

МЕТОД СКІНЧЕНИХ ЕЛЕМЕНТІВ В АКУСТИЦІ ПРИМІЩЕНЬ

Порошин С. М, Статкус А. В., Усик В. В., Федорчак Б. П.

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

Метод скінчених елементів (МСЕ) є ефективним засобом моделювання хвильових процесів і полів довільної фізичної природи, а в складних випадках виявляється унікальним джерелом надійних даних про об'єкт дослідження [1]. В акустиці приміщень (АП) МСЕ використовується більше 50 років. Завдяки наявній обчислювальній потужності та передовій числовій техніці МСЕ дозволяє отримувати високоякісні прогнози звукових полів у приміщеннях складної геометрії при складних граничних умовах з точністю до частки відсотка [2]. Однак, великі обчислювальні витрати (ОВ) дотепер обмежують спектр застосувань МСЕ здебільшого лабораторними дослідженнями без суворих вимог до часу розрахунку. Так, повідомлялося про високоточне моделювання трьохсекундної імпульсної характеристики концертного залу шляхом вирішення системи кінцевих елементів, що містить $1,5 \cdot 10^8$ ступенів свободи, з використанням системи з 512 процесорів [3].

Метою доповіді є огляд сучасного рівня застосування МСЕ і тенденцій його вдосконалення в задачах АП.

В дійсний час в АП спостерігається стійкий запит на підвищення обчислювальної ефективності МСЕ для досягнення в ідеалі реального масштабу часу. Дослідження застосування МСЕ в контексті АП зосереджені на: рішеннях в часовій області, тому що вони швидші та зручніші, ніж рішення в частотній області; методах зменшення дисперсії та застосування функцій високого порядку; розривному методі Галеркіна (РМГ) завдяки його точності, швидкості та можливості розпаралелювання; моделях розширеної реакції з використанням моделі еквівалентної рідини і допоміжних диференціальних рівнянь. Подальший розвиток МСЕ пов'язаний з розробкою оптимізованих МСЕ адаптивного порядку та РМГ для мінімізації ОВ при заданому рівні точності; використанням елементів низького порядку з методами зменшення дисперсії; забезпеченням привабливості МСЕ для ауралізації та віртуальної акустики (ВА), для чого мають бути створені технології врахування рухомого джерела і нестационарних середовищ; МСЕ-генерацією навчальних і тестових даних для машинного навчання в АП і ВА; зменшенням невизначеності вхідних даних МСЕ-застосувань шляхом вдосконалення методів вимірювання; використанням кластерів GPU (в тому числі CUDA) для реалізації більш ефективних рішень шляхом розпаралелювання обчислень.

Література:

1. Statkus A.V. Nonlinear Wave Dynamics of Unstable Atherosclerotic Plaque, *2019 IEEE 8th International Conference on Advanced Optoelectronics and Lasers (CAOL)*, Sozopol, Bulgaria, 2019, pp. 588-593.
2. Prinn, A.G. A Review of Finite Element Methods for Room Acoustics. *Acoustics* **2023**, 5, 367-395.
3. Yoshida, T.; Okuzono, T.; Sakagami, K. A Parallel Dissipation-Free and Dispersion-Optimized Explicit Time-Domain FEM for Large-Scale Room Acoustics Simulation. *Buildings* **2022**, 12, 105.