

УДК 534.134

Петро Ясній, д. т. н., проф., Юрій Пиндус, к. т. н., доц., Михайло Гудь
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

ВПЛИВ ФІЗИКО-МЕХАНЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК НАПОВНЮВАЧА НА ЧАСТОТИ ВЛАСНИХ КОЛИВАНЬ ЦИЛІНДРИЧНОЇ МОДЕЛІ ПІДСИЛЕНОЇ ОБОЛОНКИ

Petro Yasniy., Dr., Prof., Pyndus Yuriy., Ph.D., Assoc. Prof., Mykhailo Hud
INFLUENCE OF PHYSICO-MECHANICAL CHARACTERISTICS OF THE
FILLER ON THE FREQUENCY OF THE OWN ROLLS OF THE CYLINDRICAL
MODEL OF THE LONG-TERM SHELL

Підсилені стрингерами та шпангоутами циліндричні оболонки знайшли широке застосування у різних галузях економіки, зокрема у ракетобудуванні, для виготовлення обтікачів та оболонок ракет носіїв, в авіаційній промисловості та інших галузях народного господарства. За звичних умов експлуатації на такі оболонки діють аеродинамічні навантаження від оточуючого газового середовища та двигунів.

Динаміку підсиленних оболонкових елементів досліджено у працях [1,2]. Експериментальні методи досліджень наведено в роботі [3].

Метою роботи є дослідження впливу фізико-механічних характеристик наповнювача на частоти власних коливань афінно-подібної підкріпленої моделі повнорозмірної підсиленої оболонки.

Основу для розробки моделі взято I ступінь ракети-носія, довжина якої становить 6300 мм, а діаметр 1800 мм, товщина стінки 1,5 мм [2]. При розробці моделі застосовано узагальнений варіант геометричної подібності, при якому допускається нерівність масштабних коефіцієнтів вздовж окремих координат (афінна подібність). Довжина підкріпленої циліндричної моделі становить 1500 мм, діаметр 400 мм. Товщина стінки циліндра 1,5 мм. У моделі використовували стрингери з рівностороннього кутника 10x10x1,5 мм які розміщували на внутрішній поверхні зберігаючи тотожне відношення між площами підкріплених та вільних ділянок моделі та дійсного об'єкта. Стиковочні шпангоути змодельовані у вигляді накладок товщиною 1,5 мм та шириною 100 мм. Для виготовлення моделі оболонки та стрингерів застосовували алюмінієвий сплав Д16АТ з наступними механічними характеристиками: модуль Юнга $E = 7.2 \times 10^5$ МПа; коефіцієнт Пуассона $\nu = 0,3$; $\rho = 2,7 \cdot 10^4$ Н/м³.

Для дослідження впливу фізико-механічних характеристик наповнювача на частоти власних коливань, за допомогою методу скінчених елементів (МСЕ) з використанням програмного забезпечення ANSYS було досліджено власні частоти коливань повнорозмірної циліндричної оболонки, модельної циліндричної оболонки з наповнювачем та без нього.

Для наближення частот досліджено поведінку моделі циліндричної оболонки з наповнювачами із наступними фізико-механічними властивостями:

- а) $\rho = 1,0 \cdot 10^3$ Н/м³, $E = 1,6$ МПа;
- б) $\rho = 1,5 \cdot 10^3$ Н/м³, $E = 1,6$ МПа;
- в) $\rho = 2,0 \cdot 10^3$ Н/м³, $E = 1,6$ МПа.

Як помітно з результатів дослідження (Таб.1.) наповнювачі в 10 -20 разів зменшують власні частоти коливань підсиленої моделі оболонки в залежності від характеристик. Таким чином, використання наповнювача дозволяє побудувати модель повнорозмірної циліндричної оболонки з характеристиками власних частот наближеними до повнорозмірної оболонкової конструкції. Це є важливо для

обґрунтування методик експериментальних досліджень коливань і втомної міцності таких оболонок з використанням модельних малорозмірних конструкцій.

Таблиця №1

Власні частоти повнорозмірних та масштабних підсилених оболонок з урахуванням власної ваги із наповнювачем та без нього (в Hz)

№	Власна частота коливань повнорозмірної підкріпленої оболонки	Власна частота коливань підкріпленої моделі оболонки (без наповнювача)	Власна частота коливань підкріпленої оболонки (з наповнювачем по типу а)	Власна частота коливань підкріпленої оболонки (з наповнювачем по типу б)	Власна частота коливань підкріпленої оболонки (з наповнювачем по типу в)
1	14,2	153.7	7.2	0.0000	0.0000
2	14,2	153.7	9.1	0.0000	0.0000
3	14,9	162.1	9.8	0.0000	0.0000
4	14,9	162.1	10.9	0.0000	0.0000
5	16,5	-	11.0	1.0304	0.0000
6	16,5	-	12.0	4.7477	0.0000
7	19,9	-	12.1	5.6276	0.0000
8	20,2	-	12.7	6.0857	0.0000
9	20,2	-	12.7	6.2095	0.0000
10	20,7	-	13.2	6.7531	0.0000
11	24.9	-	13.3	7.2385	0.0000
12	24.9	-	14.1	7.6346	0.0000

Висновки.

1. Побудовано скінченно-елементну афінно-подібну модель підкріпленої циліндричної тонкостінної оболонки з наповнювачем.
2. Методом скінченних елементів обчислено власні частоти коливань афінно-подібної моделі оболонки з наповнювачем із різними фізико-механічними параметрами.
3. Встановлено, що частоти власних коливань моделі при наявності наповнювача знижуються в межах одного-двох порядків у порівнянні з власними частотами повнорозмірної циліндричної оболонки.

Список використаної літератури

1. Моссаковский В. И. Прочность ракетных конструкций / В. И. Моссаковский, А. Г. Макаренко, П.И. Никитин, Ю. И. Савин, И. Н. Спиридонов. – М.: Высшая школа, 1990. – 358 с.
2. Ясній, П.В. [Аналіз частот і форм власних коливань підсилених циліндричних оболонок](#)(текст)/ П.В. Ясній , Ю.І. Пиндус , М.І. Гудь.// Вісник Тернопільського національного технічного університету.-2016.-№3.-С.7-15.
3. Амиро И.Я. Устойчивость ребристых оболочек вращения / И. Я. Амиро, О. А. Грачев, В. А. Заруцкий, А. С. Пальчевский, Ю. А. Санников. – К.: Наукова думка, 1987, 180 с.