

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАЗРУШЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ В ПАКЕТЕ LS-DYNA НА КЛАСТЕРЕ СКИФ К-1000

Баркалин В.В., Жучек П.А., Миклашевич И.А.

Белорусский национальный технический университет, Минск

The simulation results of aviation parts' fracture under the non-stationary loading and explosive processes in LS-DYNA package are presented.

Введение

Повышение надежности и долговечности машин и их элементов, являясь важнейшим фактором, определяющим рост конкурентоспособности изделий, связано с достоверным определением «опасных» мест конструкций. Наиболее эффективным и широко используемым средством достижения этой цели является использование математического моделирования методом конечных элементов. Существует достаточно много программных продуктов для решения широкого спектра задач определения прочности. Одним из наиболее мощных программных средств решения задач разрушения конструкций является пакет LS-DYNA [1]. В настоящее время накоплен достаточный опыт в определении прочности цельно-металлических конструкций. Поэтому основное внимание исследователей сосредоточено на разработке методик учета влияния локальных особенностей конструкции - мест с резко меняющейся кривизной поверхности, сварных швов, локальных неоднородностей и др. В данной работе рассмотрены детали, изготовленные из титанового сплава BT-20 и алюминиевого сплава ВАЛ-10, обладающих механическими свойствами, представленными в табл. 1.

Таблица 1

Механические свойства сплавов

Марка сплава	Модуль упругости, МПа	Коэффициент Пуассона	Предел текучести, МПа	Временное сопротивление разрыву, МПа	Относительное удлинение, %
BT-20	116 000	0.32	382	480-667	20
ВАЛ-10	70 000	0.35	320	410-590	10

1. Расчет лонжерона самолета МИГ-29

Лонжероны самолета предназначены для крепления крыла самолета к фюзеляжу и придания крылу необходимой жесткости. В работе проведен расчет прочности лонжерона, к которому крепится подвесное оборудование самолета (ракеты, бомбы, подвесные баки горючего). Лонжерон имеет довольно сложную геометрию и состоит из двух частей: именно лонжерона, который крепится к фюзеляжу самолета, и стакана, к которому крепится держатель подвесного оборудования.

Твердотельные модели лонжерона и стакана создавались при помощи программы SolidWorks. Затем при помощи той же программы эти модели были объединены в одну. Результаты построения моделей представлены на рис.1–3.

Из программы SolidWorks модели были экспортированы в программу ANSYS для создания конечно-элементных моделей. Для создания конечно-элементных моделей использовались пирамидальные элементы. Из-за высокой сложности геометрии модели разбиение проводилось в автоматическом режиме, что обычно приводит к возникновению некорректных конечных элементов, а это значит, что снижается точность расчета. Для создания более корректного конечно-элементного разбиения необходимо использование альтернативных FEM программ.

После создания конечно-элементных моделей были подготовлены модели для их дальнейшего расчета в программе LS-DYNA. На первом этапе был проведен расчет механического нагружения лонжерона (рис. 1а). Модель была изменена в местах соединения со стаканом для придания жесткости конструкции (рис.2).

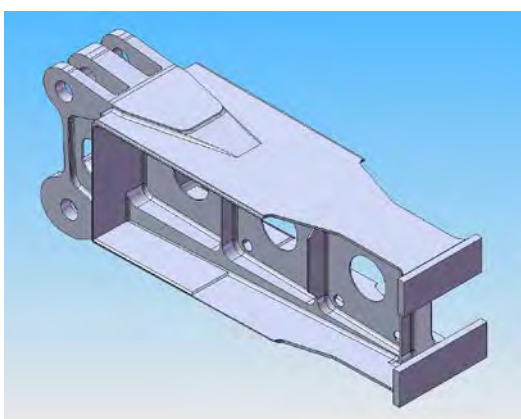


Рис. 1. Твердотельная модель лонжерона

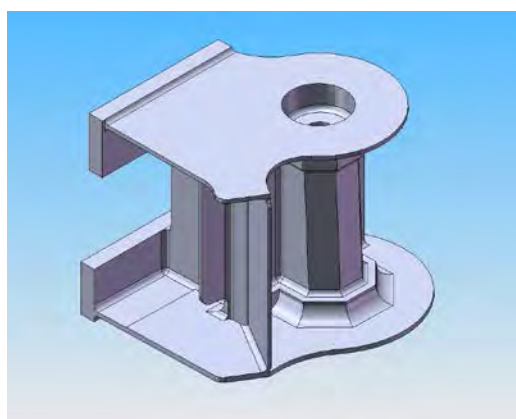


Рис. 2. Твердотельная модель стакана

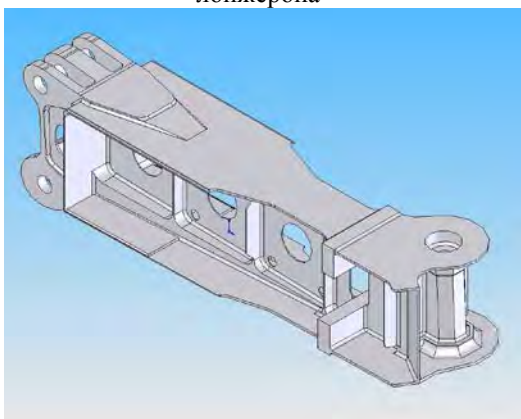


Рис. 3. Твердотельная модель объединенной детали

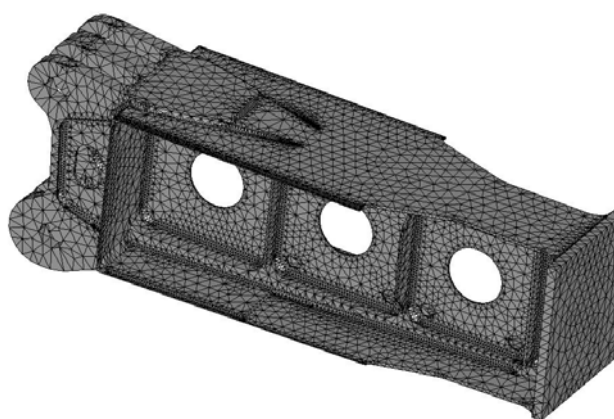


Рис. 4. Конечно-элементная модель лонжерона (33095 узлов, 115336 элементов)

Лонжерон изготавливается из титанового сплава BT-20. Для расчета использовалась модель материала PLASTIC_KINEMATIC, которая позволяет учитывать особенности поведения титанового сплава, а также моделировать разрушение детали. Модель лонжерона жестко фиксировалась в местах крепления детали к фюзеляжу, а нагрузки прикладывались к поверхности, к которой крепится стакан. К модели прикладывались равномерно увеличивающиеся осевые нагрузки, приводящие к разрушению лонжерона. На рис. 5–7 показаны варианты разрушения

лонжерона при различных видах нагружения, а также пластические деформации лонжерона.

На втором этапе был проведен расчет собранной детали. Лонжерон и стакан соединяются при помощи сварки, причем по всей площади соприкосновения поверхностей. При этом структура сплава не изменяется. Поэтому при расчете сварка не учитывается, а деталь воспринимается как одно целое. На рис. 8 представлена конечно-элементная модель детали. Нагрузки прикладывались к внутренней поверхности отверстия в стакане. На рис. 9–11 показаны варианты разрушения и пластические деформации лонжерона при различных видах нагружения.

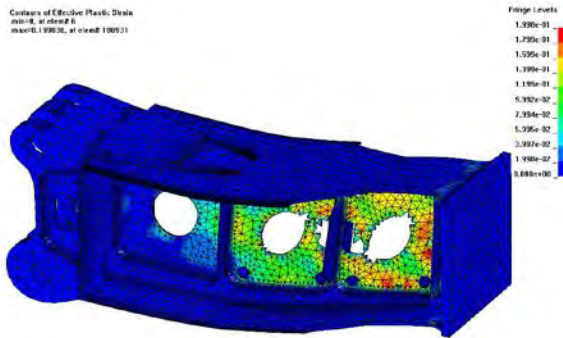


Рис. 5. Осевой изгиб в вертикальной плоскости

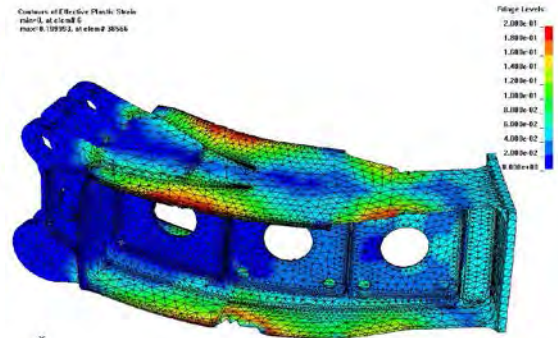


Рис. 6. Осевой изгиб в горизонтальной плоскости

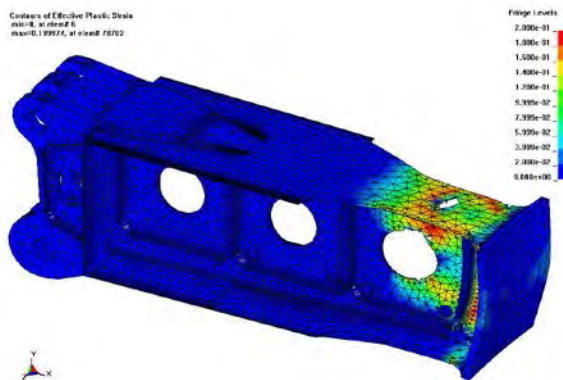


Рис. 7. Осевое растяжение в горизонтальной плоскости

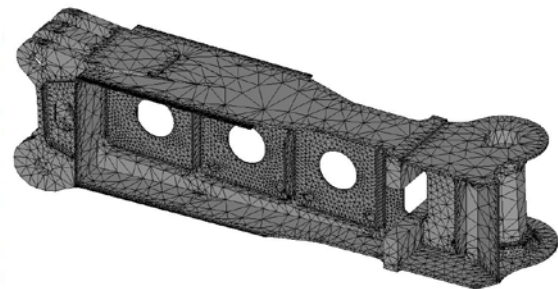


Рис. 8. Конечно-элементная модель детали (31837 узлов, 100806 элементов)

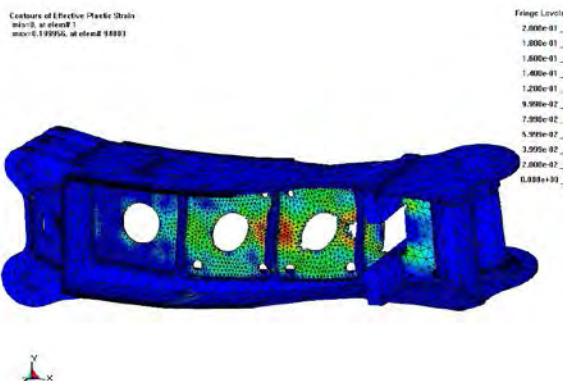


Рис. 9. Осевой изгиб в вертикальной плоскости

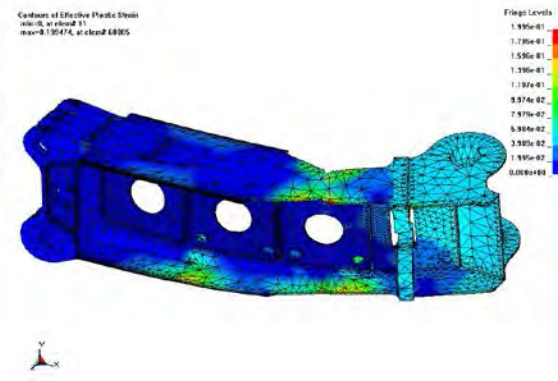


Рис. 10. Осевой изгиб в горизонтальной плоскости

Сравнив расчеты лонжерона и объединенной детали можно заметить, что нагружение объединенной детали происходит более равномерно, по всему объему.

му. Это говорит о том, что деталь хорошо оптимизирована и способна выдерживать более высокие нагрузки. Поэтому при расчетах необходимо рассматривать деталь целиком, а не ее составляющие.

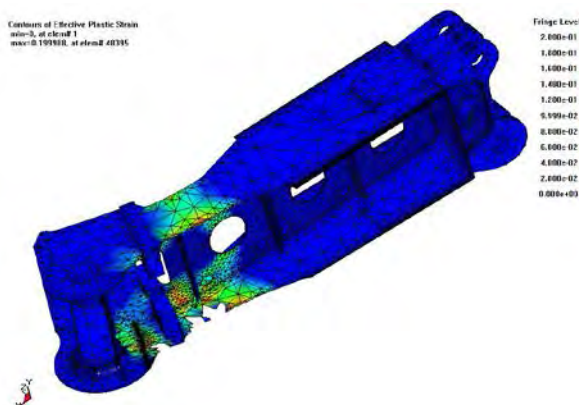


Рис.11 Осевое растяжение в горизонтальной плоскости

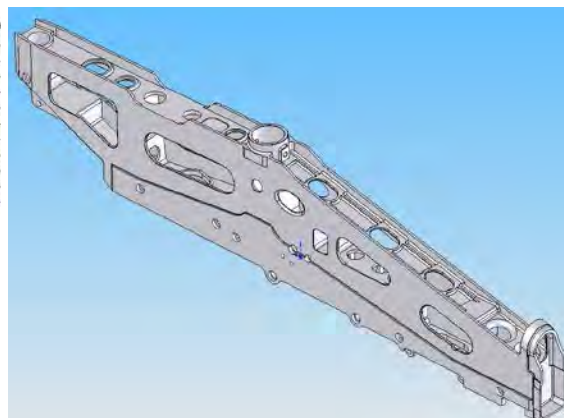


Рис.12 Твердотельная модель балочного держателя

2. Расчет балочного держателя

Балочные держатели самолета предназначены для крепления подвесного оборудования самолета. Они крепятся в двух точках под крылом самолета к лонжеронам.

Твердотельная модель держателя была создана в программе SolidWorks (рисунок 12). Затем модель экспортировалась в программу ANSYS для создания конечно-элементной модели (рис. 13). Затем модель модифицировалась для расчета в LS-DYNA. Деталь изготовлена из алюминиевого сплава ВАЛ-10. В модели использовалась модель материала PLASTIC_KINEMATIC, позволяющая учесть особенности поведения алюминиевого сплава. Модель жестко закреплена в местах ее крепления к лонжеронам. Нагружение модели происходит вертикально вниз в двух точках, эмитируя воздействие подвесного оборудования. На рис. 14 показан результат нагружения модели равномерно растущей силой до разрушения детали и пластические деформации детали.

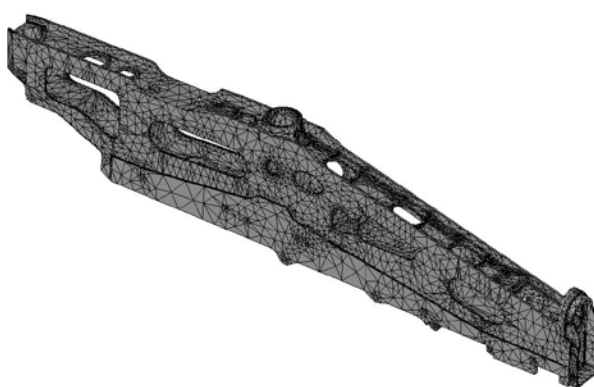


Рис.13 Конечно-элементная модель детали.

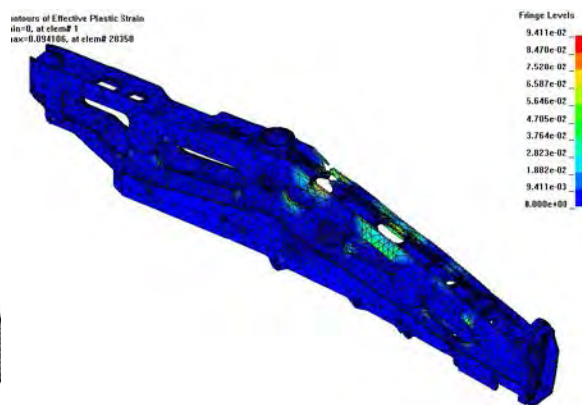


Рис.14. Результат нагружения модели.

Литература

1. LS-Dyna Keyword User's Manual. - Livermore Software Technology Corporation, 2003.