

УДК 629.7.024

Сравнение весовой эффективности конструкций сетчатых композитных фюзеляжей пассажирского самолета с различным количеством ребер

Чжо Зин Хейн^(*)

khz099385@gmail.com

Азаров Андрей Валерьевич

avazar@bk.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Аннотация. Сетчатые композитные конструкции представляют собой инновационный подход в авиастроении. В данной работе представлен метод решения задачи выбора количества ребер сетчатой конструкции, позволяющий минимизировать массу при сохранении требований к прочности и устойчивости. Приведена постановка задачи оптимального проектирования сетчатых конструкций в общем виде. Представлены результаты сравнения оболочек с различным количеством ребер для конкретной конструкции фюзеляжа. Полученные данные свидетельствуют о том, что предложенный алгоритм может успешно использоваться для оптимального проектирования сетчатых структур в авиационной технике.

Ключевые слова: композитные материалы, оптимальное проектирование конструкций, сетчатая конструкция, прочность, устойчивость

Введение. Сетчатая конструктивная схема предоставляет возможность максимально эффективно использовать преимущества композитных материалов по сравнению с традиционными подкрепленными конструкциями, поскольку основными несущими элементами такой схемы выступают однонаправленные ребра, работающие преимущественно вдоль волокон. В настоящей работе исследуется фюзеляж самолета, выполненный в виде цилиндрической оболочки, составленной из системы пересекающихся ребер, изготовленных из однонаправленного композитного материала методом намотки или выкладки. Оболочка свободно опирается на одном крае и подвергается изгибу [1, 2].

Материалы и методы; результаты. Рассматриваемая сетчатая оболочка имеет диаметр 4 м и длину около 6 м. На оболочку действует изгибающий момент $M = 2,4 \text{ МН} \cdot \text{м}$ и поперечная сила $Q = 0,7 \text{ МН}$, что соответствует эквивалентной осевой силе в закрепленном сечении $P = 7 \text{ МН}$. Сетчатая структура оболочки состоит из спиральных и кольцевых ребер (см. рисунок).

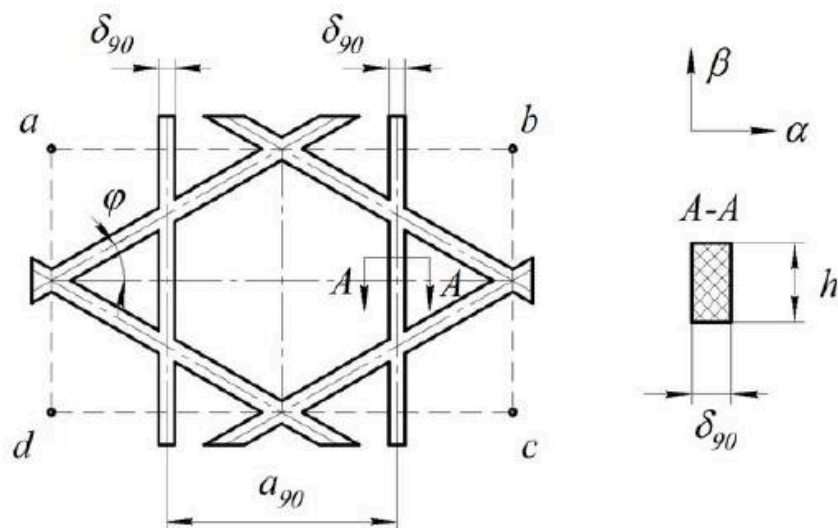
Ребра образованы из однонаправленного углепластика на основе волокон УМТ-90, который обладает высокой удельной прочностью и жесткостью. Предел прочности ребра при сжатии составляет 500 МПа, модуль упругости ребра — 90 ГПа.

Исследования по определению запасов прочности конструкции композитного отсека фюзеляжа с сетчатой КСС включали решение следующих задач для силового каркаса:

1) определение НДС (напряженно-деформированного состояния) сетчатой конструкции отсека;

2) определение нагрузки потери устойчивости сетчатого отсека.

Проведен сравнительный анализ трех вариантов оболочки с различным количеством ребер (см. таблицу).



Структура анизотридной сетчатой оболочки

Сравнение весовой эффективности конструкций сетчатых композитных оболочек

Параметр сравнения	Варианты сетчатых оболочек		
	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
Пар спиральных ребер	96	240	360
Толщины спиральных ребер, мм	8,06	3,23	2,15
Толщины кольцевых ребер, мм	4,51	1,8	1,20
Высоты сетчатой структуры, мм	22	19	19
Запас прочности	1,51	1,31	1,38
Запас устойчивости	1,15	1,0	1,102
Напряжения, МПа	331	380	361
Масса конструкции, кг	483	420	422,3

Установлено, что масса оболочки первого варианта составляет 483 кг, второго варианта — 420 кг, третьего варианта — 422,3 кг. Все оболочки характеризуются одинаковыми значениями запаса устойчивости, близкими к единице. Таким образом, выявлено, что наиболее эффективной является оболочка, состоящая из 240 пар ребер.

Заключение. В данной работе проанализированы композитные сетчатые оболочки фюзеляжа самолета с различным количеством ребер. Установлено, что масса оболочки снижается с увеличением количества ребер, и наиболее эффективным признан второй вариант.

Список источников

- [1] Азаров А.В. Проблема проектирования аэрокосмических сетчатых композитных конструкций. *Известия Российской академии наук. Механика твердого тела*, 2018, № 4, с. 85–93. <https://doi.org/10.31857/S057232990000700-0>
- [2] Barynin V.A., Bunakov V.A., Rasin A.F., Vasiliev V.V. Aerospace Composite Lattice Structures. *Proc. of 12th International Conference on Composite Materials*, Paris, 5–9 July, 1999.