

Міністерство освіти і науки України
Львівський національний університет імені Івана Франка
Факультет прикладної математики та інформатики
Кафедра обчислювальної математики

Математичне моделювання в науці та технологіях

МОДЕЛЮВАННЯ АКУСТИЧНОГО ГЛУШНИКА



Виконав:

студент IV курсу, групи ПМп-41
напряму підготовки «Прикладна математика»

Грициндишин Віталій

Викладачі:

доц. Кухарський В. М.

доц. Ящук Ю. О.

ас. Марчук Ю. Б.

Зміст

Вступ	3
1 Постановка задачі	3
2 Опис моделі	3
3 Результати експериментів	4
Висновки	8
Література	9
Додаток	10

Вступ

Акустичні глушники використовуються для зменшення рівня шуму в промислових, транспортних та побутових системах. Однак, для досягнення максимальної ефективності, необхідно знати як можна краще пристосувати конструкцію глушника до вимог технічного завдання. В даній роботі буде розглянуто створення акустичного глушника власної конструкції в середовищі COMSOL.

1 Постановка задачі

Метою даної роботи є створення акустичного глушника власної конструкції з максимально ефективною роботою. Для досягнення цієї мети, ми ставимо наступні задачі:

- Розробити конструкцію глушника в середовищі COMSOL.
- Провести моделювання глушника з різними розмірами та матеріалами складових частин.
- Визначити оптимальну конструкцію глушника з максимальною ефективністю.

2 Опис моделі

Модель глушника буде створена в середовищі COMSOL. Глушник буде складатися з кількох частин: зовнішньої оболонки, внутрішньої пористої структури та акустичного матеріалу, який заповнює порожнини внутрішньої структури.

Для моделювання процесу акустичного глушення буде використано рівняння акустики, яке має вигляд:

$$\nabla \left(-\frac{1}{\rho_c} (\nabla p_t - q_d) \right) - \frac{k_{eq}^2 p_t}{\rho_c} = Q_m, \quad (1)$$

$$p_t = p + p_b, \quad (2)$$

$$k_{eq}^2 = \left(\frac{w}{c_c} \right)^2, \quad (3)$$

$$c_c = c, \quad \rho_c = \rho. \quad (4)$$

$\nabla \left(-\frac{1}{\rho_c} (\nabla p_t - q_d) \right)$ - це диференціальний оператор вихря, який визначає векторне поле градієнту тиску та векторний потік звукових джерел;

$\frac{k_{eq}^2 p_t}{\rho_c}$ - це член, що описує вихідні властивості, такі як щільність та швидкість звуку, та характеризує поширення звукових хвиль;

Q_m - це джерело звуку, яке може бути внутрішнім або зовнішнім;

$p_t = p + p_b$ - це сума тиску та фонового тиску, яка визначає повний тиск;

k_{eq}^2 - ефективне хвильове число, що враховує властивості середовища;

c_c та ρ_c - швидкість звуку та щільність середовища відповідно, які можуть бути залежними від температури, тиску та інших факторів.

Також будуть враховані властивості матеріалів, з яких виготовлені складові частини глушника, такі як щільність, швидкість звуку та поглинання звуку.

3 Результати експериментів

Ілюстрація зміни повного акустичного тиску в залежності від змін розмірів акустичного глушника:

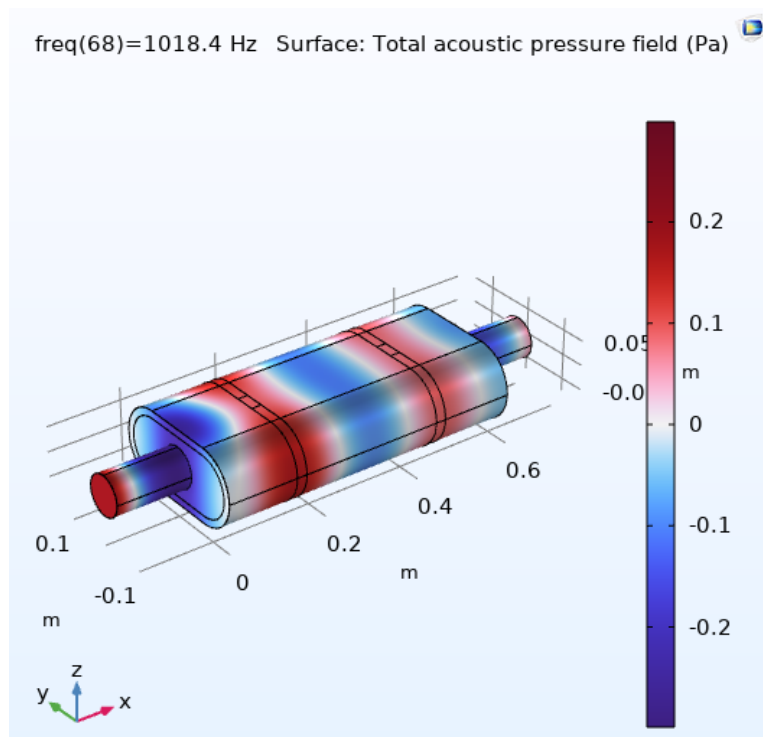


Рис. 1: Глушник зі сталі.

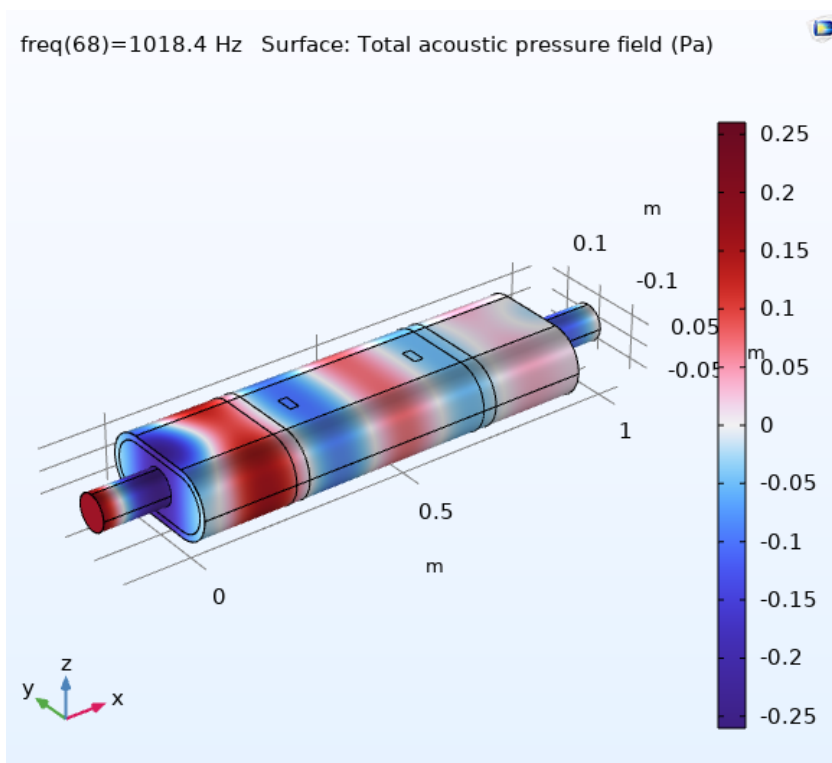
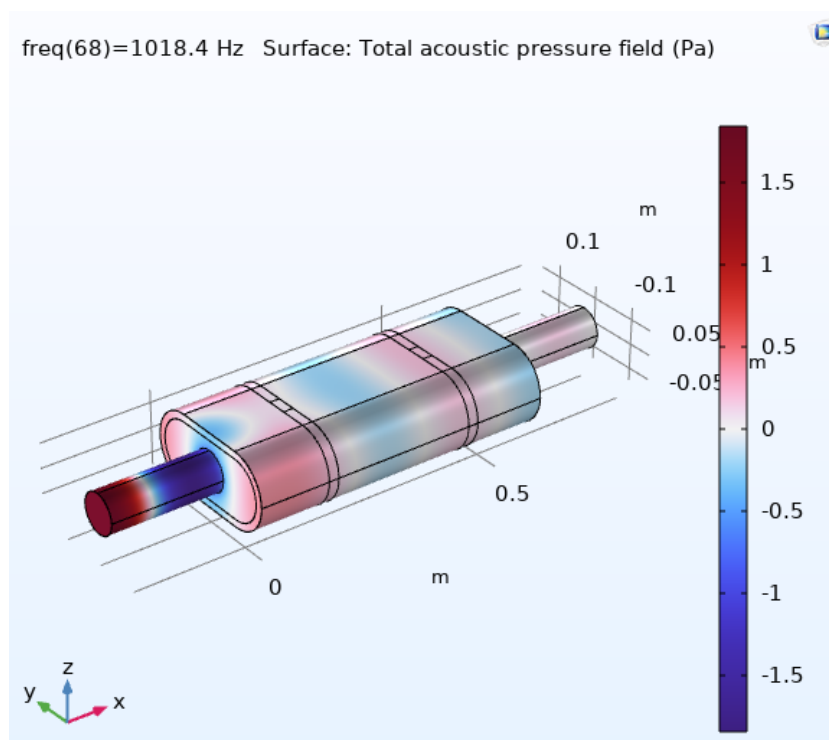
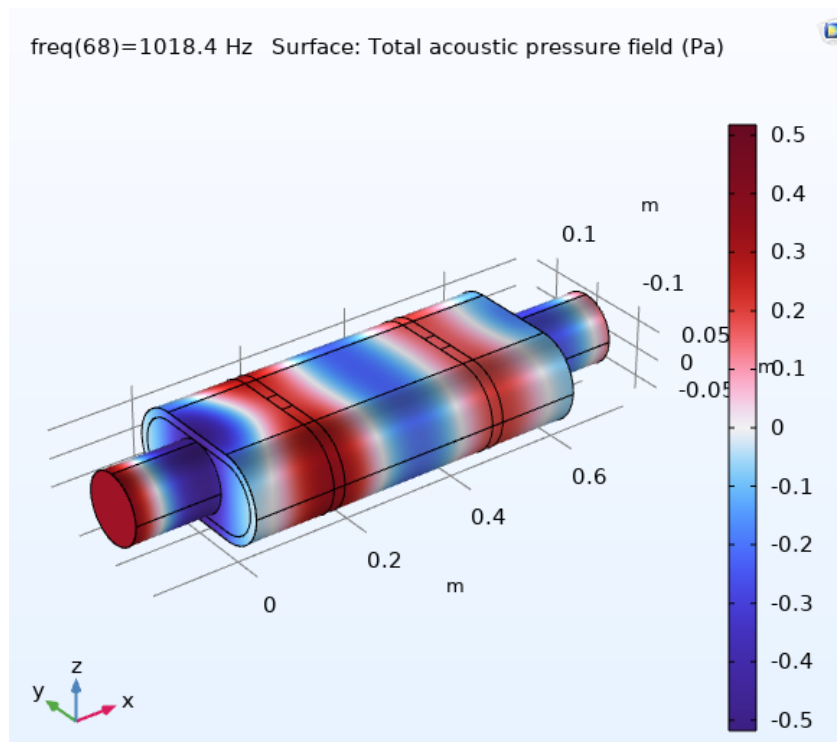


Рис. 2: Глушник при збільшенні довжини в 1.5 рази.



Ілюстрація зміни сили звуку на виході в залежності від змін розмірів акустичного глушника:

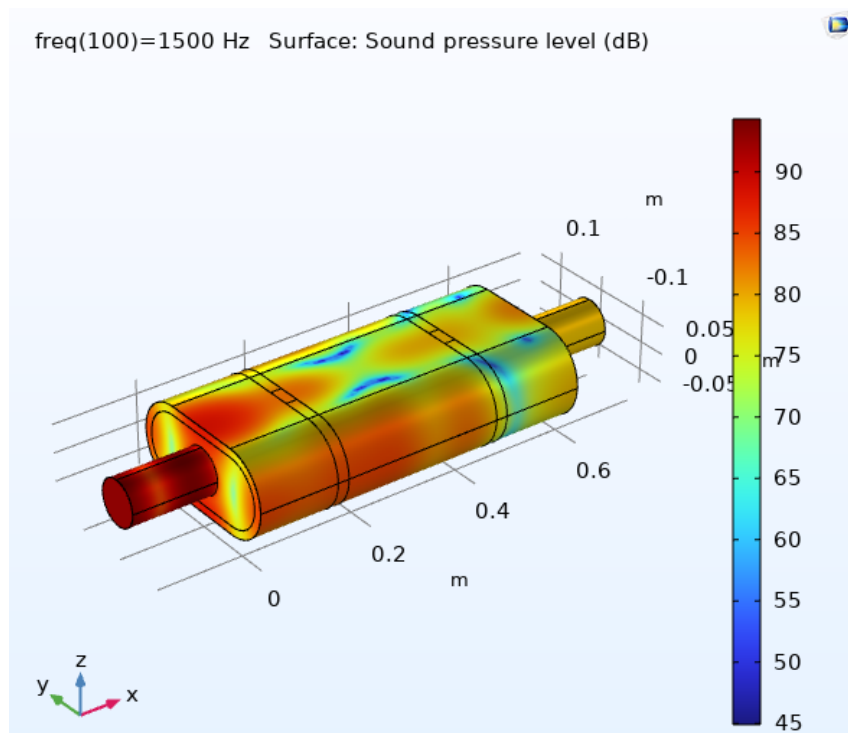


Рис. 5: Глушник зі сталі.

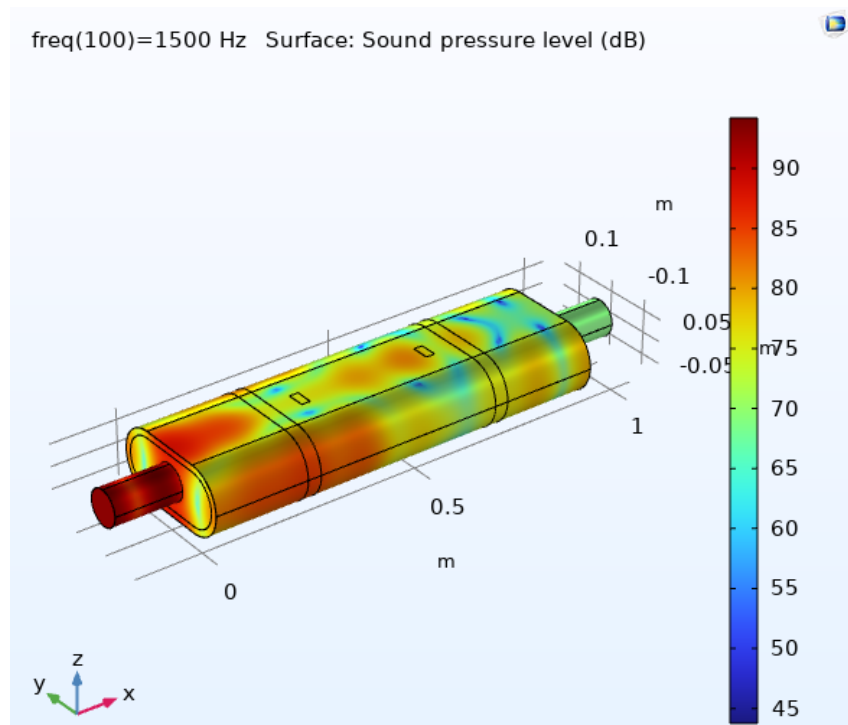


Рис. 6: Глушник при збільшенні довжини в 1.5 рази.

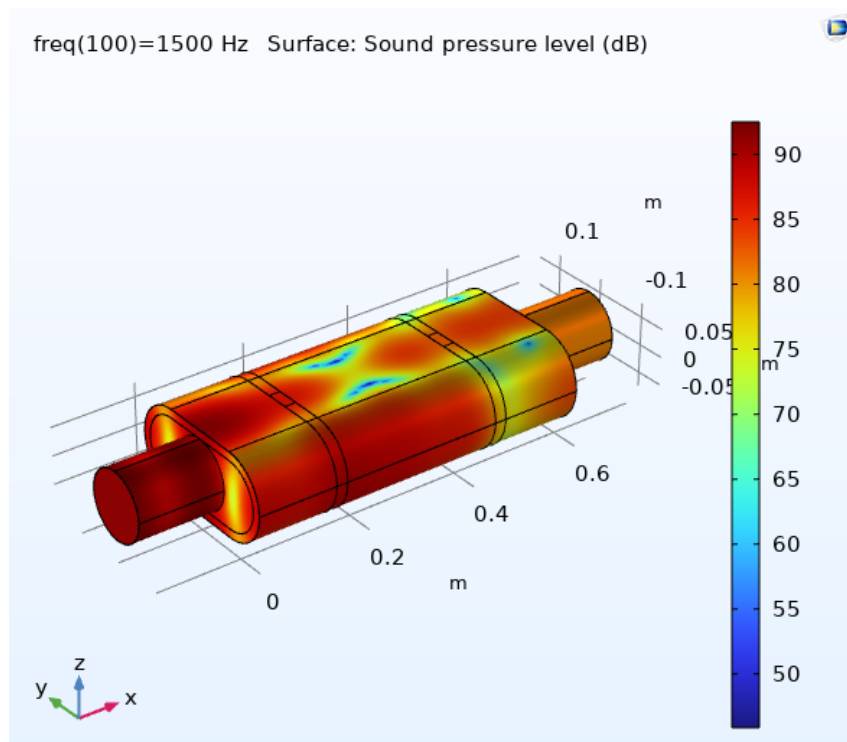


Рис. 7: Глушник при збільшенні радіусу вхідної та вихідної труби в 1.5 рази.

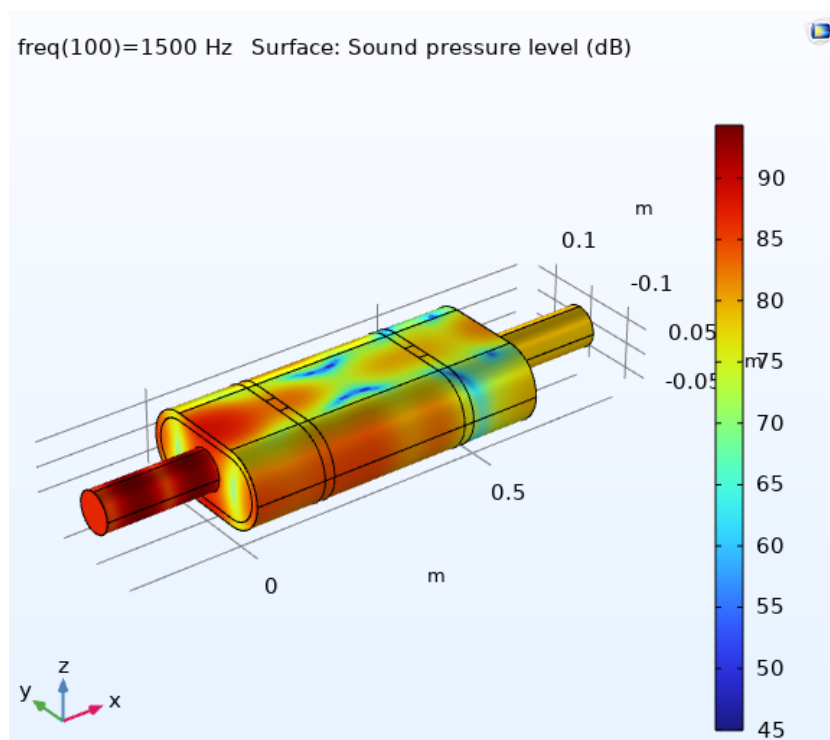


Рис. 8: Глушник при збільшенні довжини вхідної та вихідної труби в 1.5 рази.

Висновки

У результаті проведення моделювання акустичного глушника в середовищі COMSOL було визначено оптимальну конструкцію глушника з максимальною ефективністю. Було знайдено, що зміна розмірів складових частин глушника може значно вплинути на його ефективність. Отримані результати моделювання можуть бути використані для подальшого вдосконалення та оптимізації конструкції акустичних глушників з метою досягнення максимальної ефективності в зменшенні рівня шуму.

Література

- [1] "Acoustic Absorbers and Diffusers: Theory, Design and Application" by Trevor Cox and Peter D'Antonio
- [2] "Acoustic Metamaterials and Phononic Crystals" by Piergiorgio Alotto and Alessandro Bettucci
- [3] "COMSOL Multiphysics Modeling Guide" by COMSOL Inc.
- [4] "Acoustic Analyses Using Matlab® and Ansys®" by Carl Q. Howard and Benjamin S. Cazzolato

Додаток

З реалізацією моделювання можна ознайомитись за посиланням на GitHub репозиторій.

`https://github.com/vitalikkk19/mmst`

