

Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Молодь і технічний прогрес в АПВ». 2024
K. Liquid vibrations in cylindrical tanks with flexible membranes. Journal of King Saud University – Science, 2021. Vol. 33(8), 101589, DOI: 10.1016/j.jksus.2021.101589.

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

Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Молодь і технічний прогрес в АПВ». 2024 всіх елементів базисної системи.

Внаслідок різного характеру граничних умов крайової задачі, неможливо побудувати єдину систему базисних функцій. Тому в роботі побудовано три таких системи: для знаходження пружних переміщень незаповненої оболонки, для визначення форми коливань вільної поверхні, а також для знаходження форм коливань пружної оболонки з рідиною, але без врахування гравітаційної складової. Це дозволяє використовувати різні ряди для побудови наближень невідомих функцій [5].

Для отримання інтегральних рівнянь для подальшої числової реалізації використовується третя формула Гріна. Це призвело до необхідності розв'язання системи сингулярних інтегральних рівнянь для невідомих базисних функцій, що є формами коливань рідини в жорсткій оболонці [6]. Виконання динамічної граничної умови дозволило отримати систему диференціальних рівнянь, що а саме, систему рівнянь Матьє. Досліджено стійкість розв'язку та визначені зони і параметри нестійкого руху за допомогою діаграми Айнса - Стретта.

Отримані також частоти коливань пружної конструкції при частковому заповненні ідеальною нестисливою рідиною. Для цього також розв'язувались сингулярні інтегральні рівняння, праві частини яких містили нормальні складові форм коливань незаповненої конструкції.

Висновок.

В роботі побудовані математичні моделі для дослідження стійкості коливань рідини в резервуарах та паливних баках. Математичні моделі засновані на використанні методів теорії потенціалу та сингулярних інтегральних рівнянь. Застосовано ефективний метод числового розв'язання сингулярних рівнянь, заснований на зведенні їх до одновимірних рівнянь та використанні властивостей узагальнених еліптичних інтегралів. Побудовано розв'язувальну систему диференціальних рівнянь. З'ясовані умови стійкості розв'язку цієї системи, що дало змогу визначити зони нестійкого руху конструкції.

Список використаних джерел

1. Sierikova O., Koloskov V., Degtyarev K., Strelnikova E. Improving the Mechanical Properties of Liquid Hydrocarbon Storage Tank Materials. *Materials Science Forum. Trans Tech Publications Ltd, Switzerland* 2022 Vol. 1068. P. 223-229. DOI:10.4028/P-888232.
2. 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.
3. Smetankina N., Semenets O., Merkulova A., Merkulov D., Misura S. Two-Stage Optimization of Laminated Composite Elements with Minimal Mass. *In: Arsenyeva, O., Romanova, T., Sukhonos, M., Tsegelnyk, Y. (eds) Smart Technologies in Urban Engineering. STUE 2022. Lecture Notes in Networks and Systems*, 2023, Vol 536. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-20141-7_42.
4. Brebbia, C.A.: The birth of the boundary element method from conception to application, *Engineering Analysis with Boundary Elements*, 77, iii-x, (2017), <https://doi.org/10.1016/j.enganabound.2016.12.001>.

- Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Молодь і технічний прогрес в АПВ». 2024
5. Medvedovskaya T. Strelnikova E., Medvedyeva K. Free Hydroelastic Vibrations of Hydroturbine Head Covers Intern. J. Eng. and Advanced Research Technology (IJEART). 2015. Vol. 1, No 1. P. 45–50. DOI: 10.13140/RG.2.1.3527.4961.
 6. Choudhary N., Kumar N., Strelnikova E., Gnitko V., Kriutchenko D., Degtyariov K. Liquid vibrations in cylindrical tanks with flexible membranes. *Journal of King Saud University – Science*, 2021. Vol. 33(8), 101589, DOI: 10.1016/j.jksus.2021.101589.

УДК 539.3, 519.60

РОЗВИНЕННЯ МЕТОДІВ ОПТИМАЛЬНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ЛОПАТЕЙ ПОВІТРЯНИХ УСТАНОВОК

Сичов В. В. магістрант

*Харківський національний університет радіоелектроніки,
м. Харків, пр. Науки, 14, 61166, Україна*

Метою дослідження є удосконалення методів нелінійного програмування для побудови оптимальних проектів лопатей повітряних установок з використанням адаптивного керування та гібридизації пошукових методів.

Конструювання сучасних технічних об'єктів (чи їх елементів), і навіть вдосконалення вже створених, ставить перед конструктором численні проблеми, однієї з яких є отримання оптимального проекту, тобто. найбільш вигідного варіанту з множини можливих. При цьому проєктована конструкція (або її окремі елементи) повинна успішно протистояти різним пошкодженням і задовольняти експлуатаційним умовам (надійність), забезпечувати безвідмовну роботу протягом певно встановленого терміну експлуатації (довговічність), доцільно враховувати можливості виготовлення, транспортування та монтажу, зручності експлуатації (технологічність), відповідати сучасним вимогам щодо рівня витрат на матеріали та виготовлення (економічність), а також задовольняти необхідному рівню різноманітних техніко-економічних показників. Безпосередньо до зазначених загальних вимог відносяться фізико-технічні обмеження на міцність, жорсткість, стійкість і на багато інших характеристик конструкції, що висуваються існуючими умовами функціонування проєктованого об'єкта. Через нелінійний характер таких задач їхнє розв'язання може потребувати значних обчислювальних ресурсів та точного налаштування параметрів алгоритму. Останні досягнення в обчислювальній техніці, а також розвиток сучасних програмних інструментів дозволили значно розширити можливості розв'язання нелінійних задач оптимізації. Тому дослідження у галузі нелінійного програмування залишається актуальним і постійно розвивається.

В роботі побудовані математичні моделі для визначення перепаду тиску, що діє на тонку поверхню в потоці рідини або газу [1]. Ці моделі дають змогу вирішити задачу визначення аеродинамічних навантажень, що діють на лопаті повітряної енергетичної турбіни. Лопать промодельована тонкостінним закрученим стрижнем довжиною L змінного поперечного перетину, що