

Влияние межслоевой гибридности, углов укладки на свободные колебания и деформативные характеристики

А.В. Ахмедьянов¹, В.С. Жернаков¹, П.В. Соловьев¹
¹ ФГБОУ ВО «УУНиТ», Уфа

Собственные частоты и формы колебаний, а также жесткость твердых тел являются важнейшими параметрами, учитываемыми при проектировании элементов конструкций в целях учета условий динамического нагружения. В статье приведены результаты вычислений собственных частот первых форм изгибных колебаний композитных пластин, обладающие межслоевой гибридностью. Выявлены зависимости прогибов стержней под действием распределенной нагрузки по поверхности от внутренней структуры. Расчеты были получены численным и приближенным методами. Для численного анализа использовался программное обеспечение основанный на методе конечных элементов (ANSYS).

Influence of interlayer hybridity, laying angles on free vibrations and deformation characteristics

A.V. Akhmedyanov¹, V.S. Zhernakov¹, P.V. Solovyev¹
¹ FSBEI HE "UUST", Ufa, Russia

Natural frequencies and modes of vibration, the rigidity of solids, are the most important parameters taken into account when designing structural elements in order to take into account dynamic loading conditions. The article presents the results of calculating the natural frequencies of the first forms of bending vibrations of composite plates with interlayer hybridity. The dependences of the deflections of the rods under the action of a distributed load over the surface on the internal structure are revealed. The calculations were obtained by numerical and approximate methods. For numerical analysis, software based on the finite element method (ANSYS) was used.

1. Введение

Композиты в силу особенностей своей морфологии предоставляют возможность управления своими вибрационными свойствами (частотами собственных колебаний, например) без дополнительных геометрических изменений детали и установки промежуточных опор, что привело бы к увеличению массы, крайне нежелательному в авиаракетостроении, а лишь за счет варьирования параметрами структуры укладки многослойных КМ.

Для реализации данного механизма управления свойствами элементов конструкций ЛА из КМ актуальной научной задачей, требующей детальной проработки, является выявление влияния структуры композитных силовых элементов в форме стержней и пластин, а также граничных условий их закрепления на характер изменения их частот собственных колебаний

Следует также отметить, что при поиске структур КМ, удовлетворяющим заданным требованиям по вибрационной устойчивости, важно сохранить жесткость и несущую способность композитной конструкции, установленную на первоначальном этапе проектирования на основе структурно-функционального анализа [1; 2], без существенных

изменений. Все вышесказанное делает поиск рациональной структуры композита комплексной и многофакторной задачей, практическая значимость решения которой не вызывает сомнений.

2. Постановка задачи

Рассматриваются композитные пластины с различной внутренней структурой на двух опорах. Одна из опор шарнирно-неподвижная, а другая шарнирно-подвижная рисунок 1.

Расчет проводился в несколько этапов. Первый этап является расчет прогиба пластины под действием распределенной нагрузки по поверхности. Второй этап

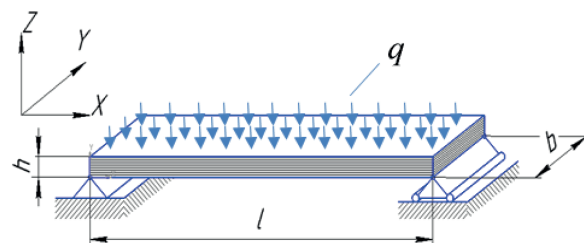


Рис. 1. Схема нагружения и граничных условий

определение ЧСК пластины при заданных опорах без

Таблица 1. Механические свойства однонаправленного слоя при разных коэффициентах армирования ψ

Механические свойства	$\psi = 0,5$	$\psi = 0,6$	$\psi = 0,7$
Плотность, г/см ³	1,5	1,56	1,62
E_1 – модуль упругости вдоль армирования, ГПа	121	139,72	162,29
E_2 – модуль упругости в поперечном направлении, ГПа	8,6	10,75	14,3
E_3 – модуль упругости в перпендикулярном направлении, ГПа	8,6	10,75	14,3
Коэффициент Пуассона γ_{12}	0,27	0,256	0,242
Коэффициент Пуассона γ_{23}	0,34	0,34	0,34
Коэффициент Пуассона γ_{13}	0,27	0,256	0,242
Модуль сдвига G_{12} , ГПа	4,7	7,78	10,26
Модуль сдвига G_{13} , ГПа	4,7	7,78	10,26
Модуль сдвига G_{23} , ГПа	3,1	3,1	3,1

распределенной нагрузки. Третий этап изменение внутренней структуры (угол укладки, коэффициент армирования) композитного стержня и сравнение изменения прогиба и ЧСК при тех же условиях. Для оценки точности численного моделирования в программном комплексе ANSYS WORKBENCH 19.2, был проведен предварительный сравнительный расчет прогиба аналитическим и приближенным методами.

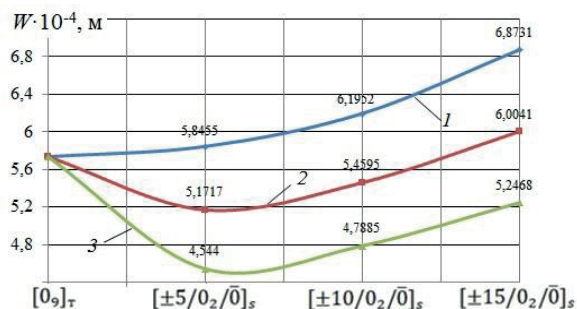
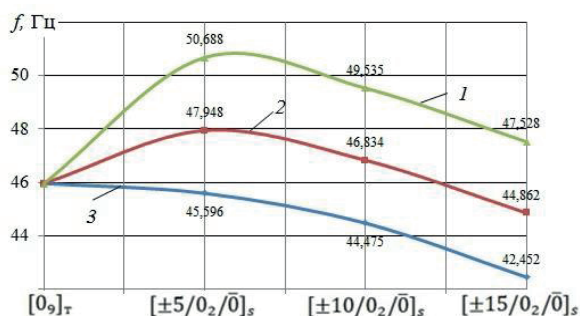
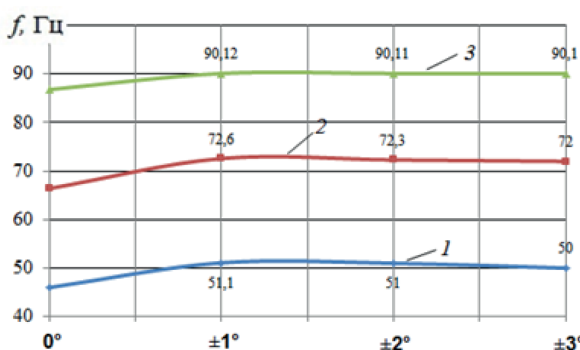
3. Исходные данные

Для расчета выбраны композитные стержни имеющие 9, 13, 17 однонаправленных из углепластика слоев. Геометрические размеры соответственно (1,8×100×400), (2,6×100×400), (3,4×100×400). В таблице 1 представлены упругие характеристики однонаправленного слоя при разных коэффициентах армирования $\psi = 0,5; 0,6; 0,7$.

4. Результаты исследований

На рисунке 2 представлены прогибы девятислойных пластин от действия распределенной нагрузки 100 Па.

1 – пластины с $\psi = 0,5$ во всех слоях и во всех

**Рис. 2.** Прогиб пластин с различной структурой**Рис. 3.** ЧСК пластин с различной структурой**Рис. 4.** ЧСК пластин с различной структурой, армирующей долей и слоев

отклоненных от 0° углов укладки

2 – пластины с $\psi = 0,6$ во всех отклоненных слоях от 0°. Слои уложенные под 0° $\psi = 0,5$

3 – пластины с $\psi = 0,7$ во всех отклоненных слоях от 0°. Слои уложенные под 0° $\psi = 0,5$

Влияние изменения коэффициента армирования на жесткость больше чем влияние первых шагов отклонения углов укладки от нуля.

На рисунке 3 представлены частоты свободных колебаний пластины.

Ниже представлены ЧСК пластин в зависимости от количества слоев и коэффициента армирования.

1 – пластина (9 сл.) с $\psi = 0,7$ во всех отклоненных слоях от 0°. Слои уложенные под 0° $\psi = 0,5$

2 – пластина (13 сл.) с $\psi = 0,7$ во всех отклоненных

слоях от 0° . Слои уложенные под $0^\circ \psi = 0,5$

3 – пластины (17 сл.) с $\psi = 0,7$ во всех отклоненных слоях от 0° . Слои уложенные под $0^\circ \psi = 0,5$

Анализ результатов показывает, что с увеличением количество слоев влияние отклонения укладки уменьшается.

5. Заключение

При необходимости повысить запас вибрационной устойчивости без изменения геометрии силового элемента, можно путем введения межслойной гибридности наружных слоев. При изменении коэффициента армирования на 0,6 и 0,7 и небольшого отклонения их углов укладки $\pm 5^\circ$ можно сместить ЧСК и повысить жесткость конструкции на 4,5% и 10,3% соответственно.

Список использованных источников

- [1] Соловьев П.В., Первушин Ю.С., Жернаков В.С. Функциональный анализ морфологии структуры и напряженного состояния конструкций из композиционных материалов. Вестник УГАТУ. Изд. УГАТУ, Уфа – 2019. Т.23, №4 (86). – С. 18–25.
- [2] Соловьев П.В., Первушин Ю.С., Жернаков В.С. Формирование структуры пера композитной вентиляторной лопадки ГТД на основе функционального анализа. Вестник УГАТУ. Изд. УГАТУ, Уфа – 2020. Т.24, №4 (90). – С. 76–83.

Примечание: Орфография и пунктуация авторов сохранены без изменений и дополнений.