

УДК 519.868:641.51.06

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В РАСЧЁТАХ ВИБРОАКУСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МАШИН

Заплетников И. Н., Дахов А. Г., Жидков Ю. В.

(ДонНУЭТ, г. Донецк, Украина)

Тел./Факс: +38(062)3044547; E-mail: obladn@kaf.donnuet.edu.ua

Аннотация. В статье представлены результаты исследований виброакустических характеристик машины для очистки картофеля МОК-150 с помощью численного моделирования, моделирование распределения полей звукового давления и сравнение полученных данных с экспериментальными

Ключевые слова: виброакустика машин, метод конечных элементов, расчёт виброакустических характеристик

1. Введение

Виброакустические характеристики (ВАХ) технологических машин необходимо задавать и рассчитывать на стадии разработки технической документации. Задаются ВАХ исходя из стандартов, строительных и санитарных норм для помещений, в которых предполагается размещение и эксплуатация оборудования, проводится техническое нормирование. Эта часть работ по акустическому проектированию регламентирована соответствующими стандартами и техническими условиями. Расчет ВАХ оборудования не достиг необходимой эффективности для практических целей из-за многочисленных факторов, влияющих на формирование этих характеристик: конструкции оборудования, материалов и технологии для его изготовления, несовершенства механических, аэродинамических, акустических моделей и многих других.

К наиболее эффективным методам расчета ВАХ можно отнести динамико-акустический метод, основанный на синтезе динамических и акустических моделей оборудования [1,2]. Динамические модели учитывают лишь массы, упругие и демпфирующие элементы, возмущающие нагрузки и сопротивления на рабочем органе. Однако, данные модели не учитывают конструкцию элементов оборудования и закономерности формирования ВАХ в конкретном производственном помещении.

На кафедре оборудования пищевых производств ДонНУЭТ разработана методика моделирования ВАХ оборудования, в которой детали конструкции и производственное помещение моделируются с применением методов конечных элементов по специальной программе (СП).

2. Основное содержание и результаты работы

Целью работы является расчёт основных параметров ВАХ – вибрационных и шумовых характеристик машин с использованием моделей метода конечных элементов (МКЭ). В качестве предмета исследований выбрана машина для очистки картофеля типа МОК-150, серийно выпускаемая Барановичским Заводом торгового машиностроения Республики Беларусь. Машина широко применяется на предприятиях ресторанных хозяйств как на Украине, так и за рубежом. Конструкция машины представляет собой приводной механизм, который включает электродвигатель 1, клиноременную передачу 2, вал 3 с подшипниками, и посаженным на него коническим абразивным рабочим органом. Рабочая камера выполнена в виде терки 5 цилиндрической формы. Камера закрывается крышкой 5. Приводной механизм и рабочая камера заключены в корпус 6. Машина устанавливается в производственном помещении на виброзоляторах 7. Конструкция машины представлена на рисунке 1а.

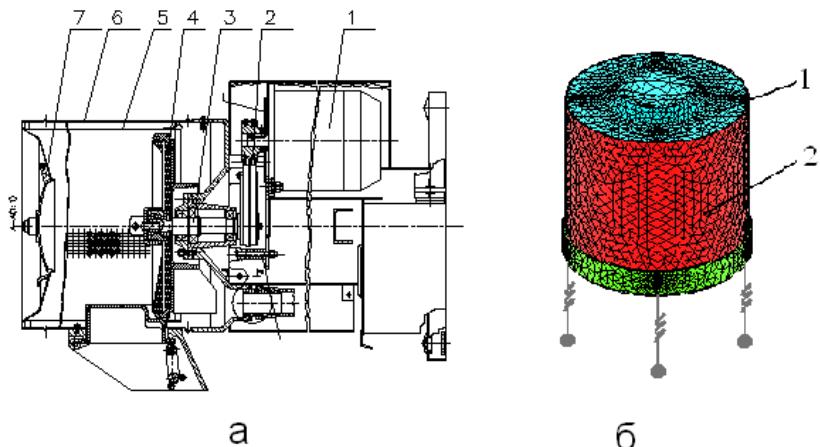


Рис. 1. а – Конструкция картофелечистки МОК-150. б – конечноэлементная модель картофелечистки

Конструкция корпуса машины представляет собой цилиндр радиусом 0,374м, высотой 0,363 м, расположенный на опорах на уровне 0,384 м от пола. Картофелечистка расположена в производственном помещении длиной 6м, шириной 4м и высотой 3м по центру. Моделируем машину с помощью СП, модель представлена на рисунке 1б.

Для моделирования днища корпуса, стенки, крышки и уплотнение будем использовать конечный элемент SOLID187, что представляет собой гексаэдр с восемью узлами. Каждый элемент имеет по 6 степеней свободы в каждом узле (перемещение UX, UY, UZ и повороты ROTX, ROTY, ROTZ).

Сопротивления картофелечистки и подшипники, в которых закреплен вал терочного диска, моделируем с помощью конечных элементов COMBIN14. Эти конечные элементы представляют собой упругие элементы, которые имеют два узла с тремя степенями свободы каждый (перемещение UX, UY, UZ). Реальными константами COMBIN14 является коэффициенты упругости, которые характеризуют жесткость опор картофелечистки и жесткость подшипникового узла рабочего вала.

Двигатель и сборочная единица «вал рабочего органа, рабочий орган и большой шкив клиноременной передачи» будем моделировать двумя точечными массами, то есть конечными элементами MASS21. Элемент MASS21 имеет три степени свободы (перемещение UX, UY, UZ).

В результате проведения численного моделирования получены значения амплитуд узлов модели на ряде исследуемых частот. Это дает возможность исследовать еще и поля распределения звукового давления, которые возникают в помещении при работе оборудования.

Для определения собственных частот модели картофелечистки был проведен модальный анализ. В диапазоне частот от 0 до 8000 Гц были получены такие собственные частоты: 16,7; 27; 35,7; 159,7; 225,4; 225,7; 244,4; 245; 246,6; 289,6; 289,6; 329,2; 477,2; 508,0; 682,9; 683; 749,4; 754,4; 863,5; 885,9; 925,6; 965 (Гц).

Анализ форм собственных колебаний корпуса картофелечистки дает возможность выявить также зоны максимальных перемещений точек корпуса на собственных частотах.

Рассмотрим поведение модели при работе картофелечистки без продукта. При работе картофелечистки возникают вибрации от несбалансированности ротора двигателя и сборочной единицы: большой шкив, терочный диск, вал. Представим неуравновешенности от вращающихся частей в виде действия периодических круговых сил. Пусть на точечные массы MASS21 действует периодическая круговая нагрузка по косинусоидальному закону

В результате проведения гармонического анализа получены численные значения амплитуды перемещений во всех узлах конечных элементов в исследуемом диапазоне частот. Изолинии перемещений точек корпуса на частоте 32 Гц представлены на рисунке 3. Максимальная амплитуда колебаний точек корпуса на данной частоте составила 0,136 мм.

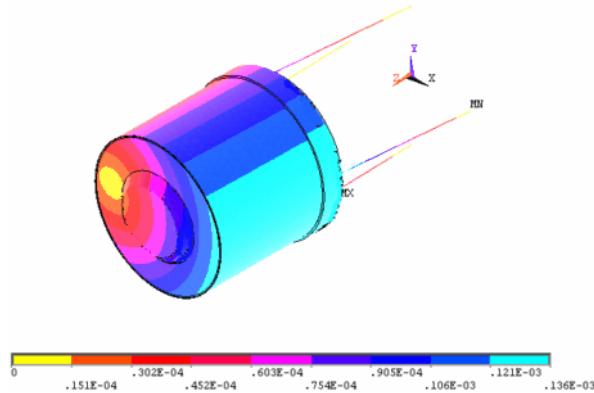


Рис. 2. Изолинии перемещений точек корпуса картофелечистки на частоте 32 Гц

Зависимость амплитуды колебаний от частоты представлена на рисунке 10 в точках 2 - стенка корпуса и 1 - крышка машины.

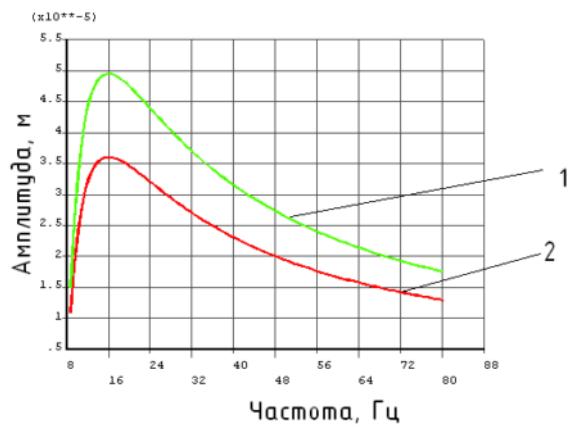


Рис. 3. Графики зависимости амплитуд колебаний в горизонтальной плоскости от частоты возмущающей силы в диапазоне от 8 до 80 Гц

1 – стенка корпуса, 2 - крышка

Графики значенияи выброскоростей, полученных теоретически и экспериментально представлено на рисунке 4.

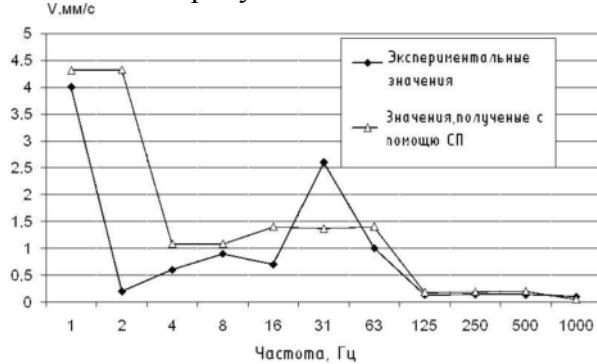


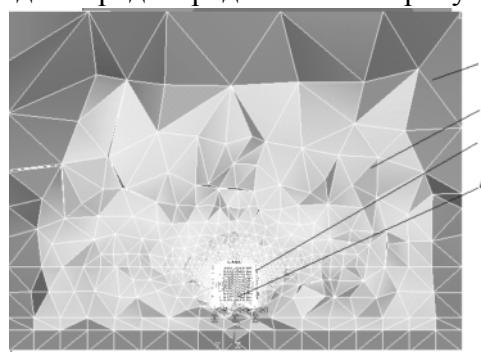
Рис. 4. Экспериментальные и теоретические значенияи выброскоростей, полученные в результате численного моделирования значенияи выброскоростей

Из графиков рисунка 11 видно, что характер изменения виброскоростей, полученных численным моделированием в основном отвечает экспериментальным значениям, за исключением области 32 Гц, близкой к резонансной частоте.

Распределение по помещению поле звукового давления, которое возникает при работе картофелечистки моделируем с помощью СП.

Для этого построим конечно-элементную модель среды помещения, в котором работает картофелечистка. Для моделирования воздушной среды производственного помещения был использован конечный элемент FLUID30. Элемент представляет собой тетраэдр с четырьмя узлами на вершинах. Каждый узел имеет три степени свободы (перемещение UX, UY, UZ). Для акустического элемента заданы свойства среды – плотность и скорость распространения звуковой волны в воздухе. Для элементов, которые контактируют со стенами и оборудованием задаем коэффициенты поглощения.

Конечно-элементная модель среды представлена на рисунке 5.



1 – конечные элементы, которые контактируют со стенами; 2 – конечные элементы воздушной среды, которые не контактируют с поверхностями; 3 – элементы, которые контактируют с оборудованием; 4 – конечные элементы корпуса картофелечистки

Рис.5. Конечноэлементная модель производственного помещения с машиной в сечении плоскостью XOZ по центру

На рисунке 6 представлены графики значений уровней звукового давления, полученных в результате эксперимента и рассчитанных численно с помощью программного комплекса СП.

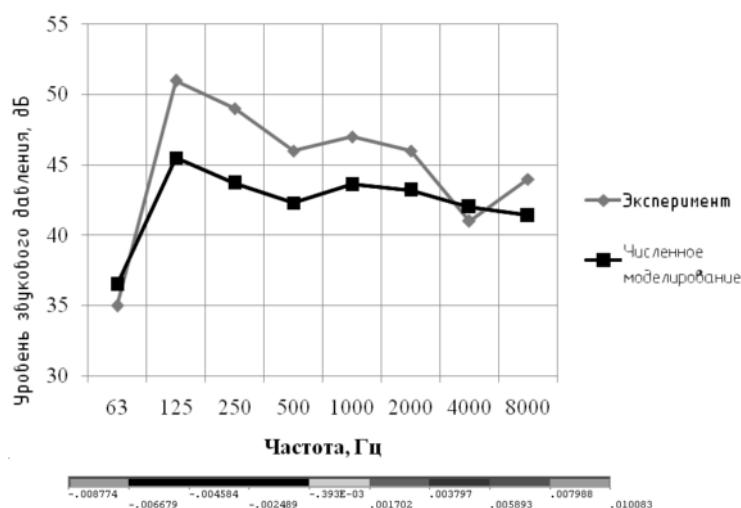


Рис. 6. Значение уровней звукового давления в октавных полосах частот на расстоянии 1м. от оборудования

Анализ результатов моделирования позволяет сделать выводы, что погрешность при расчетах составляет 2,3-10,8%, что позволяет использовать данную модель для расчетов уровня шума, который создается при работе оборудования. Наименьшая погрешности соответствует средним и высоким частотам.

Заключение:

Проведенный анализ источников шума и вибрации на примере машины очистки картофеля МОК-150 показал, что наиболее существенный вклад в формирование шума и вибрации, которые возникают при работе машины без продукта имеют несбалансированность на участке вал рабочего органа, рабочий орган и большой шкив клиноременной передачи и а так же на участке двигателя, малый шкив клиноременной передачи.

Построенная конечноэлементная модель машины позволила численно рассчитать собственные частоты модели, значение амплитуд колебаний корпуса, и значение виброскоростей, которые, в основном, соответствует экспериментальным данным.

Полученные значения уровней звукового давления при работе машины в производственном помещении имеют значения, близкие к экспериментальным. Погрешность расчетов 2,3-10,8% доказывает адекватность выбранной модели и возможность использования этой методики для инженерных расчетов

Направлением дальнейших исследований является разработка аналитических методов расчёта ВАХ машин с более высокой сходимостью с экспериментальными данными.

Список литературы: 1. Заплетников И. Н. Моделирование виброакустических процессов технологического оборудования пищевых производств. - Донецк: ДонГУЭТ, 2001. - 141 с. 2. Заплетников И. Н. Жидков Ю. В. Виброакустика машин очистки корнеклубнеплодов: Монография / Донецк: Норд-Пресс, 2008. - 147с. 3. Заплетников И. Н., Дахов А. Г., Булганов С. С. О повышении точности расчетов виброакустических характеристики картофелечисток – Вестник ДонНУЭТ: серия Технические науки; №1(49), 2009 г, с 24-30. 4. S. Moaveni, Finite Element Analysis: Theory and application with СП, Pearson Education, New Jersey, 2003, 822p.

USING FINITE ELEMENT METHOD AT CALCULATION VIBROACOUSTICS CHARACTERISTICS MASHINES

Zapletnikov I. N., Dahov A. G., Zhidkov J. V. (DonNUET, Donetsk, Ukraine)

Abstract: at the article described results of discovering vibroacoustic characteristics potato peeling machine MOK-150 with using numerical method, modeling distribution of sound fields and comparisons findings data with experimental researches

Key words: vibroacoustic of machines, finite element method, calculation of vibroacoustics characteristics

ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ КІНЦЕВИХ ЕЛЕМЕНТІВ ПРИ РОЗРАХУНКАХ ВІБРОАКУСТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК МАШИН

Заплетніков І. М., Дахов О. Г., Жидков Ю. В. (ДонНУЕТ, Донецьк, Україна)

Анотація. У статті представлені результати досліджень віброакустичних характеристик машини для очищення картоплі МОК-150 за допомогою чисельного моделювання, моделювання розподілу полів звукового тиску й порівняння отриманих даних з експериментальними

Ключові слова: віброакустика машин, метод кінцевих елементів, розрахунки віброакустичних характеристик

Надійшла до редколегії 21.06.2011 р.