

ОТЗЫВ

официального оппонента

доктора технических наук, доцента Бехера Сергея Алексеевича
на диссертационную работу Жукова Егора Павловича
«Диагностика дефектов авиационных конструкций по результатам
вибрационных испытаний», представленную на соискание учёной степени
кандидата технических наук по специальности
05.07.03 – «Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов»

1 Актуальность темы

Безопасность эксплуатации сложных технических объектов авиационной техники в значительной степени гарантируется способностью технических служб своевременно обнаруживать дефекты конструкции, такие как трещины, люфты, зазоры, повышенные нагрузки монтажа. Развитие этих дефектов в эксплуатации способно привести к отказу технических средств, аварии или крушению. Сложность решаемой научно-технической проблемы связана с непростой формой авиационных конструкций, их значительными размерами, большим количеством соединений разных типов и часто ограниченным доступом. Следовательно актуальность темы диссертационной работы не вызывает сомнений.

В настоящее время для оценки технического состояния сложных объектов положительно зарекомендовали себя методы и средства вибродиагностического контроля. В машиностроении получили широкое распространение способы диагностирования вращающихся элементов машин и механизмов по параметрам вибраций, а в дефектоскопии применяются методы, основанные на регистрации и анализе упругих колебаний и волн. Несмотря на проработанную теоретическую основу и развитую приборную базу, известные методы вибродиагностики не являются универсальными и требуют проведения научных исследований для применения их на объектах нового класса или обнаружения дефектов нового типа. Представленная диссертационная работа направлена на решение актуальной задачи расширения возможности вибродиагностического метода контроля авиационных конструкций для обнаружения трещин и дефектов подвижных соединений в процессе периодических и вибропрочностных испытаний.

2 Научная новизна диссертации заключается в следующем.

Разработан способ (патент RU 2658125 С1) повышения точности определения параметров (обобщенной массы, жесткости и коэффициента демпфирования) собственных тонов (мод) авиационных конструкций при модальных испытаниях на основе моделей частотно независимого демпфирования и вязкого трения. Способ позволяет уменьшить влияние случайных составляющих погрешностей измерений амплитуд колебаний за счет использования методов максимального правдоподобия и повышения объема экспериментальных данных.

Установлены закономерности влияния дефектов проводок управления, мест стыковки агрегатов, опор отклоняемых поверхностей на параметры вибродиагностических сигналов,

на основе которых разработаны способы обнаружения люфтов, зазоров и повышенного трения в узлах летательных аппаратов вибродиагностическим методом: качественные критерии основаны на использовании «фазовых портретов», количественные критерии на амплитуде гармоник вибродиагностического сигнала высшего порядка. Экспериментально обоснована возможность обнаружения трещин и контроля их развития в элементах летательных аппаратов вибродиагностическим методом. Разработан способ (патент RU 2659193 С1) контроля, основанный на обнаружении ангармонической составляющей колебаний на поверхности объекта контроля.

3 Степень обоснованности и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций.

Научные положения, выносимые на защиту, в достаточной степени аргументированы, экспериментально подтверждены и теоретически обоснованы. Выводы и рекомендации основываются на признанных положениях механики, экспериментальных данных, полученных в широком спектре условий, и не противоречат опубликованным результатам других авторов. Используемые в работе алгоритмы обработки первичных сигналов согласуются со стандартизированными методами, методами математического анализа и статистики. Достоверность экспериментальных данных определяется использованием оборудования, прошедшего испытания в целях утверждения типа средств измерений, выполненными корректными оценками границ погрешностей и контролем на тестовых образцах.

Результаты диссертационной работы обсуждались на 17 международных и всероссийских конференциях, опубликованы в 24 изданиях, в том числе 6 статей – в изданиях, рекомендованных ВАК, два патента.

4 Научная и практическая значимость

Научная значимость диссертации заключается в теоретически обоснованном и экспериментально отработанном способе оценки характеристик собственных тонов (мод) колебаний, позволяющем уменьшить погрешность, связанную с неопределенностью амплитудных параметров вибродиагностических сигналов. Разработанные в диссертации способы и критерии обнаружения дефектов подвижных соединений и трещин в металлических элементах конструкции расширяют возможности вибродиагностического метода для исследования и испытания авиационной техники.

Практическая значимость результатов диссертации состоит в том, что разработанные методики используются при оценке технического состояния летательных аппаратов на стадии экспериментальной отработки опытных образцов и запуска новых серии изделий, что подтверждается актами, представленными ПАО «Корпорация «Иркут» и АО «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф. Решетнёва».

5 Анализ структуры, оформления и содержания диссертации

Структура и оформление диссертации и автореферата соответствуют требованиям ГОСТ Р 7.0.11–2011. Диссертационная работа изложена на 148 страницах и состоит из

введения, четырех глав и заключения. Список литературы содержит 175 источников. Диссертация имеет два приложения. Диссертация написана в научном стиле техническим языком. Текст работы содержит достаточный объем иллюстративного материала (139 рисунков), позволяющего получить наглядное представление о полученных результатах.

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, определены цель и задачи исследования, сформулированы научная новизна работы, её теоретическая и практическая значимость, приведены положения, выносимые на защиту, и обоснована достоверность полученных результатов.

В первом разделе приведен обзор работ по теме исследования и связанных с вибрационной диагностикой и методами модального анализа конструкций.

Второй раздел посвящен методике модальных испытаний конструкций для целей их диагностики. Предложена методика модальных испытаний методом монофазных колебаний, позволяющая отказаться от априорного описания модели демпфирования и определить диссипативные свойства объекта испытаний. Приведены оценки погрешностей экспериментальных результатов модальных испытаний. Предложен и практически реализован способ определения характеристик собственных тонов (мод) колебаний. Способ позволяет уменьшить неопределенности, связанные с влиянием погрешностей измерений амплитудных параметров вибродиагностических сигналов.

В третьем разделе приведены разработанные критерии вибродиагностического метода для обнаружения люфтов в системах управления, зазоров в местах соединения агрегатов с планером и повышенных нагрузок монтажа в опорах отклоняемых поверхностей. Экспериментально исследовано влияние дефектов конструкции на нелинейные искажения вибродиагностических сигналов при вынужденных колебаниях. Для визуализации искажений предложено использовать их графическое представление на фазовой плоскости, а для количественной оценки параметров дефектов – относительную амплитуду ангармонической составляющей сигналов.

В четвертом разделе рассмотрены результаты практического использования разработанного способ обнаружения трещин в элементах самолета в процессе модальных испытаний.

В заключении приведены основные выводы и результаты работы.

Содержание диссертации соответствует формуле специальности 05.07.03 – «Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов» в части «обеспечения неразрушения и нормального функционирования всех силовых элементов и бортовых систем авиационной и ракетно-космической техники, включая планер, корпус, агрегаты и системы».

6 Замечания

1) На странице 69 сказано, что «совпадение вынужденных колебаний с собственными обеспечено соответствующим подбором сил возбуждения». Однако в рассматриваемом разделе диссертации отсутствуют сведения о способе подбора сил возбуждения или ссылка на него.

2) Не обоснован переход от выражения (2.62) к выражению (2.63).

3) На странице 77 приведены погрешности оценок собственных частот колебаний,

рассчитанных предложенным в диссертации способом. При этом в тексте отсутствуют указания на то, каким образом получены действительные значения частот.

4) На странице 31 используется некорректный термин «вибрационные колебания». Согласно ГОСТ 24346-80 «Вибрация. Термины и определения», вибрация есть движение точки или механической системы, при котором происходят колебания характеризующих его скалярных величин. Таким образом, лучше было бы использовать один из терминов: «механические колебания» или «вибрация».

5) В диссертации и автореферате некорректно используется словосочетание «измерение колебаний», при этом не указана измеряемая физическая величина.

6) В диссертации используются сокращенные наименования собственных тонов (мод) колебаний, общепринятые в области наземных модальных испытаний самолётов. Поскольку результаты исследований рассматриваются специалистами в смежных областях, следовало дать расшифровки этих сокращенных наименований.

7) В диссертационной работе и в автореферате имеется некоторое количество ошибок и опечаток: на странице 53 символом V обозначена квадратурная составляющая ускорения, а на рисунке 2.4 величина, обозначенная символом V , выражена в единицах длины – мм; на странице 51 в предложении отсутствует запятая после деепричастного оборота «используя соотношения между ... колебаниями»; на рисунке 2 автореферата дважды приведен один и тот же график и другие.

Перечисленные замечания не снижают научную новизну, теоретическую и практическую значимость работы.

7 Заключение

Диссертация является завершённой научной квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований получены новые научные результаты. При этом решена важная научная задача, имеющая существенное значение для развития методов обеспечения динамической прочности объектов авиационной техники. Диссертация соответствует паспорту специальности 05.07.03 – «Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов».

По актуальности, степени обоснованности основных положений, достоверности, новизны полученных результатов и их значимости диссертация Жукова Е.П. соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук (п. 9 Положения о присвоении ученых степеней). Автор диссертации Жуков Е.П. заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.03 – «Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов».

Дата составления отзыва «12» марта 2019 года.

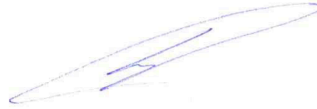
Я, Бехер Сергей Алексеевич, согласен на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета Д 212.173.13 и их дальнейшую обработку.

Бехер Сергей Алексеевич, профессор кафедры «Электротехника, диагностика и

сертификация» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский государственный университет путей сообщения» (630049, Россия, г. Новосибирск, ул. Дуси Ковальчук, д. 191, телефон: +7-(383)-328-04-00, электронная почта: public@stu.ru, сайт: http://www.stu.ru), доктор технических наук по специальности 05.11.13 – «Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий», доцент.

Контактные данные: 630049, Россия, г. Новосибирск, ул. Дуси Ковальчук, 191, телефон: +7-(383)-328-03-02, электронная почта: beher@stu.ru.

Официальный оппонент





Бехер
Сергей
Алексеевич

подпись С.А. Бехера заверяю
Ученый секретарь ФГБОУ ВО СГУПС,
кандидат технических наук, доцент



Гербер
Александр
Робертович

12.03.2019г.

Проставил в свет 12.03.2019  Тюрин А.Г.
с отзывом ознакомлен 14.03.2019  Жуков Е.Е.