

УДК 539.3

Хоружий М.- аспірант

Національний університет водного господарства та природокористування

НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНИЙ СТАН НЕТОНКИХ АНІЗОТРОПНИХ ЦИЛІНДРИЧНИХ ОБОЛОНОК

Науковий керівник: д.т.н., професор Трач В.М.

Характеристики геометрично нелінійного напружено-деформованого стану анізотропних оболонок, що знаходяться при використанні ортотропної моделі композиційного матеріалу із волокнистих композитів, не завжди задовольняють вимогам щодо їх точності. Тому очевидним і доцільним є використання в математичних методиках такої моделі у якій матеріал має більш низький порядок симетрії в порівнянні з ортотропним з-за того, що на макрорівні має лише одну площину в якій, за узагальненим законом Гука, присутня симетрія коефіцієнтів пружності.

В подальшому розглядатимемо нетонкі анізотропні багат шарові оболонки обертання із волокнистих композитів, що зібрані за товщиною в єдиний пакет, шари в якому працюють без відриву та проковзування. Для них, як правило, суттєвою є низька зсувна жорсткість. Як відомо, достовірний розрахунок таких оболонок можливий при використанні варіанта уточненої теорії, який дозволяє враховувати поперечні зсувні деформації. В цьому випадку, найбільш вживаною, відповідно до літературних джерел, є теорія типу Тимошенко. Скористаємось нею для розрахунків анізотропних оболонок, розглядуваного типу. При цьому використаємо геометрично нелінійні співвідношення середнього згину, що найбільш повно враховуються зв'язаність деформацій: повздовжніх, зсувних, згинальних і кручення.

На цій основі здобуто потенціальну енергію деформації анізотропних оболонок із матеріалу з однією площиною пружної симетрії. При використанні перетворення Лагранжа, її достатньо, наприклад, для побудови системи рівнянь нелінійної теорії анізотропних оболонок. Скористаємось відомим з аналітичної механіки підходом, що ґрунтується на використанні метода Гамільтона стосовно отримання рівнянь руху дискретних систем. Згідно з цим введемо нові змінні та гамільтонову функцію, потім утворимо інтеграл дії. Побудову рівнянь для оболонок можна отримати, якщо зменшити кількість активних змінних. Для оболонок обертання окрім переміщень, необхідно використати ті з зусиль та моментів, через які виражаються граничні умови.

Створимо інтеграл дії, а з його стаціонарності маємо нелінійні рівняння теорії нетонких анізотропних оболонок. В подальшому, представляючи розв'язувальні функції рядами Фур'є за коловою координатою, а також при урахуванні симетричного навантаження, отримаємо систему з десяти звичайних неоднорідних диференціальних рівнянь нормального виду та відповідні граничні умови.

Розв'язок такої крайової задачі можна здійснити при використанні методу дискретної ортогоналізації. Нелінійна задача розв'язується методом Ньютона-Канторовича, що ґрунтується на розв'язках лінійних задач про напружено-деформований стан. На прикладах розрахунків анізотропних багат шарових циліндричних оболонок, що виготовлені шляхом укладання волокнистого композита під ненульовим кутом до твірної циліндра, доведена необхідність урахування зсувних деформацій для уточнення характеристик напружено-деформований стану.