

МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ В АНАЛІЗІ ОБТІКАННЯ РІДИНОЮ ОБ'ЄКТІВ

Гета Д.В.

Науковий керівник – канд. техн. наук, доц. Єсілевський В.С.
Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ПМ,
м. Харків, Україна
e-mail: dmytro.heta@nure.ua

Focusing on mathematical models and numerical simulation methods, this article reviews fluid dynamics around obstacles. It covers the mathematical description of fluid motion, selection of numerical methods for equation solving, and specifics of modeling obstacle flow. The article also discusses approaches in numerical models to handle complexities in obstacle flow and their applications in various fields. Overall, it offers an overview of modern mathematical models and methods for obstacle-related fluid dynamics, highlighting potential avenues for further research.

В останні десятиліття вивчення динаміки рідини навколо перешкод перетворилося на динамічну галузь досліджень, що має застосування в аеродинаміці, океанографії, гідродинаміці, біомедичній інженерії та інших галузях. Ця область залишається складною і багатогранною через складну взаємодію між рідиною і перешкодою, а також безліч факторів, що впливають на динаміку потоку. Ця взаємодія може викликати турбулентність, формуючи локальну динаміку течії і навіть великомасштабні циркуляції. Математичні моделі та чисельні методи, включаючи рівняння Нав'є-Стокса, поширений і ефективний інструмент для розв'язання гідродинамічних рівнянь, широко застосовуються для чисельного моделювання в цій галузі.

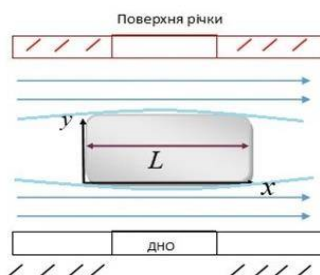


Рисунок 1 – Поперечний переріз потоку навколо зануреної балки

Рівняння Нав'є-Стокса є фундаментальним математичним інструментом для опису динаміки рідини, особливо навколо перешкод. Воно виводиться із законів збереження маси, імпульсу та енергії для ньютонівської рідини. Це рівняння враховує в'язкість рідини і молекулярні взаємодії, забезпечуючи детальний опис руху рідини, особливо в складних сценаріях, таких як обтікання перешкод. У цьому дослідженні рівняння Нав'є-

Стокса [1] буде використано для моделювання та аналізу руху рідини навколо обтічного об'єкта:

$$\frac{\partial \rho(x,t)}{\partial t} + \vec{\nabla} \cdot j = 0, \quad j = \rho v(x,t).$$

При застосуванні чисельного моделювання для аналізу динаміки рідини навколо перешкод необхідно враховувати кілька важливих факторів, включаючи турбулентність потоку, нелінійність рівняння Нав'є-Стокса і взаємодію тіла з рідиною. Ключовою проблемою чисельного моделювання є точна апроксимація граничних умов, таких як умови на поверхні тіла та вільній поверхні рідини. Нещодавно з'явилися нові методи апроксимації граничних умов, такі як метод граничних елементів і метод занурених границь.

Використання рівняння Нав'є-Стокса для аналізу динаміки рідини навколо перешкод має важливе значення в багатьох наукових і технічних галузях. Цей метод полегшує точний розрахунок швидкості і тиску рідини при різноманітних впливах, допомагаючи в проектуванні нових пристроїв і систем, оптимізації існуючих і прогнозуванні їхньої роботи в різних умовах.

Важливо розуміти, що чисельне моделювання – це математичне наближення, яке не завжди точно відображає реальні умови [2]. Тому результати чисельного моделювання слід перевіряти на основі експериментальних даних. Крім того, отримання точних розв'язків рівняння Нав'є-Стокса може вимагати значних обчислювальних ресурсів, що може бути обмеженням для задач високої розмірності.

Очікувані результати дослідження динаміки рідини при обтіканні перешкоди за допомогою рівняння Нав'є-Стокса можуть включати:

Визначення поля швидкостей та тисків навколо тіла під час обтікання рідини, що може бути використане для проектування нових пристроїв та систем або оптимізації вже існуючих.

Прогнозування сил, що діють на тіло в процесі обтікання, що може бути корисним для оцінки його міцності та довговічності.

Оцінка впливу різних факторів на динаміку рідини, таких як зміна форми тіла, зміна швидкості потоку та наявність інших перешкод у потоці.

Список використаних джерел:

1. Tomoki Takahashi, Keiichi Watanabe (2024). Navier-Stokes flow in the exterior of a moving obstacle. <https://arxiv.org/pdf/2402.05618.pdf>

2. Yesilevskiy, V. et al. (2022), "Development of a video processing module for the task of air object recognition based on their contours", Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries, No. 3 (21), P. 16–25. DOI: <https://doi.org/10.30837/ITSSI.2022.21.016>