

І.М. Заплетников, д-р техн. наук, проф. (ДонНУЕТ, Донецьк)

Н.М. Лавриненко, д-р фіз-мат. наук, проф. (ДонНУЕТ, Донецьк)

О.Г. Дахов, асп. (ДонНУЕТ, Донецьк)

МОДЕЛЮВАННЯ РОЗПОДІЛУ ШУМОВИХ ПОЛІВ У ПРИМІЩЕННЯХ ПІД ЧАС РОБОТИ ОБЛАДНАННЯ

Розглянуто методику розрахунку розподілу шумових полів, що виникають під час роботи обладнання, по виробничому приміщенню за допомогою методу кінцевих елементів, та порівняння результатів розрахунків із експериментальними даними.

Рассмотрено методику расчета распределения шумовых полей, возникающих при работе оборудования, по производственному помещению с помощью метода конечных элементов, и сравнение результатов расчетов с экспериментальными данными.

The method of calculating the distribution of noise fields that arise when the equipment, in production facilities using the finite element method, and compare the numerical results with experimental data.

Постановка проблеми у загальному вигляді. Рівень шуму у виробничих приміщеннях підприємств харчування під час роботи технологічного обладнання досягає 60...80 дБа, а за умов поганого технічного обслуговування, досягає 90 дБа.

Відповідно до ГОСТ 12.1.003-83 "ССБТ. Шум. Загальні вимоги безпеки" рівень звукового тиску на робочих місцях не повинен перевищувати норми. Під час проектування технологічного устаткування виникає необхідність урахувувати його віброакустичні характеристики [1].

Серед технологічного обладнання значним джерелом шуму на підприємствах ресторанного господарства є машини для очистки картоплі. Найпоширенішою на підприємствах харчування в Україні є машина для очистки картоплі МОК-150. Машини випускаються серійно Білоруським ПО торговельного машинобудування м. Барановичі для країн СНД і дальнього зарубіжжя. Відповідність припустимим нормам ГОСТ 12.1.003-83 залежить від місця її установки й розподілу полів звукового тиску.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У роботі [1] наведено віброакустичні характеристики машин для очищення коренеплодів, наведено способи поліпшення їх вібраційних і шумових

характеристик. У монографії [2] наведено основи моделювання віброакустичних процесів обладнання харчових виробництв динамічними моделями, розроблено методику розрахунків віброакустичних характеристик обладнання на стадії його проектування. Проте дані моделі не враховували геометричних характеристик корпусів устаткування. У роботі [3] наведено експериментальний стенд для визначення вібраційних характеристик картоплечисток типу МОК. Наведено регресійні рівняння для віброшвидкостей картоплечисток на різних частотах. У роботі [4] наведено основи кінцевоелементного моделювання обладнання в ANSYS.

Мета та завдання статті. Метою даної роботи є розрахунок розподілу полів звукового тиску, що виникають у приміщеннях під час роботи обладнання харчових виробництв в октавних смугах частот.

Виклад основного матеріалу дослідження. Для визначення рівня звукового тиску, що випромінюється джерелом шуму в октавних смугах частот, необхідно знати значення амплітуд коливань корпусу обладнання.

Для рішення даного завдання в програмному комплексі ANSYS побудовано кінцевоелементну модель картоплечистки МОК-150 (рис. 1).

Як розрахункову схему приймаємо відповідно до конструкції, корпус картоплечистки являє собою циліндр радіусом 0,374 м, висотою 0,363 м, розташований на опорах на рівні 0,384 м від підлоги. Картоплечистку розташовано у виробничому приміщенні довжиною 6м, шириною 4 м і висотою 3 м по центру.

У результаті проведення чисельного моделювання отримані значення амплітуд вузлів моделі на низці досліджуваних частот. Це дає можливість досліджувати поля розподілу звукового тиску, що виникає в приміщенні під час роботи обладнання.

Промодельємо повітряне середовище, що оточує картоплечистку. Для моделювання повітряного середовища у виробничому приміщенні використовуємо акустичний кінцевий елемент FLUID30 тетраедр, що являє собою тетраедр, із чотирма вузлами із трьома ступенями свободи в кожному вузлі (переміщення UX, UY, UZ) [2]. Для даного типу кінцевого елемента задаємо властивості повітряного середовища – щільність і швидкість розповсюдження звукової хвилі в просторі.



Рисунок 1 – Кінцевоелементна модель картоплечистки МОК-150

Переріз кінцевоелементної моделі площиною XOZ наведено на рисунку 2.

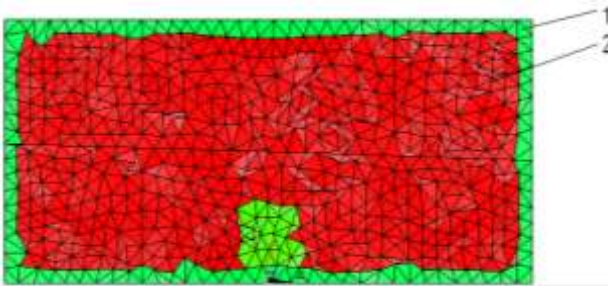


Рисунок 2 – Переріз кінцевоелементної моделі повітряного середовища площиною XOZ: 1 – акустичні елементи, що контактують із твердими тілами; 2 – акустичні елементи, що не контактують із твердими тілами

Оскільки коли звукові хвилі потрапляють на стіну приміщення, вони частково поглинаються, для елементів, що прилягають до стін, підлоги та стелі були задані коефіцієнти поглинання, рівні 0,04. Коефіцієнт поглинання для елементів, що примикають до картоплечистки, рівний 0,01.

Як показано в роботі [3], амплітуди коливань точок по поверхні корпусу картоплечистки в октавних смугах частот від 63 до 1000 Гц у площині XOY становлять порядку $1,9 \cdot 10^{-7}$, $\div 1,1 \cdot 10^{-5}$ м, а в напрямку осі OZ – порядку $3,6 \cdot 10^{-11}$, $\div 3,6 \cdot 10^{-9}$ м. У цьому випадку можна з достатнім ступенем точності вважати, що картоплечистка робить коливання лише в горизонтальній площині. Для вузлів повітряного середовища, що контактує з корпусом картоплечистки, задаємо значення амплітуд коливань збігається з амплітудою відповідний вузлів віброуючої картоплечистки.

У результаті розрахунків модельної системи повітряного середовища в октавному діапазоні частот від 63 до 1000 Гц отримуємо розподіл тиску за обсягом виробничого приміщення, як показано на рисунку 3.

Перетинаючи кімнату площиною XOY на відстані 0,5 м від рівня підлоги, одержимо рисунок 5, з якого випливає, що на частоті 500 Гц на відстані 1 м від машини рівень тиску складе порядку $7,86 \cdot 10^{-4}$ Па.

З рисунків 4, 5 випливає, що рівномірність розподілу поля розподілу тиску збільшується зі збільшенням октавної частоти.

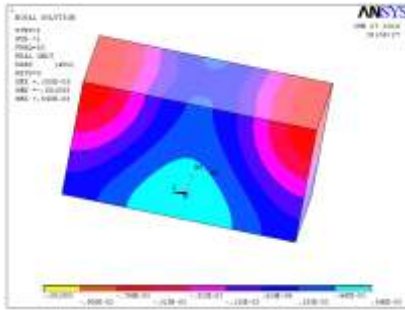


Рисунок 3 – Розподіл тиску за обсягом виробничого приміщення

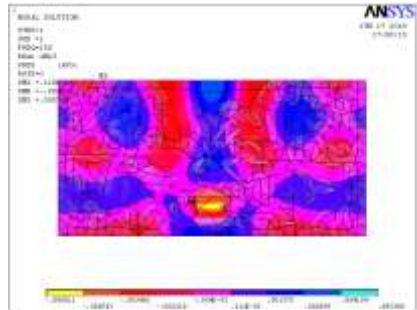


Рисунок 4 – Розподіл тиску в розрізі приміщення площиною YOZ на частоті 250 Гц

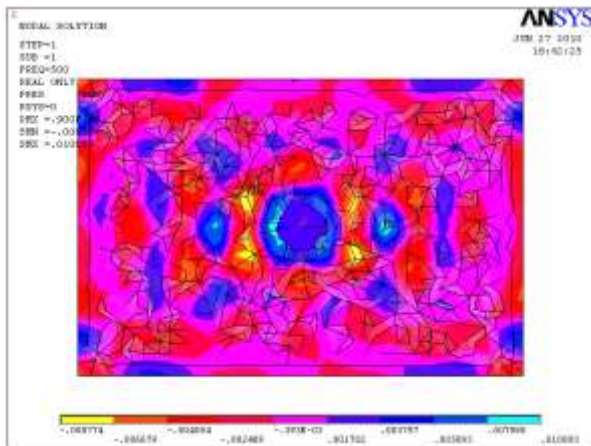


Рисунок 5 – Розподіл тиску в перетині приміщення площиною YOX на частоті 500 Гц на висоті 0,5 м від рівня підлоги приміщення

Для перевірки адекватності моделі зроблене порівняння розрахованих значень зі значеннями, отриманими в результаті експериментів, проведених на кафедрі обладнання харчових виробництв.

Відповідно до ГОСТ 12.1.026 (технічний метод) вимірювальні точки обрано на відстані 1м від устаткування.

Оскільки під час технічних вимірювань рівня звукової потужності використовують шкалу дБ, а за чисельного моделювання в

ANSYS одержується значення тиску в Па, подаємо отримані результати в одній системі одиниць (1дБ=20мкПа), як показано в таблиці.

Таблиця – Значення рівнів звукового тиску (отримані експериментально й за допомогою чисельного моделювання)

Октавна частота	63	125	250	500	1000
Експериментальний рівень шуму	35	51	49	46	47
Рівень шуму згідно ANSYS	36,5	45,5	43,7	42,3	42
Погрішність, дБ	1,5	5,5	5,3	3,7	5
Погрішність, %	4,28	10,78	10,81	8,04	10,64

Висновки. 1. У досліджуваному діапазоні частот значення рівнів звукового тиску отримано за допомогою чисельного моделювання й експериментально узгоджується з експериментальними з точністю 4,28 –10,78 %, що дозволяє застосовувати дану методику в розрахунках рівнів звукового тиску.

2. Отримано розподіли рівнів звукового тиску в приміщенні, що дозволяє вибирати оптимальне місце для розташування робочого місця оператора й/або установки локальних шумопоглинальних панелей.

3. Під час проведення експериментальних досліджень необхідно враховувати нерівномірність розподілу звукового поля, особливо на низьких частотах

Перспективою подальшої роботи є дослідження розподілу шумових полів в октавному діапазоні до 8000 Гц.

Список літератури

1. Заплетников, И. Н. Виброакустика машин очистки корнеклубнеплодов [Текст] : монография / И. Н. Заплетников, Ю. В. Жидко. – Донецк : Норд-Пресс, 2008. – 147с.

2. Заплетников И. Н. Моделирование виброакустических процессов технологического оборудования пищевых производств [Текст] / И. Н. Заплетников. – Донецк : ДонГУЭТ, 2001. – 141 с.

3. Заплетніков, І. М. Про підвищення точності розрахунку віброакустичних характеристики картоплечисток [Текст] / І. М. Заплетніков, О. Г. Дахов, С. С. Булганов // Вісник ДонНУЕТ : Сер. Техн. науки. – 2009. – №1(49). С 24–30.

4. S. Moaveni, S. Finite Element Analysis : Theory and application with ANSYS, Pearson Education [Text] / S. Moaveni. – New Jersey, 2003. – 822 p.

Отримано 1.10.2010. ХДУХТ, Харків.

© І.М. Заплетников, Н.М. Лавриненко, О.Г. Дахов, 2010.