

ОТЗЫВ

научного руководителя доктора технических наук, старшего научного сотрудника Звонарева С. Л. на диссертационную работу Зубко А. И. «Комплексная методика виброакустической диагностики технического состояния подшипниковых опор газотурбинных двигателей», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.05 «Тепловые, электроракетные двигатели и энергетические установки летательных аппаратов»

Диссертационная работа Зубко А.И. посвящена решению важной научно-технической задачи – разработке методики диагностирования подшипниковых опор авиационных газотурбинных двигателей. Указанная проблема становится все более актуальной в связи с постоянным увеличением ресурса авиационной техники, ростом требований к ее надежности. Задача технической диагностики опор ГТД требует своего постоянного решения в течении всего жизненного цикла: как при проектировании авиадвигателей, так и в эксплуатации. Наиболее эффективным направлением диагностики подшипников является вибрационная диагностика, методы которой применены автором в работе.

Для достижения поставленной цели автором решены ряд задач, позволяющих эффективно вести диагностику состояния подшипников на всех стадиях развития повреждения – от начальной стадии, до предотказного состояния, в том числе:

- разработаны метод орбитального анализа вибрации роторов ГТД и алгоритмы диагностирования подшипниковых опор с его применением;
- разработаны метод и алгоритмы диагностирования подшипниковых опор по изменениям фазы колебаний роторов ГТД;
- разработаны методы алгоритмы диагностирования подшипниковых опор ГТД по анализу изменения амплитуды колебаний роторов;
- разработаны методы алгоритмы диагностирования подшипниковых опор по спектральному анализу акустического давления, работающего ГТД;
- создана комплексная методика виброакустической диагностики технического состояния подшипниковых опор ГТД и разработаны алгоритмы ее применения.

В первой части работы автор провел анализ ГТД, как объекта диагностирования, сформулировал требования к системе и методам диагностики подшипников ГТД. Здесь же проведена сравнительная оценка уже применяемых методов по ряду критериев оценки технического состояния подшипников опор, которая показала, что они становятся эффективны при существенных повреждениях подшипников и ни один из них, полностью не удовлетворяет предъявляемым требованиям. Для реализации задач диагностирования подшипниковых опор (в том числе межроторных) необходима разработка новых более эффективных методов диагностики. Обоснованы направления разработок методов, реализующих преимущества анализа в высокочастотной области и многомерный анализ имеющий формат

представления в виде траектории перемещения точки конца вектора вибрации.

Необходимо отметить, что для достижения целей диссертационной работы автор использовал не только экспериментально-статистические подходы. Им были разработаны физическая, математическая и диагностическая модели повреждения подшипника, позволяющие обоснованно применять те или иные методы диагностирования.

Физическая модель повреждения подшипника ГТД позволила установить этапы деградации подшипника, оценить скорость развития повреждений на каждом из этапов, оценить возможность появления в вибрационном сигнале тех или иных компонент, связанных с повреждением.

Математическая модель позволила промоделировать вибрационный сигнал поврежденного подшипника и обосновать применение различных методов цифровой обработки сигналов для выделения диагностических признаков повреждения.

Диагностическая модель позволила установить конкретные диагностические признаки различных стадий развития повреждения и методы выделения этих признаков из вибрационного сигнала.

Все разработанные в диссертации методы прошли апробацию при проведении специальных испытаний авиадвигателей, а разработанная комплексная методика диагностирования подшипников ГТД реализована в модуле контроля и диагностирования роторных систем, интегрированного в ИДС «АРМ ДК-30(СД) серии М» двигателей АЛ-31ФП и АЛ-41Ф-1С. В результате использования элементов комплексной методики в качестве основных алгоритмов, была создана автоматизированная система, позволяющая выполнить диагностирование технического состояния подшипниковых опор в условиях эксплуатации (непосредственно на летательном аппарате, базирующемся на аэродроме).

По итогам изложенных в работе материалов отмечаю, что научная новизна и практическая значимость диссертационной работы Зубко А.И. выражается:

- разработан метод определения и визуализации динамических процессов многороторных систем, алгоритмы построения и матрица состояния, обоснована эффективность их применения с целью диагностики подшипниковых опор;

- разработан метод определения фаз колебаний роторов и алгоритмы диагностирования подшипниковых опор ГТД без использования дополнительных измерений частот и фаз вращения роторов;

- определена взаимосвязь между изменением амплитуды колебаний роторов ГТД и повреждениями подшипниковых опор, выработаны диагностические признаки;

- разработаны алгоритмы диагностики с использованием спектрального анализа звукового давления для оценки высокочастотной вибрации, генерируемой повреждениями подшипников, отработано

применение технического микрофона с целью диагностики подшипниковых опор ГТД.

- создание структура и разработаны алгоритмы функционирования комплексной методики диагностики подшипниковых опор ГТД учитывающий порядок и результаты применения разработанных методов для определения технического состояния и этапов повреждения подшипников;

В целом считаю, что диссертационная работа «Комплексная методика виброакустической диагностики технического состояния подшипниковых опор газотурбинных двигателей», отвечает всем требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор, Зубко Алексей Игоревич, заслуживает присвоения ему учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.07.05. – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергетические установки летательных аппаратов».

 С.Л.Звонарев
3.09.2020₂

д.т.н., с.н.с.

Подпись д.т.н. с.н.с. Звонарева С.Л. удостоверяю

Директор института № 2





В.П. Монахова.