

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ МЕТОДИКА ДИАГНОСТИРОВАНИЯ АГРЕГАТОВ АВТОМАТИКИ ПГСР РН

А.Н. Пономарев, А.В. Сичевой, канд. техн. наук,

Днепропетровский национальный университет, г. Днепропетровск, Украина

Общая постановка проблемы и ее связь с научно-практическими задачами. Высокая стоимость современных летательных аппаратов и важность задач, которые ставятся перед ними, определяют повышенные требования к их надежности. Одним из способов улучшения качества изготовления и повышения надежности ракет-носителей является совершенствование существующих и разработка принципиально новых методов контроля и диагноза на всех этапах производства, хранения и эксплуатации.

Раннее обнаружение зарождающихся дефектов и защита эксплуатируемого оборудования составляют основную проблему технической диагностики, целью которой является повышение надежности и ресурса технических систем. Наиболее важным показателем надежности является отсутствие отказов во время функционирования технической системы [1].

Обзор публикаций и анализ нерешенных проблем.

Испытания на надежность являются важнейшей и неотъемлемой частью производства ракет-носителей. Одной из наиболее сложных составных частей РН является пневмогидравлическая система питания (ПГСР). В ее состав входит большое количество элементов, узлов, агрегатов автоматики. Вследствие сложности конструкции ПГСР проходит ряд испытаний как на этапе сборки, так и на завершающем этапе в целом. Но после окончательной сборки изделие направляется на стартовую площадку, и, в результате транспортировки и сборки изделия непосредственно на стартовой площадке в конструкции могут возникнуть неполадки, которые в дальнейшем могут привести к аварийному исходу. Поэтому следует отметить именно важность предстартовых испытаний, которые могут гарантировать успешный пуск изделия.

В последнее время предприняты решительные усилия, направленные на то, чтобы вопросы обеспечения производственно-технологической надежности

ставились и решались на самых ранних этапах создания новой техники, начиная с проектирования.

Существует некоторое количество методов диагностирования ПГСР, предназначенных для исследования герметичности трубопроводов и магистралей, соответствия проектных параметров расхода и давления компонентов, а также для оценки правильности сборки сложных магистралей.

Для контроля качества изготовления ПГСР в настоящее время применяют различные виды испытаний: контрольно-технологические (КТИ), контрольно-выборочные (КВИ), а также «холодные» контрольно-технологические испытания (ХКТИ) без последующей переборки. С точки зрения снижения себестоимости испытаний достаточно привлекательны ХКТИ, основанные на принципе физического моделирования гидравлических характеристик агрегатов и узлов двигателя путем применения жидкостей и газов, имитирующих компоненты топлива и рабочее тело турбины. Разработанные при проектировании и производстве ракеты-носителя «Зенит» холодные технологические испытания (ХТИ) позволили с высокой достоверностью определить исходное техническое состояние систем ПГСР РН перед ее отправкой с завода-изготовителя. ХТИ обеспечили выявление ряда технологических дефектов в ПГСР ракеты-носителя «Зенит», которые существующими методами контрольных испытаний не определяются [2, 3]. Однако, применяемые сегодня методики проведения ХТИ не позволяют определить наличие слабых или прогрессирующих дефектов элементов автоматики многообразного действия. Учитывая общие требования невмешательства средствами испытаний при ХТИ в окончательно собранное изделие, авторами предлагается применять для данных целей метод виброакустической диагностики. Методы виброакустической диагностики позволяют успешно решать поставленные задачи благодаря огромной информационной емкости

вибраакустических процессов, сопровождающих функционирование машин и механизмов [4].

Объектом диагностирования могут быть любые технические объекты, функционирование которых сопровождается возбуждением колебаний. Основное отличие вибраакустической диагностики – это использование в качестве диагностических признаков т.н. вторичных параметров функционирования механизма и распространяющихся по конструкциям механизма в окружающую среду и регистрируемых в виде параметров смещения, скорости, ускорения и др. [5].

Основным принципом вибраакустической диагностики является оценка отклонения параметров технического состояния от нормы по параметрам вибраакустического сигнала. Это означает, что вибраакустический сигнал в режиме нормального функционирования механизма определяет уровень помех при диагностировании, поэтому чем сложнее механизм, тем выше уровень его виброактивности и тем труднее выявить информативную, изменяющуюся часть сигнала. Для различения состояний механизмов используется математический аппарат распознавания образов [1, 4].

Цель исследований. Целью исследований является разработка инженерной методики диагностики агрегатов автоматики ПГСР РН, позволяющей оперативно, объективно и с минимальными финансовыми и трудозатратами определять исходное техническое состояние исследуемого объекта. Алгоритмы практической реализации разработанной методики позволят существенно повысить надежность изделий отрасли.

Результаты исследований. Было проведено исследование ПГСР РН, в частности агрегатов автоматики. Рассмотрены конструкции применяемых в современной ракетной технике клапанов, определены объекты диагностирования – электропневмо-, электрогидроклапаны (ЭПК, ЭГК). ЭПК применяются в качестве разделительных устройств пневмосистемы и системы наддува, обеспечивают поступление газа в рабочие объемы пневмоклапанов или образование воздушных подушек при наддуве баков, также устанавливаются в системах ориентации и стабилизации КЛА.

На основании статистических данных для указанных конструкций определены возможные неисправности: заедание; заклинивание; появление надиров; расклепывание или растрескивание уплотнительных

элементов; недооткрытие (недозакрытие); неточность срабатывания (по времени).

Большой объем вычислений, связанный с обработкой текущей информации, формированием эталонных диагностических признаков и пороговых значений, классифицирующих функций и решающих правил распознавания технических состояний, оценкой тенденции их изменения, предполагает построение многоцелевой системы диагностирования на базе современной ЭВМ. На основании сравнения текущих и эталонных диагностических признаков, производится операция принятия решения о принадлежности к тому или иному классу состояний, т.е. ставится диагноз объекта диагностирования.

Процедура диагностирования состоит из двух взаимообусловленных фаз: этапа обучения системы диагностирования и этапа распознавания [4, 5]. На этапе обучения анализируют свойства вибраакустических процессов при нормальном состоянии механизма и при наличии дефектов, на основе чего составляют словарь информативных признаков неисправностей, подлежащих диагностированию.

Для проведения исследований и отработки методики авторами была разработана и изготовлена экспериментальная установка, представленная на рис. 1.

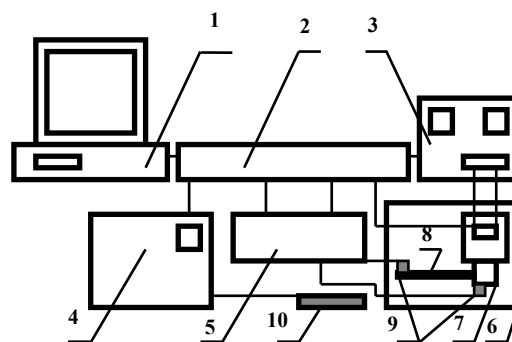


Рис. 1. Принципиальная схема установки

Сигнал, издаваемый объектом, фиксируется датчиками (вибрационной и акустической составляющими). Подача тока на клапан осуществляется блоком питания (3). Датчики вибрации (9) установлены непосредственно на самом испытуемом клапане (7) и на сопряженном с ним элементе трубопровода (8). Сигнал от вибродатчиков усиливается с помощью усилителя (5). Измерительный микрофон (10) расположен в окружающем пространстве стендовой плиты (6) на

небольшом расстоянии. Акустический сигнал согласуется с помощью прибора измерения шума и вибраций ИШВ-1 (4). После этого аналоговый сигнал преобразуется в цифровой код посредством АЦП (2) и передается на ЭВМ (1), где он попадает в общий банк данных, где производится обработка результатов.

Программа экспериментальных работ включает:

- исследование рабочих клапанов одного типа;
- исследование «дефектных» клапанов (дефекты вносятся в конструкцию клапана искусственно на основании статистических данных);
- составление словаря диагностических признаков;
- сбор диагностической информации;
- исследования полученных данных, построение диаграмм отказов, исследование вероятности отказов для конкретного типа клапанов.

В результате проведенных экспериментальных работ были получены параметры технических состояний агрегатов автоматики многократного действия – работоспособного и состояния отказа. Были разработаны модели исходного технического состояния.

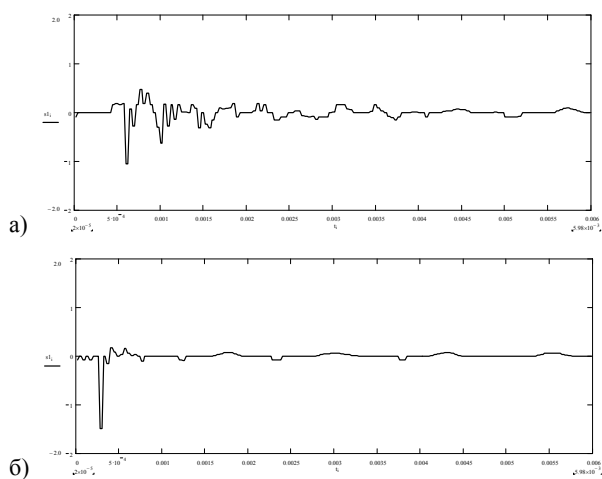


Рис. 2. Графические зависимости амплитудных характеристик измеряемого значения вибрации

На рис. 2 в качестве примера представлены графические зависимости контролируемых параметров от состояния объекта контроля – значение измеряемой вибрации при срабатывании клапана. На фиг. а) показана амплитудная характеристика нормального (работоспособного) состояния; на фиг. б) – амплитудная характеристика неисправного состояния (негерметич-

ность, связанная с попаданием посторонних частиц на уплотнительные элементы).

Из рисунка видно, что показатели вибрации существенно отличаются, что говорит о работоспособности предложенной методики.

Перспективы дальнейших исследований. Полученные предварительные результаты позволяют надеяться на дальнейшее развитие методики испытаний. Одновременно требуется сосредоточить усилия на разработку адекватных математических описаний дефектов и неисправностей элементов автоматики с целью создания достаточно универсальной экспериментально-теоретической методики, применимой в условиях производства.

Выводы. Предложенная методика удовлетворяет требованиям отрасли по оперативности и достоверности контроля агрегатов. Следует отметить, что разработанная методика может найти место и в других отраслях народного хозяйства – энергетика, нефтегазовая промышленность, общее машиностроение, и др.

Литература

1. Биргер И.А. Техническая диагностика.– М.: Машиностроение, 1978.– 238 с.
2. Сичевой А.В. Диагностирование пневмогидравлической системы как этап технологического процесса изготовления ракеты-носителя // Техническая механика: Сб. науч. тр.- Днепропетровск: ИТМ НАН Украины и НКА Украины, 2002.– Вып. 1.- С. 138-145.
3. Губанов Б.И. Триумф и трагедия «Энергии». Размышления главного конструктора: В 4-х т.- Н. Новгород, 1988.- Т. 3. «Энергия»-«Буран».– 432 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.- М.: Машиностроение, 1981.– Т. 5.– Измерения и испытания.- 496 с.

Поступила в редакцию 12.05.03

Рецензент: канд. техн. наук, доц. каф. двигателестроения В.Ф. Приданцев, ДНУ, г. Днепропетровск; д-р техн. наук, профессор Н.В. Белан, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского, г. Харьков.