

УДК 539.3

Пожуєва І.С.<sup>1</sup>, Левицька Т.І.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> канд. техн. наук, доц. ЗНТУ

## **ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ДИНАМІКИ СКЛАДНИХ ОБОЛОНКОВИХ КОНСТРУКЦІЙ**

Динаміка оболонок, взаємодіючих із пружними інерційними середовищами, є однією з важливих задач механіки деформованого твердого тіла, що пов'язане із широким використанням конструкцій подібного виду в сучасній космічній і авіаційній техніці, суднобудуванні, будівництві інженерних споруджень. Зокрема, шаруваті оболонки широко використовуються для звуко- і віброізоляції, а оболонки із заповнювачем є найважливішим елементом твердопаливних реактивних двигунів, часто для зміцнення конструкцій використовуються додатково ребра жорсткості.

У даній роботі побудовано математичні моделі й проведено порівняльний аналіз напружено-деформованого стану взаємодії циліндричних оболонок з однорідними заповнювачами, з спрямовано-армованими композитами, а також оболонок, додатково зміцнених ребрами жорсткості. Розроблено алгоритми розрахунку динамічного напружено-деформованого стану, які реалізовані у вигляді програм розрахунку на ЕОМ конкретних оболонок. При цьому основна увага приділена розвитку алгоритмів, що дозволяють проводити розрахунки для моментів часу, близьких до початку навантаження (перехідні процеси), оскільки саме в цей час визначається значення коефіцієнта динамічності. Основна увага приділялася побудові різного роду математичних моделей взаємодії тонкостінної конструкції із пружним тілом (заповнювачем) при можливо більш точному урахуванні механізму взаємодії, а також розробці методів розв'язання рівнянь у часткових похідних, отриманих при такому моделюванні.

Розглянуто нестационарне поведінка циліндричних оболонок, взаємодіючих з однорідним заповнювачем і спрямовано-армованими композитами при опису руху тонкостінної конструкції уточненими рівняннями з урахуванням поперечного зсуву й інерції обертання (типу Тимошенко) і використанні для заповнювача як однорідного, так і для кожного із шарів матриці й армування динамічних рівнянь теорії пружності. Також зроблено розрахунок напружено-деформованого стану нескінченно

довгої оболонки, підкріпленої  $L$  нескінченно довгими шпангоутами, паралельними її осі, уздовж яких рухаються з однаковою постійною швидкістю нормальні навантаження. Тиск передається тільки через балки. Враховується дискретність розташування шпангоутів шляхом запису для них рівнянь руху балок з задоволенням умовам сполучення.

Задача полягає в спільному інтегруванні рівнянь руху всіх частин конструкції при виконанні граничних умов для жорсткого контакту.

Для інтегрування рівнянь руху конструкції зроблено перехід до безрозмірних змінних й застосовано комплексне перетворення Фур'є, перетворення Лапласу й розкладання потенційних функції в ряди Фур'є. Після чого було отримано вирази для тензора переміщення й напруги в просторі зображень із врахуванням всіх граничних умов. Зворотний хід алгоритму здійснювався після того, як до отриманої системи рівнянь за допомогою умов сполучення було підключено рівняння руху шпангоутів, які були отримано після застосування перетворення Фур'є. Розв'язуючи систему для визначення коефіцієнтів, було знайдено трансформанти напружено-деформованого стану в будь-якій точці оболонки, композита й шпангоутів. Остаточний розв'язок задачі зводиться до обчислення зворотного перетворення Фур'є, що було зроблено чисельно, методом зміщених поліномів Лежандра.

Чисельні розрахунки проводилися для випадку навантаження виду  $F=F_0*\delta(x)$ , де  $\delta(x)$  - дельта-функція Дірака. У ході чисельних експериментів встановлено верхню межу й крок інтегрування при чисельному оберненні перетворення Фур'є. Побудовано картини напружено-деформованого стану для різних фізичних і геометричних характеристик конструкцій, які показали надійність запропонованого підходу. З аналізу отриманих результатів зроблено висновки про час встановлення процесу в нестационарних задачах, про вплив числа армувань і шпангоутів, а також їх механічних і геометричних параметрів на характер динамічного напружено-деформованого стану складених елементів конструкції.