод контроля их состояния, информационное обеспечение метода и методику применения данного метода в цикле холодных технологических испытаний ракеты-носителя.

Результаты исследований

Автором проведено исследование конструкций элементов автоматики ПГСР РН. Рассмотрены кон-

струкции применяемых в современной ракетно-космической технике клапанов, определены объекты диагностирования – электропневмоклапаны (ЭПК), электрогидроклапаны (ЭГК).

Поставлена задача диагностирования состояния элементов автоматики ПГСР – клапанов, регуляторов, переключателей, детали которых при срабатывании совершают поступательное движение с остановкой. Вследствие этого они издадут кратковременный (импульсный) акустический сигнал, что позволяет при измерениях данного сигнала и последующей обработке применять методы, используемые при анализе ударной вибрации [3 – 5].

На основании статистических данных отработки и эксплуатации агрегатов автоматики, производства ПО «ЮМЗ» (по материалам ГKB «Южное») для указанных конструкций определены наиболее характерные неисправности: заедание, заклинивание, появление надиров, расклепывание или растрескивание уплотнительных элементов, попадание инородных частиц, недооткрытие, недозаккрытие, неточность срабатывания по времени.

Для предварительной экспериментальной отработки методики был выбран серийный нормально закрытый ЭПК прямого действия типа 92.9811. Для проведения исследований разработана и смонтирована экспериментальная установка.

Для испытаний были отобраны пять одинаковых клапанов из одной партии. Все клапаны прошли заводской контроль и находились в исправном состоянии. На первом этапе производились многократные (20 срабатываний) испытания работоспособных клапанов. При испытаниях регистрировался временной процесс длительностью 6 мс (300 точек отсчета). На основании этих испытаний были получены усредненные эталонные значения контролируемых параметров для исправных клапанов (виброакустические портреты исправных объектов).

На втором этапе моделировались неисправные состояния клапанов. Поочередно искусственно вно-

сились конкретные характерные неисправности. Для каждой неисправности повторялась процедура измерений. В результате получены усредненные «портреты неисправных состояний клапанов».

Далее проводился анализ и обработка полученных данных. Применялись статистические методы распознавания образов – оценивался разбег измеряемых значений контролируемого сигнала, проводились сравнения энергетических показателей сигнала. С помощью статистических методов удалось с достаточно высокой достоверностью определять некоторые неисправности, которые имеют визуально отличающийся характер сигнала от нормы (попадание инородных частиц на уплотнительные элементы и разрушение уплотнительных элементов).

Однако, для других неисправностей недостаточно только статистической обработки. Поэтому для их идентификации применялись методы спектрального анализа, которые дали более уверенные результаты. Применение спектрального анализа позволило выделить информативные компоненты исследуемых сигналов. Благодаря этому стало возможным идентифицировать и другие моделируемые неисправности, что говорит о работоспособности предлагаемой методики.

Для утверждения результатов идентификации применялись также методы математического моделирования, внедрение которых позволило подтвердить работоспособность, достоверность и информативность предлагаемой методики.

Был сформирован комплекс информационного обеспечения для поддержки принятия решений в задачах контроля пневмогидравлических систем питания и их элементов, а также рекомендации по совместному применению данного метода с другими, применяемыми в настоящее время.

Заключение

Разработанная методика с высокой степенью достоверности позволяет определять техническое состояние объекта диагностирования как исправное или выявить наличие характерных дефектов

Экспериментальная отработка показала работоспособность метода. Разработанный и изготовленный экспериментальный стенд позволяет исследовать различные типы элементов автоматики ПГСР.

Полученные результаты могут быть использованы в других научных исследованиях, а также в практических задачах испытаний различных элементов и узлов вновь создаваемых РН.

Разработанная методика может быть также использована в других отраслях народного хозяйства.

Литература

1. Полухин Д.А., Орещенко В.М., Морозов В.А. Отработка пневмогидросистем двигательных установок ракет-носителей и космических аппаратов с ЖРД. – М.: Машиностроение, 1987. – 248 с.
2. Беляев Н.М., Уваров Е.И., Степанчук Ю.М. Пневмогидравлические системы. Расчет и проектирование: Учебн. пособие для техн. ВУЗов. – М.: Высш. шк., 1988. – 271 с.
3. Биргер И.А. Техническая диагностика. – М.: Машиностроение, 1978. – 238 с.
4. Генкин М.Д., Соколова А.Г. Виброакустическая диагностика машин и механизмов. – М.: Машиностроение, 1987. – 288 с.
5. Вибрации в технике: Справочник в 6 т. – Т. 5. Измерения и испытания. – М.: Машиностроение, 1981. – 496 с.

Поступила в редакцию 25.05.2007

Рецензент: д-р техн. наук, проф. А.Н. Петренко, Днепропетровский национальный университет, Днепропетровск.