



УДК 629.7.015.7: 539.433

Стрижиус В.Е.

ЗАО «Гражданские самолеты Сухого». Россия, Москва

**ИНЖЕНЕРНЫЕ МЕТОДЫ И ПРОЦЕДУРЫ РАСЧЕТОВ НА УСТАЛОСТЬ ЭЛЕМЕНТОВ
АВИАЦИОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ****Анотація**

Запропоновані інженерні методи й процедури оцінки утомної довговічності, що дозволяють значно спростити й підвищити точність розрахунків на утому основних типів елементів авіаційних конструкцій на етапах ескізного й робочого проектування (до одержання експериментальних результатів випробувань на утому натурних зразків й агрегатів літака).

Abstract

Engineering methods and procedures for fatigue life analysis are offered, allowing considerably to simplify and increase accuracy of fatigue life calculations of the main types of aircraft structural elements at stages initial and design engineering (before obtaining experimental results of fatigue tests of full-scale samples and aggregates of an airplane).

При проектировании современных самолетов транспортной категории значительно возросли требования к объему и качеству расчетов на усталость (на этапе до образования усталостных трещин) элементов основной силовой конструкции самолетов.

Обеспечение высокого качества таких расчетов особенно важно на этапах эскизного и рабочего проектирования самолетов, когда выбирается конструктивно-технологическое исполнение основных силовых элементов, обеспечивается безопасность и экономическая эффективность самолета по условиям усталостной прочности конструкции.

Очевидно, что для успешного выполнения таких расчетов, применяемые методы расчетов должны отвечать целому ряду требований, главными из которых являются следующие:

- универсальность (возможность расчетов на усталость всех основных типов конструктивных элементов);
- учет конструктивно-технологических особенностей каждого элемента;
- приемлемая точность и консервативность результатов расчетов;
- простота применения;

- возможность программирования методов расчетов.

Известно, что зарубежные самолетостроительные фирмы придают огромное значение совершенствованию старых, разработке и внедрению новых методов расчетов на усталость. Фирма Boeing для выполнения подобных расчетов еще в 1973 году выпустила специальное руководство — "Стандарты усталостной долговечности" ("Durability Standards" [6–7]). Это руководство содержит стандартизованные фирмой инженерные методы расчетов на усталость всех основных типов конструктивных элементов авиационных конструкций. С 1973 года это руководство неоднократно дополнялось и уточнялось.

Что касается отечественных самолетостроительных ОКБ и отраслевых НИИ, можно констатировать, что, несмотря на многообразие применяемых методов расчетов на усталость, современных инженерных методов, в полной мере отвечающих всем перечисленным выше требованиям, в отечественных самолетостроительных ОКБ и отраслевых НИИ, к сожалению, не создано. Сложность и трудоемкость предлагаемых методов расчетов на усталость являются их основными недостатками, препятствующими широкому применению таких методов в практических расчетах на усталость элементов авиационных конструкций.

Актуальность разработки современных инженерных методов расчета на усталость, способных учесть влияние конструктивно-технологических особенностей элементов на их усталостную долговечность и позволяющих при этом значительно упростить и повысить точность расчетов, очевидна.

Для достижения определенного прогресса в рассматриваемой области автором разработана методика [4–5], синтезирующая наиболее удачные теоретические и практические положения современных отечественных [1–3] и зарубежных [6–9] методов расчета на усталость элементов авиационных конструкций. Методика объединяет группу расчетных методов по номинальным напряжениям в рассматриваемых элементах, использует гипотезу линейного суммирования усталостных повреждений Пальмгрена-Майнера и основана на широком применении КЭ моделей

общего и местного НДС. В качестве базовых характеристик усталости элементов методика предполагает использование базовых характеристик сплавов и полуфабрикатов, из которых изготовлены элементы. Для учета конструктивно-технологических особенностей каждого элемента в методике предложена процедура коррекции этих базовых характеристик с использованием специальных коэффициентов коррекции. В конечном итоге методика позволяет значительно упростить и повысить точность расчетов на усталость всех основных типов элементов авиационных конструкций на этапах эскизного и рабочего проектирования (до получения значительного объема экспериментальных результатов испытаний на усталость натуральных образцов и агрегатов самолета).

Предлагаемые в рамках методики методы и процедуры сведены в методическое пособие. Пособие содержит все необходимые данные для выполнения расчетов на усталость всех основных типов элементов самых различных авиационных конструкций (элементов с геометрическими вырезами, проушин, болтовых и заклепочных соединений и т.д.), изготовленных из различных полуфабрикатов современных алюминиевых, титановых сплавов и сталей с использованием типовых технологических процессов и крепежных элементов.

Предложенные методы и процедуры апробированы при расчетах на усталость основных силовых элементов конструкции ряда современных российских самолетов транспортной категории. Апробирование показало простоту практического применения и подтвердило ожидаемое увеличение точности расчетов с использованием предложенных методов и процедур.

Автор надеется получить отзывы и замечания от широкого круга специалистов и планирует на базе методического пособия подготовить материалы, которые могли бы служить корпоративным Руководством для конструкторов по выполнению расчетов на усталость элементов авиационных конструкций.

По вопросам приобретения пособия автор просит обращаться по электронному адресу: v.strizhius@yasenevo.ru.

Литература

1. Воробьев А.З., Олькин Б.И., Стебнев В.Н., Родченко Т.С. Сопротивление усталости элементов конструкций. — М.: Машиностроение, 1990. — 240 с.
2. Гребеников А.Г. Методология интегрированного проектирования и моделирования сборных самолетных конструкций. — Харьков: Национальный аэрокосмический университет "ХАИ", 2006. — 532 с.
3. Стебнев В.Н. Методика оценки сопротивления усталости соединений // Сопротивление усталости элементов авиаконструкций. — М., 1981. — С. 42–54. — (Тр. ЦАГИ, Вып. 2117).
4. Стрижиус В.Е. Модифицированное расчетное уравнение усталости элементов авиационных конструкций // Научный вестник МГТУ ГА. Серия: "Аэромеханика, прочность, поддержание летной годности ВС". 2007. № 119. — С. 141–148.
5. Стрижиус В.Е. Методика расчетов на усталость элементов авиационных конструкций с использованием рейтингов усталости // Научный вестник МГТУ ГА. Серия: "Аэромеханика, прочность, поддержание летной годности ВС" (в печати).
6. Goranson Ulf G., Hall J., Maclin J.R., Watanabe R.T. Long Life Damage Tolerant Jet Transport Structures. American Society for Testing and Materials. Fatigue and Fracture Committees. Symposium on "Design of Fatigue and Fracture Resistant Structures". Bal Harbour, Florida. November 10–11, 1980.
7. Goranson Ulf G. Damage Tolerance Theory and Practice. Moscow Aeronautical University. September 8, 1997. Moscow, Russia.
8. Michael Chun-Yung Niu. Airframe Structural Design. Hong Kong Conmilit Press Ltd. 1988. — P. 612.
9. Spencer Max. M. The Boeing 747 fatigue integrity program. In: "Advanced approaches to fatigue evaluation. Sixth ICAF symposium held of Miami Beach, Florida, May 13-14, 1971". NASA SP — 309, 1972.