

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.125.05 на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» по диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук.

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от «12 » ноября 2014 № 9

О присуждении Зарецкому Максиму Владимировичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Численное моделирование напряженно-деформированного состояния конструкций авиационных изделий при совместной эксплуатации с носителем» по специальности 01.02.06 «Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры» принята к защите 10 сентября 2014 г., протокол № 8, диссертационным советом Д 212.125.05 на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», Министерство образования и науки РФ, 125993, Волоколамское шоссе, д. 4, г. Москва, А-80, ГСП-3, приказ о создании диссертационного совета Д 212.125.05 - № 105/нк от 11.04.2012.

Соискатель Зарецкий Максим Владимирович, 1987 года рождения, гражданин Российской Федерации, в 2010 году окончил Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Московский авиационный институт (государственный технический университет).

Соискатель ученой степени кандидата наук освоил программу подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре ФГБОУ ВПО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский институт)» (МАИ). В 2013 году окончил обучение в аспирантуре ФГБОУ ВПО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский институт)».

Соискатель работает инженером-конструктором в ОАО «Красногорский завод им. С.А. Зверева», Министерство промышленности и торговли РФ, г. Красногорск, Московская область.

Диссертация выполнена на кафедре «Машиноведение и детали машин» ФГБОУ ВПО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский институт)» (МАИ), Министерство образования и науки РФ.

Научный руководитель – **Сидоренко Александр Сергеевич**, доктор технических наук, профессор кафедры «Машиноведение и детали машин» ФГБОУ ВПО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (МАИ).

Официальные оппоненты:

1. **Никонов Валерий Васильевич**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Двигатели летательных аппаратов» Московского государственного технического университета гражданской авиации, г. Москва.

2. **Волоховский Василий Юрьевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры «Динамика и прочность машин им. В.В. Болотина» ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский университет «МЭИ», г. Москва.

Ведущая организация Государственный научный центр РФ Федеральное государственное унитарное предприятие «Государственный научно-исследовательский институт авиационных систем» (ГНЦ ФГУП «ГосНИИАС»), г. Москва, в своем положительном заключении, подписанным Самойловым Вячеславом Павловичем, доктором технических наук, заместителем генерального директора ФГУП «ГосНИИАС», указала, что проведенные соискателем исследования напряженного состояния и долговечности конструкций изделий авиационной техники с учетом свойств конструкций, условий нагружения и характеристик конструкционных материалов являются актуальными, полученные результаты обладают научной новизной и способствуют решению важной проблемы обеспечения требуемых показателей прочности и долговечности конструкций реальных авиационных изделий

при уменьшении объема экспериментальной отработки.

Соискатель имеет 7 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 7, из них 4 – опубликованных в рецензируемых научных изданиях (общий объем 79 страниц), 3 работы опубликованы в других отечественных и зарубежных изданиях.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Зарецкий, М.В., Сидоренко, А.С. Вибрационное состояние авиационных изделий при полете с носителем / М.В. Зарецкий, А.С. Сидоренко // Труды МАИ (рубрика «Авиационная техника и технология»). – 2011. – №46. – Режим доступа: <http://www.mai.ru/science/trudy/published.php?ID=26006>.

Представлены результаты разработки численной модели и данные расчетной оценки характеристик случайной вибрации изделий авиационной техники в условиях совместного полета с носителем.

2. Зарецкий, М.В., Сидоренко, А.С. Динамика конструкции авиационного изделия при случайном кинематическом нагружении / М.В. Зарецкий, А.С. Сидоренко // Труды МАИ (рубрика «Авиационная техника и технология»). – 2012. – №58. – Режим доступа: <http://www.mai.ru/science/trudy/published.php?ID=33423>.

Получены зависимости для спектральных характеристик и уровней вибрационных ускорений и напряжений в различных точках конструкции изделия и определены зоны максимальных уровней вибрации и напряжений для изделий, размещенных на подвеске маневренного носителя.

3. Зарецкий, М.В., Сидоренко, А.С. Оценка показателей долговечности конструкции авиационного изделия при действии случайных нагрузок / М.В. Зарецкий, А.С. Сидоренко // Труды МАИ (рубрика «Авиационные технологии»). – 2013. – №70. – Режим доступа: <http://www.mai.ru/science/trudy/published.php?ID=44479>.

На основе алгоритмов статистического моделирования построены реализации случайных процессов напряжений и получены графики повторяемости для приведенных регулярных циклов. Определены оценки усталостной

повреждаемости конструкции изделия по линейной гипотезе суммирования повреждений.

4. Зарецкий, М.В., Сидоренко, А.С. Моделирование динамического напряженного состояния конструкции авиационного изделия при случайном нагружении нагрузок / М.В. Зарецкий, А.С. Сидоренко // Труды МАИ (рубрика «Математика. Физика. Механика»). – 2014. – №75. – Режим доступа: <http://www.mai.ru/science/trudy/published.php?ID=49667>.

Разработана методика численного моделирования напряженного состояния и получены результаты расчетных исследований характеристик вибронапряжений изделий авиационной техники, вызванных действием стационарной случайной вибрации при полете с носителем.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

от ведущей организации Государственный научный центр РФ Федеральное государственное унитарное предприятие «Государственный научно-исследовательский институт авиационных систем» (ГНЦ ФГУП «ГосНИИАС»), г. Москва, отзыв положительный;

от официального оппонента, Никонова Валерия Васильевича, доктора технических наук, профессора, заведующего кафедрой «Двигатели летательных аппаратов» Московского государственного технического университета гражданской авиации, г. Москва, отзыв положительный;

от официального оппонента, Волоховского Василия Юрьевича, кандидата технических наук, доцента кафедры «Динамика и прочность машин им. В.В. Болотина» ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский университет «МЭИ», г. Москва, отзыв положительный;

от ОАО «ГосМКБ «Вымпел» им. И.И. Торопова», подписан заместителем директора научно-испытательного центра, к.т.н. Волковым Владимиром Николаевичем, утвержден заместителем генерального директора по НИОКР, к.ф.-м.н. Ежовым Геннадием Петровичем, отзыв положительный;

от ОАО «НПО «Базальт», подписан заместителем начальника научно-исследовательского и испытательного центра, начальником лаборатории

прочности, надёжности и испытаний Лошкаревым Александром Николаевичем, утвержден заместителем генерального директора – директором по науке Середой Николаем Владимировичем, отзыв положительный;

от ОАО «МКБ «Искра», подписан ведущим конструктором, к.т.н., доцентом Вышедкевичем Иосифом Устиновичем, утвержден первым зам. главного конструктора по науке, к.т.н. Францкевичем Владимиром Платоновичем, отзыв положительный;

от ОАО «ГосМКБ «Радуга» имени А.Я. Березняка», подписан главным специалистом, к.т.н. Бетковским Юрием Яковлевичем, утвержден заместителем генерального директора – главным инженером Утривановым Анатолием Петровичем, отзыв положительный.

В поступивших отзывах отмечена актуальность темы диссертационной работы, дан краткий обзор работы, отмечены новизна и достоверность полученных результатов, а также их практическая значимость. Отмечено, что автором

– разработана комплексная методика моделирования напряженного состояния конструкций авиационных изделий и оценки ресурса, позволяющая корректно определять уровни локальных напряжений в зонах концентрации напряжений и формировать блоки приведенных регулярных циклов напряжений;

– разработана методика моделирования реализаций случайных процессов напряжений по спектральным характеристикам процесса напряжений;

– разработаны численные модели, которые в отличие от известных исследований позволяют учитывать деформирование конструкции при колебаниях по высоким формам,

– получены научные результаты, характеризующие напряженно-деформированное состояние и долговечность конструкции реальных изделий авиационной техники в зависимости от свойств конструкции, условий нагружения и характеристик конструкционных материалов.

В поступивших отзывах имеются следующие замечания:

1. Не отражено влияние аэродинамических нагрузок, поэтому методика применима только для изделий, размещаемых на внутренних узлах подвески.

2. Конструкция авиационного изделия, транспортируемого самолетом-носителем, в тексте диссертации описана весьма поверхностно. Расчетная схема конструкции изделия приведена лишь в автореферате. При этом в автореферате диссертации указано, что «расчетные исследования проводятся для авиационного изделия, находящегося на внутренней подвеске маневренного самолета», в а самой работе – на внешней подвеске.

3. В работе не приведены рекомендации по выбору продолжительности моделируемого случайного процесса напряжений. Эта характеристика может оказывать существенное влияние на получаемые оценки долговечности.

4. В работе проведена оценка долговечности только по скорректированной линейной гипотезе; нет сравнения с линейной гипотезой суммирования повреждения.

5. Приведение случайного процесса к набору регулярных циклов проводится с использованием одного метода. Желательно было иметь для сравнения результаты с использованием распространенного в авиапромышленности метода полных циклов.

6. Получена только одна реализация процесса напряжений, из которой брались соответствующие выборки.

7. По спектральным характеристикам напряженного состояния восстановлен процесс напряжений, но не решена обратная задача.

8. Не приводится формульное описание математической модели, используемой для расчетного анализа динамических реакций конструкции на внешние воздействия. Не указаны ограничения по типу эксплуатационных нагрузок.

9. Не ясно, с какой целью произведен расчет частот и форм собственных колебаний на основе балочной КЭМ, так как исследование напряженного состояния и оценка долговечности конструкции авиационного изделия при случайном нагружении выполнены с использованием его оболочечной КЭМ.

10. Не оговорено соответствие между номерами узлов балочной и оболочечной КЭМ конструкции изделия, что затрудняет анализ численных результатов, представленных в работе.

11. В изложении методики КЭ моделирования динамического состояния конструкции изделия (раздел 2.1) отмечено, что демпфирующие свойства конструкции изделия учитываются с использованием обобщенной модели Рэйли. Однако при представлении полученных численных результатов величины коэффициентов демпфирования (внешнего и внутреннего), использованные для расчётов, не приводятся.

12. При представлении результатов расчётов оценок спектральных плотностей по реализациям случайных процессов (ускорений в узлах КЭМ; эквивалентных напряжений в точках конструкции), не указано какие вычислительные алгоритмы были использованы.

13. При выборе характерного размера КЭ использовались несколько вариантов разбивки в зонах наибольшей изменчивости напряжений (стр.18). Из автореферата неясно, проводился ли параметрический анализ густоты сетки на сходимость, чтобы относительная разность максимальных величин напряжений при различной разбивке в зонах наибольшей концентрации напряжений была минимальной (порядка 5 %).

14. В автореферате говорится о сопоставлении результатов вычислений с экспериментальными данными (стр. 17). При этом не приведено относительное расхождение результатов моделирования с экспериментальными данными по уровню виброускорений.

15. В работе сказано, что полученные зависимости для повторяемости амплитуд циклов модельных процессов напряжений близки к кривой плотности распределения Рэлея (стр. 21). Не сказано проводилась ли проверка правильности этой гипотезы о распределении амплитуд с использованием критериев согласия.

16. Не показано как определяется корректирующий коэффициент при оценке ресурса по скорректированной линейной гипотезе.

17. К недостаткам работы следует также отнести низкую популяризуемость (раздел «апробация работы»). Работа, в основном, докладывалась только на семинарах МАИ и публиковалась в Трудах МАИ.

В ряде отзывов содержатся редакционные замечания, касающиеся оформления текста диссертации и автореферата.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что официальные оппоненты являются высокопрофессиональными специалистами в данной области, а ведущая организация – одной из передовых организаций, проводящих разработки и исследования в области вибрационной прочности и ресурса конструкций изделий авиационной техники.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны:

- комплексная методика расчетной оценки показателей долговечности для несущих элементов конструкций авиационных изделий при действии случайных кинематических нагрузок в условиях совместного полета с носителем, включающая определение вероятностных характеристик локального напряженного состояния на основе конечно-элементного моделирования;

- методика численного моделирования динамического напряженного состояния конструкций авиационных изделий при действии стационарных случайных нагрузок, учитывающая особенности реальных конструкций, деформации конструкций по высоким формам колебаний, а также позволяющая определять уровни локального напряженного состояния в зонах нерегулярностей и проводить уточнение моделей при увеличении объема исходных данных;

предложен:

комплексный подход к решению задачи оценки вибрационной прочности и долговечности конструкций авиационных изделий в условиях динамического случайного воздействия со стороны носителя;

доказана применимость разработанной методики для проведения исследований напряженного состояния и оценки долговечности конструкций авиационных изделий на ранних стадиях разработки.

Теоретическая значимость исследований обоснована тем, что: подтверждена эффективность применения разработанной методики численного моделирования, расширяющей область исследований характеристик случайной вибрации конструкций авиационных изделий; применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) **использован** комплекс существующих базовых положений численных методов механики деформируемого твердого тела и теории усталостного разрушения; **изложены** доказательства адекватности определения уровней и характеристик случайных процессов вибронапряжений в локальных нерегулярных зонах конструкций авиационных изделий; **раскрыты** особенности применения алгоритмов статистического моделирования для формирования узкополосных случайных процессов вибронапряжений; **изучено** влияние спектральных характеристик одно и двухкомпонентного вибрационного нагружения на распределение уровней вибрационного ускорения в конструкции; **проведена модернизация** известных численных моделей, основанных на представлении конструкции авиационного изделия в виде балки с переменными параметрами массы и жесткости, обеспечивающая получение обоснованных характеристик вибронапряжений в зонах концентрации напряжений в широком диапазоне частот.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждены тем, что разработанная методика внедрена на предприятии ОАО «Машиностроительное конструкторское бюро «Искра» им. И.И. Картукова» г. Москва, 2014 г.

определены направления практического использования результатов иссле-

дований:

- оценка характеристик вибрационной прочности и долговечности конструкций авиационных изделий на ранних стадиях разработки;
 - подтверждение заданной долговечности конструкций изделий на этапах опытной отработки и модернизации для уменьшения объема испытаний;
- создана** система практических рекомендаций, определяющих процедуру проведения расчетных исследований напряженного состояния и долговечности конструкций авиационных изделий при действии случайной вибрации;
- представлены** предложения по совершенствованию разработанных численных моделей путем учета влияния нестационарных режимов нагружения конструкции изделия при действии посадочных ударов.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

- теория** построена на известных законах механики деформируемого твердого тела, соотношениях метода конечных элементов, методах скорректированной линейной гипотезы суммирования усталостных повреждений;
- идея** базируется на анализе известных расчетных и экспериментальных исследований динамического состояния и долговечности конструкций авиационных изделий;
- использовано** сравнение авторских результатов численного определения характеристик вибрационного ускорения в различных точках конструкции с известными экспериментальными данными для конструкции реального изделия;
- установлено** качественное и количественное соответствие результатов расчетных оценок вибрационного ускорения для конструкции реального изделия с аналогичными данными лабораторных вибрационных испытаний;
- использованы** современные методики обработки информации с использованием методов статистического моделирования и метода «дождя» для формирования приведенных регулярных циклов напряжений.

Личный вклад соискателя состоит в непосредственном участии в анализе конструкций и условий нагружения, формировании исходных данных,

проведении всего комплекса численного моделирования, анализе и обработке результатов вычислений, подготовке всех публикаций по выполненной работе.

На заседании 12 ноября 2014 года диссертационный совет принял решение присудить Зарецкому М.В. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 20 человек, из них 5 докторов технических наук по специальности 01.02.06 «Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры», участвовавших в заседании, из 25 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение учёной степени 20, против присуждения учёной степени 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель диссертационного
совета Д 212.125.05 д.ф.-м.н., профессор

Д.В. Тарлаковский

Ученый секретарь диссертационного
совета Д 212.125.05 к.ф.-м.н., доцент



Г.В. Федотенков

12 ноября 2014 г.