

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ МІЦНОСТІ ТА КОЛИВАНЬ ЕЛЕМЕНТІВ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБЛАДНАННЯ З ВІДСІКАМИ, ЗАПОВНЕНИМИ РІДИНОЮ

Антонов О. О. магістрант

*Харківський національний університет радіоелектроніки,
м. Харків, пр. Науки, 14, Україна*

Метою дослідження є комп'ютерне моделювання міцності та надійності елементів конструкцій з урахуванням дестабілізуючих факторів та побудова розрахункових моделей і числових методів розв'язання плоских і просторових задач теорії пружності.

Стрімкий розвиток сучасної техніки зумовлює необхідність вивчення міцності елементів конструкцій при інтенсивних статичних і динамічних навантаженнях. Велика кількість таких конструкцій працює при взаємодії з рідиною або газом, що необхідно враховувати в математичних моделях, щоб адекватно описати динамічну поведінку зазначених елементів. Це вимагає побудови таких методів обчислення статичних і динамічних характеристик, які включають взаємодію між двома середовищами.

Останніми роками спостерігається тенденція до продовження терміну служби промислового обладнання, яке працює поза початковими проектними межами. Конструктивні елементи такого обладнання часто мають дефекти, такі як тріщини та мікропори, які можуть утворювати скупчення або ланцюги. Ще одним дестабілізуючим фактором, що впливає на міцність конструкцій, є вплив раптово прикладених інтенсивних навантажень. В роботі проаналізовано дестабілізуючий вплив вимушених коливань на міцність елементів конструкції, що взаємодіють з рідиною. Методи теорії потенціалу застосовані для визначення тиску рідини на тонких поверхнях, що призвело до необхідності розв'язання гіперсингулярних інтегральних рівнянь для визначення невідомих густин потенціалів [1]. Для обчислення гіперсингулярних інтегралів було використано ефективний числовий метод [2]. З'ясовано, що густина потенціалу подвійного шару визначає перепад тиску в двосторонньому обтіканні поверхні ідеальною нестисливою рідиною. Вивчено умови застосування прямого формулювання методу граничних елементів для дослідження власних і вимушених коливань оболонкових конструкцій, заповнених рідиною.

Проаналізовано непряме формулювання методу граничних елементів та його застосування при дослідженні коливань елементів конструкцій при двобічному обтіканню ідеальною нестисливою рідиною.

Побудовані розрахункові моделі на основі методів теорії потенціалу та гіперсингулярних інтегральних рівнянь для визначення частот і форм коливань прямокутних та секторіальних пластин з урахуванням приєднаних мас рідини. Практично досліджено швидкість збіжності методу граничних елементів при використанні різних типів апроксимації густини.

Проаналізовані різні типи граничних елементів, що застосовуються для розв'язання гіперсингулярних рівнянь у двовимірних задачах. Для кожного типу з єдиних позицій проведено аналіз щодо такого вибору точок колокації, аби відповідні числові реалізації методу граничних елементів були стійкими до похибок. Виявився цікавий факт: для деяких типів елементів таких точок немає зовсім, тобто на простих і зовні привабливих елементах неможливо побудувати стійкі до похибок чисельні схеми [3]. Проведені числові та аналітичні дослідження дозволили зробити висновок, що для сталої густини у просторовому випадку такі точки співпадають із центрами ваги граничних елементів.

Проведено числове моделювання для визначення частот і форм коливань прямокутних і секторних консольних пластин, що моделюють лопаті гідротурбін. Ці результати порівняно з експериментальними даними, що продемонструвало вірогідність методу. Розроблено методику розрахунку вимушених коливань в елементах конструкції, що взаємодіють з рідиною під дією зовнішніх гармонічних навантажень. Цей метод використовує розкладання в ряд невідомих переміщень на основі форм коливань цих елементів, без врахування приєднаних мас рідини. Проаналізовано коливання квадратної, жорстко закріпленої пружної пластини, що вібрує в рідині під впливом різних зовнішніх навантажень. Результати показують, як максимальна інтенсивність напруження змінюється з часом для різних параметрів навантаження. Такий підхід дозволяє оцінити міцність конструкції та підібрати параметри навантаження для забезпечення надійної роботи агрегатів під час вібрацій.

Висновок.

Проаналізовано дестабілізуючий вплив вимушених коливань на міцність конструктивних елементів, що при експлуатації взаємодіють з рідиною. Для визначення тиску рідини на тонкі поверхні використано методи теорії потенціалу, які дозволили отримати гіперсингулярні інтегральні рівняння відносно невідомих густин потенціалів. Саме густини потенціалів подвійного шару й визначають перепад тиску при двобічному обтіканні поверхні ідеальною нестисливою рідиною. Проаналізовано точність та ефективність методів числового розв'язання сингулярних та гіперсингулярних рівнянь. Проведені числові дослідження з визначення частот та форм коливань прямокутних та секторіальних консольних пластинок, які моделюють лопаті гідротурбін. Здійснено порівняння отриманих даних з даними експерименту. Розроблено метод розрахунку вимушених коливань конструктивних елементів, що взаємодіють з рідиною та знаходяться в умовах дії інтенсивних зовнішніх гармонічних навантажень.

Список використаних джерел

1. Avramov, K. V. and. Strelnikova E. A. Chaotic vibrations of plates two-sided interacting with flux of moving fluid. *Int. Appl. Mech.*, 2014, Vol. 50, P. 329-335.
2. Karaiev, A, Strelnikova, E. Axisymmetric polyharmonic spline approximation in the dual reciprocity method. *Z Angew Math Mech.* 2021. Vol. 101, e201800339, DOI:10.1002/zamm.201800339.
3. Choudhary N., Kumar N., Strelnikova E., Gnitko V., Kriutchenko D., Degtyariov

УДК 539.3, 519.60

ПОБУДОВА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ СТІЙКОСТІ РУХУ ТА КОЛИВАНЬ ЕЛЕМЕНТІВ КОНСТРУКЦІЙ ПРИ ВЗАЄМОДІЇ З РІДИНОЮ

Колодяжний А. С. аспірант; Стрельнікова О.О. д.т.н., проф.

*Інститут енергетичних машин та систем імені А.М. Підгорного,
м. Харків, вул. Комунальників, 2/10, 61046, Україна
Харківський національний університет радіоелектроніки,
м. Харків, пр. Науки, 14, 61166, Україна*

*Метою дослідження є побудова методів комп'ютерного моделювання
стійкості руху та коливань рідини в елементах конструкцій.*

Оболонки та оболонкові конструкції, що частково заповнені рідиною, широко застосовуються в різних галузях сучасної промисловості, таких як авіа-космічна промисловість, транспорт, хімічне машинобудування, будівництво, сільське господарство.

Проектування резервуарів, що містять різні наповнювачі, в тому числі й вибухонебезпечні або отруйні, вимагає ретельного дослідження поведінки рідини в них як при аварійних ситуаціях, так і при експлуатаційних умовах, оскільки руйнування таких резервуарів внаслідок прикладених інтенсивних навантажень може призвести до небажаних екологічних наслідків та пошкоджень інфраструктурних об'єктів.

Для покращення механічних властивостей та міцності елементів такого обладнання широко використовують новітні матеріали, наприклад, метаматеріали або композити [1].

В роботі запропоновано метод дослідження стійкості руху рідини в оболонкових конструкціях при інтенсивних періодичних навантаженнях. Вважається, що рідина всередині оболонки є ідеальною і нестисливою, а її рух, викликаний прикладеними навантаженнями, є безвихровим. В цих умовах існує потенціал швидкості, який визначається з крайової задачі для рівняння Лапласа. Граничними умовами для цієї крайової задачі є умова непроникливості на змочених поверхнях оболонкової конструкції, а також статична та динамічна умови на вільній поверхні рідини.

Розв'язання крайової задачі може бути здійснено за допомогою різних числових методів. Серед них варто зазначити метод граничних елементів [2], метод скінченних елементів [3]; обидва засновані на використанні методу зважених нев'язок [4]. Треба відзначити, що застосування методу зважених нев'язок потребує побудови системи базисних функцій, за якою розкладається розв'язок, з подальшою вимогою виконання умови ортогональності нев'язки до