УДК 534.134

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЧАСТОТ ВЛАСНИХ КОЛИВАНЬ ПІДКРІПЛЕНОЇ ТОНКОСТІННОЇ ЦИЛІНДРИЧНОЇ ОБОЛОНКИ ТА ЇЇ АФІННО-ПОДІБНОЇ МОДЕЛІ

Ясній П.В., Пиндус Ю.І, Гудь М.І.
ТНТУ ім. Івана Пулюя, Тернопіль, Україна

Анотація. *В роботі виконано порівняння частот власних коливань підкріпленої тонкостінної циліднричної оболонки та її афінно-подібної моделі. В результаті дослідження виявлено, що внаслідок збільшення жорсткості конструкції частоти власних коливань моделі зростають на порядок, у порівнянні з власними частотами повнорозмірного підсиленого циліднра.*

Ключові слова**:** *оболонки, ракетобудування, афінно-подібно модель.*

Підсилені за допомогою стрингерів та шпангоутів циліндричні оболонки знайшли широке застосування у різноманітних галузях народного господарства, зокрема у ракетобудуванні для виготовлення обтікачів та оболонок ракет носіїв. За звичних умов експлуатації на такі оболонки діють аеродинамічні навантаження від оточуючого газового середовища та двигунів. Крім того, при транспортуванні до місця старту на оболонки діють різноманітні навантаження, особливість яких визначається типом транспортного засобу.

Дослідженням динаміки підсилених оболонкових елементів присвячені праці [1,2]. Зокрема, в праці [1] визначали лінійні прискорення при морському транспортуванні ракети носія "Зеніт-3SL". Показано, що прискорення мають полігармонічний характер зі змінними в часі частотами і амплітудами, а основний внесок в динамічне навантаження ракети носія вносить низькочастотна качка стартової платформи. Огляд експериментальних методів досліджень наведено в роботах [3,4]. Так, за допомогою методу голографічної інтерфотометрії, в роботі [3] досліджено нижній та середній діапазон спектру коливань регулярно підкріплених оболонок.

Метою роботи є порівняльний аналіз частот вимушених коливань підсиленої стрингерами та шпангоутами циліндричної оболонки та її афінно-подібної моделі. Вказана мета визначена необхідністю вирішення задач оцінки напружено-деформованого стану та втомної міцності підсилених циліндричних оболонок при транспортуванні авіаційним транспортом.

За основу при розробці моделі взято І ступінь ракети-носія, довжина якої становить 6300мм, а діаметр 1800 мм, товщина стінки 1,5 мм [4]. При розробці моделі застосовано афінну подібність – це узагальнений варіант геометричної подібності, при якому допускається нерівність масштабних коефіцієнтів вздовж окремих координат. Довжина такого циліндра становить 1500 мм, діаметр 400 мм. Товщину стінки циліндра 1,5 мм обирали з умов забезпечення необхідної жорсткості. У підсиленій моделі використовували стрингери з рівностороннього кутника 10х10х1,5 мм, які розміщували на внутрішній поверхні оболонки симетрично та з постійним кроком, зберігаючи тотожне відношення між площами підкріплених та вільних ділянок моделі та дійсного об’єкта. Стиковочні шпангоути у вигляді накладок товщиною 1,5 мм та шириною 100 мм наклеювали зсередини на краї оболонки.

Модель оболонки та стрингерів виготовляли з пластин алюмінієвого сплаву Д16АТ з наступними механічними характеристиками: модуль Юнга $E = 7.2\times10^5$ МПа; коефіцієнт Пуассона $\nu = 0{,}3$; $\rho = 2{,}7\cdot10^4$ Н/м^3.

Для порівняльного аналізу, методом скінчених елементів з використанням програмного забезпечення ANSYS досліджено власні частоти коливань повнорозмірної циліндричної оболонки і модельної циліндричної оболонки. Як помітно з результатів дослідження

(Табл.1.) власні частоти коливань моделі більш як на порядок перевищують власні частоти повнорозмірної циліндричної оболонки.

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)
1	14,2	153.7
2	14,2	153.7
3	14,9	162.1
4	14,9	162.1
5	16,5	-
6	16,5	-
7	19,9	-
8	20,2	-
9	20,2	-
10	20,7	-
11	24.9	-
12	24.9	-

Висновки.

1. Побудовано скінченно-елементну афінно-подібну модель підкріпленої циліндричної тонкостінної оболонки.
2. Методом скінченних елементів обчислено власні частоти коливань для базової повнорозмірної підсиленої циліндричної оболонки, а також афінно-подібної моделі оболонки. Встановлено, що частоти власних коливань моделі більш як на порядок перевищують власні частоти повнорозмірної циліндричної оболонки.

Список літератури:

1 .В.А. Остапюк, канд. техн. наук О.Э. Арлекинова *Исследование* результатов экспериментального определения нагружения ракеты-носителя при морской транспортировке на стартовой платформе // Ракетная техника и вооружение. Научно-технический сборник ГП КБЮ. – 2010. – Вып. 2. – С. 71 – 84.

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. *Шевченко В.П., Власов О.И., Каиров В.А. Экспериментальное* исследование собственных колебаний конструктивно неоднородных цилиндрических оболочек // Вісник НТУУ «КПІ». Серія машинобудування. – 2013.– Т.2, №68. – С.122-127.

4. Заруцкий В.А. О комплексных экспериментальных исследованиях устойчивости и колебаний конструктивно-неоднородных оболочек // Прикл. механика. – 2001. – Т.37, № 8. – С.38-67.