

УДК 629.7.024

Оптимизация конструкции композитной балки пола пассажирского самолета

Кхант Фон^(*)

williamforster2511@gmail.com

Хазиев Алексей Равкатович

khaziev@bmstu.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Аннотация. В работе предложен подход к снижению веса балки пола самолета Airbus A380, изготовленной из композиционных материалов, с использованием топологической оптимизации. С применением современных методов численного моделирования и топологической оптимизации был предложен новый проектный облик балки пола. Результаты продемонстрировали снижение массы конструкции на 55 % по сравнению с исходной балкой при сохранении требуемых эксплуатационных характеристик.

Ключевые слова: топологическая оптимизация, балка пола, композитные материалы, авиационные конструкции, оптимальное проектирование

Введение. Оптимизация балок пола самолета снижает их вес, улучшая топливную эффективность и производительность. Целью работы является снижение веса балки пола за счет применения полимерных композиционных материалов и топологической оптимизации.

Материалы и методы; результаты. Исходная модель балки пола была создана на основе чертежей Airbus A380.

Процесс проектирования балки пола включал следующие этапы [1–3]:

1. Создание исходной модели, граничных условий и укладки;
2. Проведение топологической оптимизации;
3. Оценка прочности и устойчивости конструкции.

Первоначальное поперечное сечение балки пола самолета Airbus A380 показано на рис. 1. Балка была проанализирована с приложением к ней равномерно распределенной нагрузки с результирующей 16 кН [2].

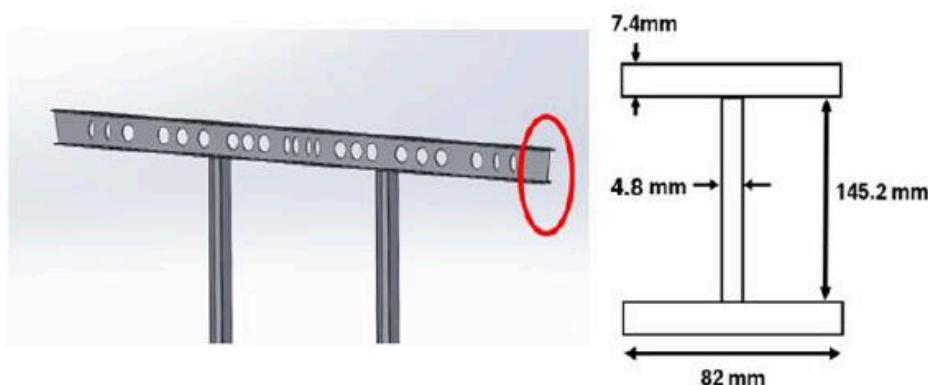


Рис. 1. Первоначальная конструкция балки пола самолета Airbus A380

Материал композитной балки — однонаправленный углепластик со следующими характеристиками (см. таблицу) [3].

Механические характеристики материала

Характеристика	Единица измерения	Однонаправленный углепластик
Плотность ρ	кг/м ³	1540
Модуль упругости E_1	ГПа	209
Модуль упругости E_2, E_3	ГПа	9,45
Коэффициент Пуассона ν_{12}	—	0,27
Коэффициент Пуассона ν_{23}	—	0,42
Коэффициент Пуассона ν_{13}	—	0,27
Модуль сдвига G_{12}	ГПа	5
Модуль сдвига G_{23}	ГПа	3,9
Модуль сдвига G_{13}	ГПа	5
Прочность при растяжении σ_1	МПа	1979
Прочность при растяжении σ_2 и σ_3	МПа	26
Толщина моно слоя	мм	0,20

Структура балки следующая:

- верхний и нижний пояса балки — $[45^\circ/-45^\circ/-45^\circ/45^\circ/(0^\circ)_9]_s$;
- стенка балки — $[(45^\circ/-45^\circ/0^\circ/90^\circ)_6]_s$.

Для оптимизации использовался метод конечных элементов в программной среде ANSYS. В качестве критерия оптимальности был принят минимум податливости конструкции. Ограничения накладывались на массу конструкции в трех вариантах — 70%, 80% и 90% от исходной. В результате был принят вариант с 80% исходной массы, удовлетворяющий предварительным условиям прочности.

Масса оптимизированной композитной балки пола составила 5,028 кг, что на 55% аналогичной балки из алюминиевого сплава массой 11,451 кг. Конструкция балки при заданной нагрузке демонстрирует незначительные перемещения (рис. 2), а коэффициент запаса прочности по критерию Цая-Ву равен 4,10, что соответствует верхнему краю выреза в срединном сечении (рис. 3). Запас по устойчивости балки под действующей нагрузкой составил 4,04 (рис. 4).

Заключение. Топологическая оптимизация балки пола Airbus A380 эффективно снизила вес конструкции, сохранив эксплуатационные характеристики. Метод применим к другим элементам самолета, улучшая топливную эффективность и снижая выбросы.

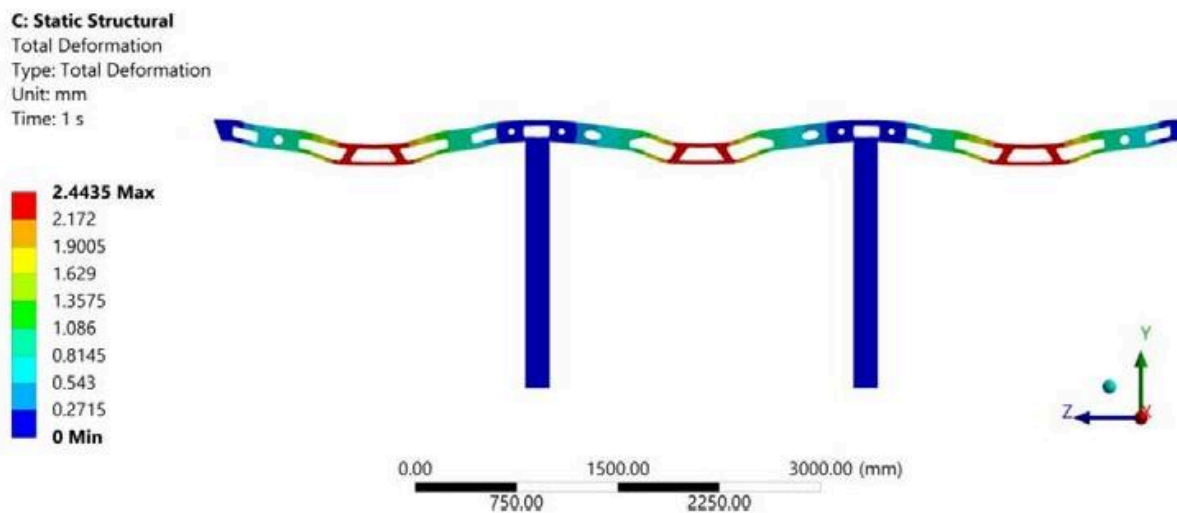


Рис. 2. Деформированное состояние балки

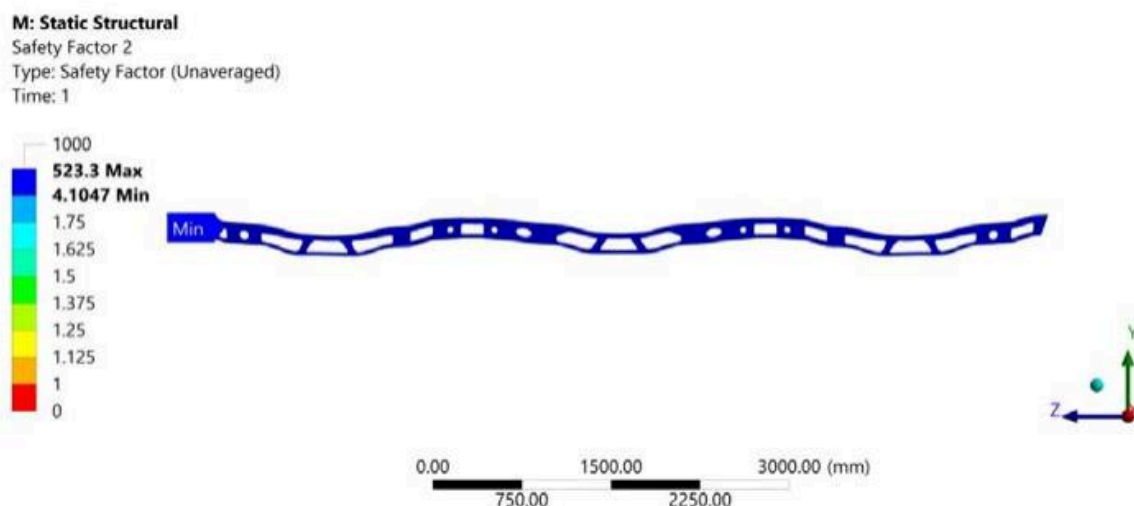


Рис. 3. Распределение коэффициентов запаса прочности по балке

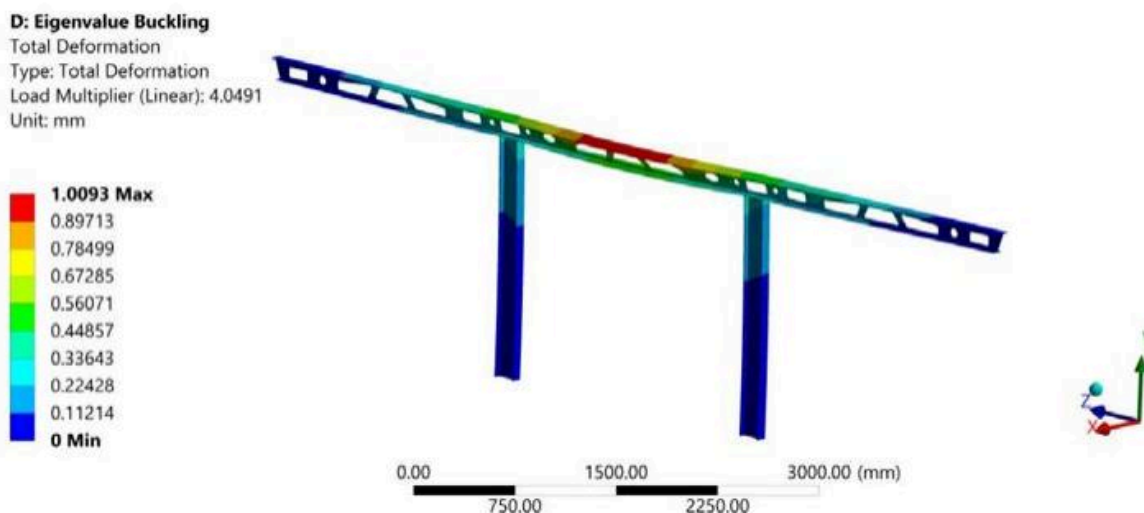


Рис. 4. Первая форма потери устойчивости балки

Список источников

- [1] Болотин, В.В., Новичков, Ю.Н. *Механика многослойных конструкций*. Москва, Машиностроение, 1980, 375 с.
- [2] Котреш Б., Ханиф М., Имран М. Анализ и оптимизация балки пола самолета. *IJSRD Международный журнал научных исследований и разработок*, 2016, т. 4, № 06.
- [3] Михайлин Ю.А. *Конструкционные полимерные композиционные материалы*. Санкт-Петербург, Научные основы технологии, 2010, 822 с.