References:

1. Erwin Kreyszig, «Advanced engineering mathematics», 9th editor, Ohio State University, 2006.
2. Erwin Kreyszig, «Instructor's manual of advanced engineering mathematics», 9th editor, Ohio State University, 2006.
3. Marcel B. Finan, «Laplace Transforms: Theory, Problems, and Solutions», Arkansas Tech University, 2009.
4. Joel L. Schiff, «The Laplace Transform: Theory and Applications», Springer.
5. John Polking, Albert Boggess, David Arnold, Differential Equations with Boundary Value Problems, 2nd Edition, Pearson Prentice Hall, 2006.
6. William Tyrrell Thomson, Laplace Transformation, 2nd Edition, Prentice-Hall, 1960.

Дзюба В.А.

аспірант;

Науковий керівник: **Стеблянко П.О.**

доктор фізико-математичних наук, професор,

Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького

НОВИЙ ВАРІАНТ МЕТОДУ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЛАСТИН ТА ОБОЛОНОК ЗМІННОЇ ТОВЩИНИ ПІДВИЩЕНОЇ ТОЧНОСТІ

Розвиток сучасної промисловості неможливо представити без використання оболонкових конструкцій, як результат, виникають різноманітні форми об'єктів, які знаходять свій широкий спектр застосування у різних областях науки та техніки. Прикладом таких конструкцій є: фланці, дискові пружини, сильфони, котли, балони, ротори, барабани, трубопроводи, корпуса (літаків, вертольотів, ракет, кораблів, ядерних реакторів). Беручи до уваги практичну значущість кожного елемента із перерахованих, стає зрозуміло, що до оболонкових конструкцій висуваються жорсткі умови, розрахунок яких пов'язаний із побудовою розрахункових схем та математичних моделей із застосуванням сучасних чисельних методів досліджень, які можна реалізувати в пакетах програм та програмних комплексів [2].

Значна увага до оболонок та необхідність створення власноруч різноманітних оболонкових конструкцій пояснюється тим, що вони володіють надважливими властивостями на міцність, жорсткість, стійкість.

Класичним підходом до побудови теорії оболонок є використання гіпотез або спрощуючи пропозицій, перевагою використання такого підходу є те, що вихідні співвідношення мають достатньо просте математичне формулювання, у такий спосіб можна звести вихідні співвідношення тривимірної теорії пружності до двовимірних рівнянь. Наукові праці присвячені теорії оболонок із застосуванням спрощуючих гіпотез, належать С. П. Тимошенку, І. Г. Бубнову, Б. Г. Галеркіну.

При розробці методів обчислень оболонок із сучасних композитних матеріалів, для яких характерна анізотропія та неоднорідність механічних властивостей оболонок на які поширюються локальні впливи, необхідно враховувати поперечні деформації і напруження, які не розглядає класична теорія. У цьому випадку розробляють уточнену теорію оболонок, яка дозволяє враховувати ефективність реалізації того чи іншого методу обчислення, який пов'язаний з механічною інтерпретацією введених припущень з характерною простотою математичного формулювання та порядком досліджуваних рівнянь. Вагомі результати у теорії анізотропних оболонок можна знайти в роботах С. Г. Лехницького, С. А. Абарцумяна, Е. І. Григолюка.

З огляду літературних джерел стає зрозуміло, що аналітичне або асимптотичне розв'язання рівнянь теорії оболонок обертання отримані лише для простішого класу задач при дії осесиметричного або антисиметричного навантаження. Для розв'язання більш складніших крайових задач зручно використовувати чисельні методи. У зв'язку з цим виникає необхідність розробити чисельно-аналітичний алгоритм підвищеної точності для дослідження механічних характеристик пластин та оболонок змінної товщини. Якісний, достовірний розрахунок повинен проводитися із врахуванням крайових умов, властивостей оболонки, яка знаходиться під дією навантаження та разом з цим здатна зберігати свої експлуатаційні якості, тобто вихідні дані.

Розглянемо крайову задачу записану у вигляді

$$\frac{d\vec{Y}}{dx} = A(x)\cdot\vec{Y} + \vec{f}(x)\,, \quad 0 \le x \le L\,, \quad \vec{Y}(0)=\vec{Y}_0,\ \vec{Y}(L)=\vec{Y}_L\,. \tag{1}$$

Дане формулювання допускається при введенні відповідних позначень та беручи за основу математичну модель, яка виходить із робіт Х. М. Муштарі, Л. Г. Донелла, В. З. Власова та С. О. Амбарцумяна. Досліджуються багатошарові пологі прямокутні в плані оболонки, які складені із непарного числа ортотропних шарів змінної по твірній товщині симетричної відносно серединної поверхні структури. Передбачається, що шари працюють разом без відриву та проковзування.

Відшукання розв'язку системи (1) можна здійснювати чисельно-аналітичним методом, а саме із залученням комбінованих ітераційних методів. Алгоритм відшукання розв'язку полягає в тому, що на кожній ітерації у вузлах $x_{j+1} = x_j + h_1\,;\ j = 1,2,...,M-1;\quad x_1 = 0;\ x_M = L$ виконуються обчислення у двох напрямах [1, 3]. Спочатку із використанням формул

$$\vec{Y}_{k+1}\left(x_{i+1}\right) = \vec{Y}_k\left(x_i\right) + h_1\left[\left(A(x_i)\cdot\vec{Y}\right)_k + \vec{f}(x_i)\right],\ k = 0,1,2,... \tag{2}$$

для зростаючих значень $j = 1,2,...,M-1$, а потім у протилежному напрямі $j = M-1, M-2,...,2,1$. Тут

$$\vec{Y}_{k+1}\left(x_{i-1}\right) = \vec{Y}_k\left(x_i\right) + h_1\left[\left(A(x_i)\cdot\vec{Y}\right)_k + \vec{f}(x_i)\right],\ k = 0,1,2,... \tag{3}$$

Півсума значень невідомих величин у вузлах, отриманих за допомогою формул (2) і (3) дозволяє отримати розв'язок на ітераційному кроці. Наведена методика розрахунку відкриває нові перспективи при розв'язанні задач відносно оптимізації за товщиною форми тонкостінних пластин та оболонок.

Вивчаючи методи дослідження теорії оболонок неможливо не помітити нерозривний зв'язок між побудовою математичної моделі певного класу задач та розробкою методу розв'язання задач, які можна описати даною моделлю.

При конструюванні споруд, обробці експериментальних даних, постають задачі, в яких необхідно розв'язувати системи лінійних рівнянь. При рішенні задач на практиці кількість рівнянь в системі може досягати тисяч. Зрозуміло, що для розв’язання таких громіздких систем, необхідно виконати велику кількість операційних обчислень, виходячи з цього, бачимо, що вдало написаний за відповідними критеріями метод розрахунку забезпечить достовірний і, що не менш важливо, оптимально швидкий за часом результат. Критеріями оцінки данного методу може служити визначення точності отриманих результатів та виконання граничних умов.

Список використаних джерел:

1. Годунов С. К. О численном решении краевых задач для систем линейных обыкновенных дифференциальных уравнений // Успехи математических наук. – 1961. – Т. 16. – Вып. 3(99). – С. 171-174.
2. Григоренко Я. М. Розв’язання задач теорії оболонок на основі дискретно-континуальних методів / Я. М. Григоренко, В. Д. Будак, О. Я. Григоренко: навчальний посібник. – Миколаїв: Іліон, 2010. – 294 с.
3. Дзюба В. А. Побудова методу підвищеної точності розв’язку задачі для циліндричної оболонки змінної товщини на основі ітераційних методів / В. А. Дзюба, П. О. Стеблянко // Збірник наукових праць Дніпродзержинського державного технічного університету/ Діпродзержинськ: ДДТУ. – 2014. – Випуск 1(24). – С. 216–221.

Попенко В.Й.

старший науковий співробітник,

Науково-виробнича корпорація «Київський інститут автоматики»

АТОМ ВОДНЮ

Найпростішою атомною системою є атом водню, що складається з протона і електрона, розділених першим Боровським радіусом, рівним $0{,}53 \cdot 10^{-8}$см. Передбачається, що для стійкості атома, електрон повинен знаходитися у безперервному русі по замкнутій орбіті навколо ядра. Інакше, сила тяжіння змусила б їх зблизитися, і вони зіткнулися б через долі мікросекунди.

Подумки припустимо, електрон зіткнувся з протоном, тобто «впав» на протон. Проаналізуємо результат цієї події.

Маса часток до взаємодії дорівнювала сумі маси протона і маси електрона

$$M_1 = M_p + m_e.$$

Після «падіння» маса M_2 отриманої сполуки, назвемо її часткою дорівнюватиме сумі мас протона і електрона, плюс маса енергії взаємодії, поділеної на квадрат швидкості світла

$$M_2 = M_p + m_e + \ (W_{\text{к}} - U + W_{\text{изл.}})/c^2 = M_p + m_e + W_{\text{вз.}}/c^2.$$

Масою пов'язаною з енергією взаємодії можна знехтувати, в силу її не значності, і масу утворення можна вважати рівною

$$M_2 \approx M_p + m_e.$$

Заряд її дорівнює нулю $+q_p - q_e = 0$. Серед відомих часток, частки з такою масою не спостерігається.

Відома частка, що не має електричного заряду – нейтрон з масою, що перевищує масу протона на величину більше двох з половиною мас електрона [1].

$$M_n \approx M_p + 2{,}532\ m_e.$$