

М. П. Львов, к. т. н.,
А. И. Макеев, к. т. н.,
Б. Л. Паценкер, к. т. н.,
П. А. Фомичев, д. т. н.,
А. П. Гонтаренко,
А. В. Кадышев,
Е. Ф. Кучерявый,
Ю. Ю. Шевченко

РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ АВИАЦИОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Высокая надежность и конкурентноспособность авиационной техники может быть обеспечена на основе применения наиболее совершенных методов расчетов и испытаний. В области расчетов долговечности общепризнана эффективность метода локального НДС. Использование в этом методе физически обоснованных моделей деформирования материала и критериев усталостного разрушения повышает точность прогноза долговечности при минимальном объеме предварительных экспериментальных исследований и позволяет решать ряд принципиально новых задач. Метод расчета долговечности по локальному НДС предполагает решение двух основных задач - определение локального напряженно-деформированного состояния в зоне концентрации напряжений и установление параметра, характеризующего долговечность тел с концентраторами напряжений. При решении первой задачи в качестве физического закона, который определяет связь напряжений и деформаций, используют основную диаграмму циклического деформирования, под которой понимают зависимость между амплитудами напряжения и полной циклической деформации. Амплитуда полной деформации есть сумма амплитуд упругой и пластической составляющих.

В результате многочисленных экспериментальных исследований кинетики амплитуды пластической деформации отмечено, что она зависит от циклических деформационных свойств рассматриваемого конструкционного материала и программы нагружения. Предложена модель расчета этой кинетики, основанная на экспериментально установленных закономерностях. Математическая формулировка мо-

увеличении длины трещины. Проведено численное моделирование развития трещины на контуре иллюминатора панели Фюзеляжа.

Рассмотрены способы торможения усталостных трещин при ресурсных испытаниях натуральных конструкций. Сформулированы основные направления создания новых способов, сущность которых заключается в уменьшении амплитудных напряжений в опасных зонах с помощью конструктивно-технологических решений. Этого можно достичь за счет изменения локальной геометрии элемента конструкций либо путем использования дополнительных элементов в виде конических винтов вдоль длины трещины или накладок, стягивающих элементы вдоль трещины. Проведенные эксперименты показали достаточную эффективность выбранного подхода в развитии способов торможения усталостных трещин.

Показана высокая усталостная прочность зажатых соединений, в которых за счет поперечного сжатия часть или вся нагрузка передается контактирующими поверхностями. Предложены варианты соединений с использованием элементов в виде сеток, устанавливаемых между контактирующими поверхностями (усиливающей накладкой и конструктивным элементом с трещиной), что улучшает усталостные характеристики соединения за счет передачи нагрузки посредством сетки. Оптимальное проектирование таких усилений проводится путем решения контактной упругопластической задачи, особенностью которой является возникновение пластических деформаций не только при сборке пакета (внедрение сетки в контактирующие поверхности), но и при внешней нагрузке.

Долговечность элементов конструкций определяется, в первую очередь, нагрузками, действующими в эксплуатации. Рассмотрено влияние неровностей взлетно-посадочной полосы на перегрузку в центре тяжести самолета с учетом его упругости при рулении. Движение самолета, помимо поступательного, характеризуется колебательными перемещениями в вертикальной плоскости, обусловленными упругостью конструкции планера самолета, а также амортизационной системы и пневматика. Уравнения движения получены с помощью метода конечных элементов. Для описания конструкции планера применены балочные конечные элементы с различным числом степеней свободы. Нагрузки условно подразделены на два класса - имеющие упругую и диссипативную природу. В рамках уточненной модели рассмотрена связь между движением катящегося колеса с

упругой шиной и реакцией на него со стороны земли, включая проскальзывание пневматика.

Разработана методика учета индивидуального расходования ресурса отдельных агрегатов (шасси, оперение и т. д.) самолета. Модернизированная структура информационно-справочной системы позволила учитывать замену агрегатов в процессе эксплуатации и получать сведения об истории эксплуатации агрегатов при проведении работ по индивидуальному продлению ресурса самолета. Реализована возможность анализа данных эксплуатационных испытаний, проводимых в рамках процедуры сертификации и контроля эффективности конструктивных доработок по бюллетеням в период эксплуатации. В связи с особой важностью и большими объемами хранимой в базе данных информации потребовались специальные меры по защите данных от искажения или случайного удаления. С этой целью была разработана дифференцированная система санкционированного доступа.

Проведена опытная эксплуатация программного обеспечения совместно со специалистами АНТК им. О. К. Антонова при индивидуальном продлении ресурса самолетов Ан-12. Работа, выполненная на инициативной основе, заключалась в:

- 1) насыщении базы данных информацией об отказах в процессе эксплуатации всего парка самолетов данного типа;
- 2) модернизации структуры базы данных для учета:
 - обнаруженных дефектов заменяемых во время эксплуатации агрегатов (например, шасси);
 - сведений об индивидуальном продлении ресурса самолетов эксплуатируемого парка;
 - сведений коммерческого характера о стоимости работ по индивидуальному продлению ресурса;
- 3) создании ориентированной на специалистов версии монитора специализированной системы управления базой данных.
- 4) модернизации специализированных программ выборки информации из базы данных по заявкам оператора с учетом изменений структуры данных.

Опытная эксплуатация показала высокую эффективность разработанного программного обеспечения.

Заключение о ресурсе конструкции принимается по результатам натурных испытаний. Разработана структура комплекса техни-

II.

ческих средств обеспечения ресурсных испытаний, обоснованы и сформулированы технические требования к ее элементам. В состав комплекса должны входить:

- тензометрические датчики нагрузок, акселерометры и датчики линейных перемещений с нормирующими преобразователями;
- гидравлические приводы с электрогидравлическими преобразователями;
- многоканальный блок управления приводами;
- персональная ЭВМ управления стендом;
- персональная ЭВМ для математических вычислений (только для ресурсных вибрационных испытаний), включающая встроенный аналого-цифровой преобразователь, накопитель на магнитной ленте для хранения сигналов программы испытаний и быстрый канал связи с ЭВМ управления стендом.

Сформулированы основные технические требования к системе управления ресурсными испытаниями. Наиболее жесткие требования по быстродействию и обмену памяти для хранения программы испытаний предъявляются к техническим средствам вибрационных испытаний:

- система должна быть рассчитана на 10-12 канальный стенд;
- полоса воспроизводимых частот стенда должна быть не уже 0,01-100 Гц, сигналы программы нагружения должны быть проквантованы с интервалом не более 2,5 мсек;
- объем памяти для хранения в цифровой форме программы нагружения каждого канала должен быть около 20 М байт;
- скорость передачи данных между персональными ЭВМ должна быть для 12-и канальной системы управления около 1 М байт в секунду;
- исходя из требования быстродействия в качестве управляющей и вычислительной ПЭВМ могут быть использованы ПЭВМ на базе микропроцессоров соответственно AT386 и AT486.

Технические средства системы управления испытаниями должны обеспечивать выдачу сигнала "авария" на гидросиловую станцию не позднее, чем через 30 мсек с момента получения первого дискретного сигнала аварии на входе системы управления, либо после выхода за заданные границы и не возвращения в них в течение заданного времени хотя бы одного контролируемого аналогового сигнала.