

«УТВЕРЖДАЮ»

Первый проректор —
проректор по научной работе
МГТУ им. Н.Э. Баумана
д-р техн. наук, профессор

Н. Зимин
2019 г.

м.п.

ОТЗЫВ

ведущей организации — федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» (МГТУ им. Н.Э. Баумана) на диссертацию 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»

На отзыв представлены:

- диссертационная работа объёмом 166 страниц основного текста, состоящая из введения, 4-х глав, заключения, списка литературы из 175-ти наименований, 2-х приложений на 4-х страницах;
- автореферат диссертации на 20-ти страницах, включая список из 24-х основных публикаций по теме диссертационной работы, из которых 6 статей в изданиях, входящих в перечень, рекомендованный ВАК РФ (3 из них входят в реферативную базу *Web of Science*); 1 монография; 2 патента РФ; 15 — в прочих изданиях и сборниках трудов международных и всероссийских научно-технических конференций.

Актуальность темы диссертационной работы

Эффективная и безопасная эксплуатация современной авиационной техники, обладающей высокими тактико-техническими характеристиками, предъявляет повышенные требования к обеспечению соответствия технического состояния самолётов принятым нормам и правилам. Одним из этапов решения

этой проблемы является выявление и устранение производственно-технологических дефектов планера самолёта и его систем на стадии производства. Такие дефекты оказывают непосредственное влияние на параметры технического состояния самолётов, поэтому их контроль является актуальной задачей.

В настоящее время в нашей стране и за рубежом широкое применение в различных отраслях промышленности (машиностроение, энергетика, строительство и др.) нашли методы оценки технического состояния конструкций по параметрам вибраций. На их основе созданы, например, контрольные приборы и стенды для диагностирования вращающихся частей машин и механизмов. В вибродефектоскопии конструкций о появлении трещин и разрушений судят обычно по изменению собственных частот, форм и декрементов колебаний объекта контроля. Однако во многих случаях даже относительно большое повреждение не приводит к значительному изменению параметров собственных колебаний, что затрудняет однозначную идентификацию дефекта.

Известны также методы дефектоскопии, основанные на свойствах распространения упругих волн в материале. Их применяют, как правило, для диагностики отдельных деталей на производстве и в эксплуатации.

Несмотря на всесторонний контроль производственных и технологических операций, обнаружить ряд дефектов и составить общее заключение о техническом состоянии летательного аппарата возможно только по результатам диагностики полностью собранного и укомплектованного объекта контроля. Для решения этой задачи в диссертации предложено использовать результаты модальных испытаний опытных образцов и периодических испытаний серийных самолётов. Целью испытаний является определение характеристик собственных тонов колебаний изделий в заданном диапазоне частот. При этом в результатах испытаний могут обнаруживаться отклонения динамических характеристик от их значений, заложенных в конструкцию самолёта на этапе проектирования. Эти отклонения являются, как правило, следствием появления дефектов, для обнаружения которых необходимы методы анализа результатов испытаний. При разработке этих методов необходимо учитывать, что появление дефектов вносит, как правило, нелинейности в характер деформирования конструкций.

На основании проведенного анализа сделан вывод о том, что совершенствование методики модальных испытаний конструкций и разработка методов неразрушающего контроля авиационных конструкций по нелинейным искажениям портретов вынужденных колебаний решает актуальную задачу для науки и практики.

Основные научные результаты и их значимость для науки и производства

Основные научные результаты, полученные автором:

1. Способ определения модальных параметров конструкций, обладающий низкой чувствительностью к случайным погрешностям измерений в результатах испытаний, взаимному влиянию тонов с близкими собственными частотами, влиянию системы упругого вывешивания на динамические характеристики объекта испытаний;

2. Способ выявления диссипативных свойств динамических систем по соотношениям между собственными и вынужденными монофазными колебаниями;

3. Использование нелинейных искажений портретов вынужденных колебаний для обнаружения люфтов в механических проводках управления самолётов, зазоров в узлах стыковки агрегатов, сухого трения в опорах отклоняемых поверхностей и трещин в металлических элементах планера;

4. Результаты исследований погрешностей определения собственных частот, обобщённых масс и характеристик демпфирования собственных тонов колебаний из-за фиксации самолета на время испытаний специальными системами упругого вывешивания;

5. Методика контроля люфтов в безбустерных проводках управления летательных аппаратов, позволяющая повысить достоверность обнаружения люфтов в удаленных от органа управления узлах проводки;

6. Способ представления распределения искажений портретов колебаний по поверхности конструкции, позволяющий установить местоположения разрушений, исключить из анализа начальное состояние объекта испытаний и отследить развитие каждого дефекта;

7. Результаты экспериментальных исследований достоверности диагностирования трещин в металлических панелях самолёта по искажениям портретов колебаний.

Значимость для науки результатов исследований заключается в дальнейшем развитии методов модальных испытаний и методов неразрушающего контроля технического состояния авиационных конструкций по параметрам вибраций.

Практическое значение результатов работы определяется тем, что они позволяют расширить область применения модальных испытаний использованием их в контроле технического состояния самолётов. Применение разработанных в диссертации методов обнаружения дефектов планера самолёта и его систем позволяет не только выявить дефекты до начала эксплуатации исследуемо-

го самолета и снизить объем работ по доводке конструкции, но и предотвратить появление этих дефектов на последующих самолётах данной серии.

Результаты проведенных в диссертации исследований использованы при конструктивно-технологической доводке самолётов Су-30 и Як-152 на Иркутском авиационном заводе — филиале ПАО «Корпорация «Иркут» и в наземной экспериментальной отработке и приемо-сдаточных вибрационных испытаниях космических аппаратов и их составных частей в АО «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф. Решетнёва.

Достоверность научных положений, результатов и выводов, представленных в диссертационной работе, определяется применением основных положений механики; анализом погрешностей определяемых параметров; проведением специальных тестовых испытаний и инструментального контроля дефектов. Экспериментальные исследования проведены с использованием апробированных методик и современного прецизионного оборудования. Результаты диссертационной работы опубликованы в рецензируемых изданиях и обсуждались на международных и всероссийских конференциях и семинарах.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Считаем целесообразным продолжить работу по совершенствованию метода контроля люфтов, уделив при этом внимание трансмиссиям вертолетов.

Целесообразно провести исследования возможности обнаружения дефектов (непроклеев, расслоений и.д.) в конструкциях из композиционных материалов.

Рекомендуем внедрить разработанный способ математической обработки распределений параметра искажений портретов колебаний в программный комплекс управления вибрационными испытаниями.

Результаты диссертационной работы могут найти применение в научно-исследовательских, опытно-конструкторских и научно-производственных предприятиях, занимающихся разработкой и испытаниями авиационной техники.

Замечания

1. В диссертации большое внимание уделяется оценкам погрешности определения обобщённых масс собственных тонов колебаний по результатам испытаний. При этом нет пояснений, как используется эта информация в первоначальном суждении о наличии дефекта в объекте испытаний.

2. На странице 123 диссертации указано, что в задаче диагностики трещины "датчики ускорений должны образовывать достаточно густую сетку" на поверхности тонкостенной панели. Из работы неясно, насколько густой должна быть сетка датчиков, если место возникновения трещины заранее неизвестно. При этом в эксперименте с нервюрой крыла самолета Су-27, описанном на стр.

141-143, автор поступает наоборот: сначала ставятся датчики в точки № 5 и №8, а уже затем в их окрестности панель специально надрезается и исследуется развитие усталостных трещин.

Указанные замечания не снижают научного и практического значения выполненной работы и не влияют на новизну и достоверность положений, выносимых на защиту.

Заключение

Диссертационная работа Жукова Егора Павловича «Диагностика дефектов авиационных конструкций по результатам вибрационных испытаний» является законченной научно-квалификационной работой, в которой изложено новое научно обоснованное техническое решение задачи выявления производственно-технологических дефектов планера самолёта и его систем на стадии производства. Основные результаты работы опубликованы в изданиях, рекомендованных ВАК РФ. Содержание автореферата соответствует содержанию диссертации. На способ определения параметров собственных тонов колебаний и способ вибрационной диагностики процессов разрушения конструкций получены патенты.

Содержание диссертационной работы Жукова Е.П. соответствует паспорту научной специальности 05.07.03 — «Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов» и требованиям п. 9 «Положения о присуждении учёных степеней», а её автор заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук.

Материалы диссертационной работы и отзыв на неё рассмотрены и одобрены на заседании кафедры "Аэрокосмические системы (СМ-2)" Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (Национальный исследовательский университет)» (протокол № 20 от 18 февраля 2019 г.).

Должность: зам. зав. кафедрой "Аэрокосмические системы (СМ-2)"

МГТУ имени Н.Э. Баумана

доктор технических наук, профессор

Ученое звание: доцент

Г.А. Щеглов

Должность: доктор технических наук, профессор

кафедры "Аэрокосмические системы (СМ-2)"

МГТУ имени Н.Э. Баумана

Ученое звание: доцент



С.В. Аринчев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)»

(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

105005, Россия, г. Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1

Телефон: +7 (499) 263-63-91; e-mail: bauman@bmstu.ru

сайт: <http://www.bmstu.ru/>

Проставил в совет 07.03.2019  Тсерницкий А.В.

С отзывом ознакомлен 11.03.2019

 Муров Е.Т.