



УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор ФГУП
Государственный научно-исследовательский институт
гражданской авиации,
доктор технических наук, профессор

В.С. Шапкин

25 ноября 2015 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации Федерального государственного унитарного предприятия Государственный научно-исследовательский институт гражданской авиации (ФГУП ГосНИИ ГА) на диссертацию Агамирова Владимира Леоновича «Разработка оптимальных методов статистического оценивания характеристик усталостных свойств материалов и элементов авиационных конструкций», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.02.06 – Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры (технические науки)

Диссертация Агамирова В.Л. «Разработка оптимальных методов статистического оценивания характеристик усталостных свойств материалов и элементов авиационных конструкций» выполнена на кафедре «Математическое моделирование» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования (ФГБОУ ВПО) «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)».

Научный руководитель – Вестяк Владимир Анатольевич, к.ф.-м.н., доцент, заведующий кафедрой «Математическое моделирование» ФГБОУ ВПО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)».

Актуальность диссертационной работы

В соответствии с требованиями Авиационных Правил (АП25.571) безопасность конструкции по условиям прочности при длительной эксплуатации авиационной техники обеспечивается обоснованием допустимых повреждений и безопасного ресурса. К одним из основных факторов, влияющих на ресурс, относят усталостные повреждения, показатели которых оцениваются по результатам усталостных испытаний. Достоверность этих показателей зависит от качества методик проведения испытаний и обработки результатов испытаний. Поэтому задача разработки рациональной методики оценки характеристик усталостных свойств материала и разработки к ней компьютерных программ является актуальной.

Оценка структуры и содержания диссертации

Диссертация оформлена на 120 страницах основного текста, содержит 17 рисунков, 13 таблиц и приложения на 11 страницах и состоит из введения, пяти глав, основных выводов, списка литературы из 106 наименований.

Во введении на основании анализа состояния проблемы сформулированы цель и задачи диссертационной работы, обоснована актуальность проводимых исследований, отражена научная новизна полученных результатов, отмечена их достоверность и практическая значимость, перечислены положения, выносимые на защиту, кратко изложено содержание диссертации.

В первой главе выполнен анализ проблемы разработки оптимальных методов оценивания характеристик усталостных свойств материалов и элементов конструкций авиационной техники. Выделены основные направления, связанные с темой диссертационной работы. Основными направлениями исследований в диссертации приняты исследования по оценке рассеяния усталостной долговечности, анализа эффективности методов статистического оценивания характеристик усталостных свойств и методов проверки статистических гипотез при анализе результатов механических испытаний.

Вторая глава посвящена разработке оптимальных методов оценивания характеристик сопротивления усталостному разрушению. Рассмотрены наиболее распространенные методы оцени-

25 11 2015

вания параметров распределения долговечности и предела выносливости: метод максимального правдоподобия и метод наименьших квадратов. В задачах с нормальным распределением случайных величин, при использовании не цензурированных выборок и т.п., эти методы дают близкие, совпадающие результаты.

Решена задача оценки параметров нормального, логарифмически-нормального и Вейбулла-Гнеденко распределений предела выносливости при проведении усталостных испытаний методом «вверх-вниз». Для этой задачи разработана методика и программы для ЭВМ, необходимые для вычисления начальных приближений и последующего численного решения систем нелинейных уравнений максимального правдоподобия. Программы позволяют оперативно и с достаточной точностью вычислять значения оценок и нижних доверительных границ предела выносливости при усталостных испытаниях.

В третьей главе исследуются методы оптимизации рассеяния характеристик усталостных свойств конструкционных материалов при статистическом анализе результатов усталостных испытаний. Анализ результатов усталостных испытаний конструкционных материалов свидетельствует о том, что характеристики рассеяния усталостных свойств существенно зависят от долговечности.

Отмечается, что при обосновании расчетных характеристик долговечности и пределов выносливости в расчет необходимо закладывать нижние толерантные границы для обеспечения гарантированного ресурса элементов конструкций авиационной и ракетной техники. При этом методика расчета указанных характеристик для образцов, конструктивных элементов или натуральных деталей не изменится, меняется, как правило, лишь объем испытанных объектов. От объема испытаний существенно зависит точность определения доверительных интервалов расчетных характеристик долговечности и пределов выносливости.

В четвертой главе приведены результаты по разработке метода расчета непараметрических критериев проверки статистических гипотез при малых объемах наблюдений. Эта задача требует необходимости точного расчета процентных точек распределения вследствие большой неточности приближенных аппроксимаций при малых объемах наблюдений. Непараметрические критерии эффективны при работе с малыми выборками. Разработаны несколько методов расчета точного распределения статистик ранговых критериев.

В диссертационной работе реализована рациональная методика вычисления точных распределений в выборочной модели путем попарного применения критерия Уилкоксона и методика прямого перебора вариантов в подобных задачах, для которых нет точных решений.

В пятой главе приведены результаты по разработке методики оптимального планирования усталостных испытаний. Оптимизация испытаний позволяет существенно снизить затраты за счет точной формулировки целевых функций, критериев обеспечения надежности, вероятностно-статистического обоснования факторов планирования эксперимента и точности оценивания расчетных характеристик выносливости и долговечности силовых элементов конструкций.

Задача оптимального планирования усталостных испытаний решена на уровне определения минимального объема испытаний, минимизации времени испытаний и необходимого характера распределения объектов испытаний по уровням амплитуд напряжений. Такой подход необходим для обеспечения нормативной относительной ошибки при минимальной себестоимости для данного варианта плана испытаний. Задача минимизации времени испытаний актуальна для испытаний, проводимых на дорогостоящих испытательных стендах.

Научная и практическая ценность диссертации состоит в разработке следующих методик и программ для ЭВМ:

- методика и компьютерные программы для решения систем нелинейных уравнений максимального правдоподобия параметров распределений характеристик усталостных свойств и функций распределения пределов выносливости;
- методика оценки параметров вероятностного распределения характеристик усталостных свойств и параметров кривых усталости;
- методика расчета доверительных границ для функции распределения;
- методика оптимального выбора функциональных преобразований случайных величин при статистическом анализе усталостных испытаний, позволяющая существенно сократить объем испытаний, повысить точность определения расчетных характеристик выносливости;

- программы вычисления непараметрических критериев, позволяющие существенно повысить надежность проверки статистических гипотез при анализе механических испытаний авиационных и ракетных конструкций.

- методика и программа для определения минимального объема выборки, необходимые для решения задач обоснования нижнего гарантированного ресурса ответственных элементов авиационных конструкций;

- методика и программа оптимального планирования усталостных испытаний, позволяющие обосновать пути минимизации затрат для дорогостоящих усталостных испытаний элементов конструкций.

Научный и практический интерес представляют также алгоритмы получения точных распределений ранговых критериев проверки статистических гипотез. Это актуально в условиях вынужденно малых объемах испытаний, характерных для заводских лабораторий, так как существующие таблицы (например, приведенные в монографии Холлендера и Вульфа) в современных условиях использовать достаточно затруднительно при непрерывных расчетах с помощью вычислительной техники.

Значимость полученных автором диссертации результатов для развития соответствующей отрасли науки состоит:

- в разработках оптимальных методов статистического обоснования характеристик усталостных свойств в условиях незавершенных и ограниченных объемов экспериментальных данных, направленных на повышение эффективности, надежности и безопасности машин и элементов авиационных конструкций на всех этапах жизненного цикла;

- в обеспечении эффективного оценивания показателей надежности и долговечности авиационных и ракетных конструкций путем оптимального решения уравнений максимального правдоподобия и наименьших квадратов при прямых и косвенных испытаниях конструкций;

- в сокращении объемов механических испытаний, повышении точности определения расчетных характеристик выносливости деталей машин и элементов конструкций, стабилизации рассеяния усталостных свойств за счет оптимальных преобразований долговечности и пределов выносливости при статистическом анализе;

- в обеспечении планирования многофакторных усталостных испытаний и прогнозирования характеристик прочности и долговечности элементов конструкций путем точного расчёта толерантных интервалов;

- в обеспечении повышения надежности выбора материалов, полуфабрикатов, параметров технологических процессов в условиях ограниченных объемов экспериментальных данных путем оптимизации методов расчета точных распределений ранговых статистических критериев.

Научную новизну представляет также разработанный соискателем алгоритм планирования длительных и дорогостоящих усталостных испытаний, позволяющий в качестве параметров оптимизации варьировать время испытаний, стоимость объектов испытаний или общую себестоимость проведения экспериментов.

Рекомендации по использованию результатов и выводов, приведенных в диссертации

Автором диссертации предложен целенаправленный практический продукт для решения задач:

точечного и доверительного оценивания нижних квантилей распределения, необходимых для уточнения коэффициентов запаса статической прочности (предел текучести, временное сопротивление, характеристики пластичности и т.п.);

обоснования гарантированного ресурса, который назначается по показателям сопротивления усталостному разрушению;

решения сложных уравнений максимального правдоподобия, имеющих несколько локальных экстремумов.

Предложенный в диссертации метод «открытых кодов» позволяет исследователю самостоятельно дорабатывать существующие базовые программные модули для решения своих задач, что существенно поднимает значимость полученных результатов.

Поэтому разработанные в диссертации методы, оптимальные алгоритмы и компьютерные программы рекомендуются использовать:

в лабораториях авиационной промышленности и гражданской авиации при анализе результатов механических испытаний материалов элементов конструкции авиационной и ракетной техники;

в опытных конструкторских бюро авиационной промышленности для уточнения и обоснования ресурса, коэффициентов запаса прочности, назначения периодов регламентных работ, оптимизации длительных и дорогостоящих усталостных испытаний.

Замечания по диссертационной работе:

1. Предложенное в диссертации преобразование логарифма долговечности в виде степенной функции (3.4) (в автореферате формула (26)) действительно приводит к приближенной независимости дисперсии функции долговечности $\varphi(\ln N)$ от среднего значения логарифма долговечности. Однако это проверено только на результатах испытаний образцов из титанового сплава ВТ3-1 и алюминиевого сплава В-95 при изгибе с вращением, выполненных автором. Поэтому для обоснования целесообразности этой методики ее необходимо проверить на результатах испытаний различных авторов, в том числе при различных коэффициентах асимметрии циклов нагружения, при программном и случайном нагружении и т.д.

2. В общих выводах (с. 112, п. 1) не только допущена редакционная ошибка «...методов численного сложных решения задач ...», но и указывается на решение актуальной научной проблемы, хотя в диссертационной работе на соискание ученой степени к.т.н. решается актуальная научная задача.

3. Цель работы в автореферате не соответствует цели, определенной в диссертации. В автореферате цель - «повышение эффективности, надежности и безопасности машин и элементов конструкций на всех этапах жизненного цикла путем разработки оптимальных методов статистического обоснования характеристик усталостных свойств в условиях незавершенных и ограниченных объемов экспериментальных данных». В диссертации цель работы определяется как (стр.7) «...тема диссертационной работы, целью которой является разработка оптимальных методов статистического оценивания характеристик сопротивления усталостному разрушению...». Т.е. имеет место несоответствие автореферата диссертации.

4. В диссертации и автореферате отсутствуют данные по обоснованию соответствия диссертации паспорту научной специальности. Т.е. не указано, что диссертационная работа выполнена в соответствии паспорта по специальности 01.02.06. «Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры»

5. Название диссертации некорректно, так как определяется словом «Разработка...». Слово «разработка» - это процесс, а автор защищает оптимальные методы, т.е. представляются результаты законченных исследований.

6. Отсутствуют Акты о внедрении, т.е. отсутствуют данные, что научные результаты диссертационной работы использовались и реализованы.

7. В диссертации имеется ряд редакционных ошибок:

- так автор известной формулы для оценки скорости роста усталостных трещин на с. 23 указан как Парис, на с. 51 – Пэрисс, а на с. 121, 124, 125 – Пэрис;

- на с. 92 в 4-й главе дается ссылка на полином (5.3), хотя в 5-й главе под этим номером помещена формула для относительной ошибки;

- на с. 74 дается ссылка на уравнение (1), но нужно написать (3.1);

- имеются и другие редакционные неточности на с. 20, 33, 37, 43 и др.

Указанные замечания не влияют на полученные результаты, сделанные выводы и не снижают качества выполненных исследований.

Диссертация выполнена на высоком научном уровне на актуальную тему, обладает новизной, практической значимостью.

Оценка выполненной соискателем диссертационной работы:

Достоверность изложенных в диссертации результатов подтверждается сравнением полученных результатов с результатами исследований других авторов, сопоставлением с таблицами распределений.

Диссертация написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты и свидетельствующие о личном вкладе автора в науку.

Диссертация отличается логичностью и ясностью изложения, написана хорошим техническим языком, представленные в ней рисунки и схемы характеризуются наглядностью.

Автореферат не полностью соответствует диссертации.

В диссертации приводятся сведения о практическом использовании полученных автором диссертации научных результатов.

Предложенные автором диссертации решения аргументированы и оценены по сравнению с другими известными решениями.

Основные научные результаты и выводы диссертационной работы опубликованы соискателем в 6 публикациях в ведущих рецензируемых научных журналах и изданиях, рекомендованных ВАК при Министерстве образования и науки Российской Федерации для опубликования материалов диссертационных работ на соискание ученых степеней.

В диссертации сделаны ссылки на авторов и источники заимствования отдельных результатов, в том числе выполненных автором диссертации лично или в соавторстве.

Диссертация соответствует специальности 01.02.06 – Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры (технические науки).

В диссертации изложены научно обоснованные технические решения и разработки, направленные на повышение эффективности, надежности и безопасности машин и элементов конструкций путем разработки оптимальных методов статистического обоснования характеристик усталостных свойств в условиях незавершенных и ограниченных объемов экспериментальных данных. Результаты имеют существенное значение для развития авиационной и космической техники Российской Федерации, и их внедрение вносит значительный вклад в развитие отечественного авиационного и космического комплекса.

Диссертация Агамирова Владимира Леоновича «Разработка оптимальных методов статистического оценивания характеристик усталостных свойств материалов и элементов авиационных конструкций» является законченной научно-квалификационной работой, удовлетворяющей критериям, которым должны отвечать диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук в соответствии с п.п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации «О порядке присуждения ученых степеней» от 24 сентября 2013 г. № 842, и рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.02.06 – Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры (технические науки) в диссертационном совете Д 212.125.05 при ФГБОУ ВПО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)».

Отзыв рассмотрен на расширенном заседании научных отделов Поддержания летной годности и совершенствования методов ТОиР вертолетов, Организации сертификации экземпляра воздушного судна, Информационного обеспечения процессов поддержания летной годности и секции Ученого совета ФГУП ГосНИИ ГА.

Присутствовало на заседании 15 чел.

Результаты голосования: “за” - 15 чел., “против” - 0 чел., “воздержалось” - 0 чел. (протокол от 25.11.2015 г. № 1).

Отзыв составил:

Главный научный сотрудник

Отдела Ученый секретариат ФГУП ГосНИИ ГА,

д.т.н., профессор

Н.Н. Сиротин

ФГУП Государственный научно-исследовательский институт гражданской авиации,
ул. Михалковская, д.67, корп.1, г. Москва, 125438, тел. (495)956 4963 доб. 1018. Адрес электронной
почты: science@gosniiga.ru