

ВАРІАЦІЙНІ МОДЕЛІ ЕКОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК МАШИНИ ДЛЯ ЗБИВАННЯ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

Заплетніков І.М., д.т.н., проф., Пільненко А.К., к.т.н.
(Донецький національний університет економіки і торгівлі імені
Михайла Туган-Барановського)

У статті представлені регресійні моделі рівня звукової потужності збивальної кухонної машини УКМ при різних режимах роботи.

Постановка задачі: Шумові характеристики (ШХ) машин використовуються при проектуванні машин на стадії розробки технічного завдання, контролюються на стадії заводських випробувань і при сертифікації машин.

Для кожного виду обладнання, що випускається різними машинобудівними заводами або фірмами, встановлюються гранично допустимі норми по ШХ залежно від санітарних норм до приміщень, у яких передбачається експлуатація обладнання. Ці норми встановлюються законодавчо для кожної країни окремо й можуть суттєво відрізнятись. В Україні для приміщень підприємств харчування встановлена санітарна норма по шуму в 70 дБА.

Універсальна кухонна машина УКМ виробляється серійно в Росії Пермським заводом торговельного машинобудування. Ця машина знайшла широке застосування на підприємствах харчування України й інших країн СНД завдяки своїй компактності, універсальності, технологічній зручності в застосуванні для малих і середніх підприємств харчування й спеціалізованих кондитерських і кулінарних цехів.

Аналіз наукових літературних джерел показав, що результати дослідження ШХ універсальних приводів ПУ-0,6 і П-П були представлені в 2005 році [1]. Ці приводи морально й фізично застаріли й не випускаються в даний час Пермським заводом торгмаш. Публікації по ШХ збивальної машини УКМ у технічній літературі відсутні. Не встановлені закономірності впливу робочого процесу в машині при різних режимах роботи.

Мета дослідження: Метою статті є визначення та встановлення закономірності шумових характеристик (ШХ) роботи

збивальної кухонної машини УКМ у робочому процесі, при різних швидкостях обертання робочого органу і ємкості продукту різної щільності.

Основні матеріали досліджень: Приводом машини служить двошвидкісний електродвигун і двоступінчастий редуктор. У результаті на вихідному валу створюється дві швидкості: $17,8 \text{ c}^{-1}$ і $34,5 \text{ c}^{-1}$.

Конструкція машини включає привод зі змінними механізмами різного функціонального призначення. У даній роботі розглядаються ШХ привода й машини зі змінним збивальним механізмом.

Дослідження проводилися в ревербераційній камері лабораторії віброакустики ДонНУЕТ атестованим шумоміром 00023 RFT (Німеччина) згідно зі стандартом ISO «Акустика» 3743-1-94 по характеристиці А і в октавних смугах частот.

Аналіз ШХ привода УКМ в рівнях звукової потужності (РЗП) показав, що найбільші значення РЗП припадають на середні частоти $500 \dots 1000 \text{ Гц}$ і на частоту 2000 Гц , але ці значення не перевищують гранично допустимих шумових характеристик (ГДШХ) як на частоті обертання вихідного вала $17,8 \text{ c}^{-1}$, так і $34,5 \text{ c}^{-1}$. Це перевищення більше на високих частотах $2000 \dots 8000 \text{ Гц}$ від $8 \dots 14 \text{ дБ}$. Що стосується характеристики А, то спостерігається перевищення ГДШХ на 4 дБ при роботі на $34,5 \text{ c}^{-1}$.

Приєднання до привода змінного збивального механізму приводить до виникнення ще двох основних частот обертання збивателя: $21,45 \text{ c}^{-1}$, при частоті обертання вихідного вала $17,8 \text{ c}^{-1}$ і $41,45 \text{ c}^{-1}$ при частоті $34,5 \text{ c}^{-1}$. ШХ збивальної машини при роботі без навантаження відрізняються в гіршу сторону. Для $21,45 \text{ c}^{-1}$ на низьких частотах – на $13 \dots 14 \text{ дБ}$, на середніх частотах – на $1 \dots 5 \text{ дБ}$, а на високих – на $5 \dots 9 \text{ дБ}$, по характеристиці А – без змін.

Перевищення ГДШХ в октавних смугах частот спостерігається на частотах 1000 і 2000 Гц . Що стосується частоти обертання збивателя $41,45 \text{ c}^{-1}$, то погіршення ШХ машини відбувається на низьких частотах – на $3 \dots 10 \text{ дБ}$, середніх – практично без змін, а на високих – на 3 дБ на 2000 і 4000 Гц , по характеристиці А – на 3 дБ . Перевищення ГДШХ в октавних смугах частот при цьому не спостерігається. Таким чином, навіть при роботі збивальної машини УКМ на холостому ході на частоті обертання збивателя $41,45 \text{ c}^{-1}$ наступає перевищення ГДШХ на октавній частоті 1000 і 2000 Гц .

Згідно з цим були сплановані експериментальні дослідження ШХ машини від частоти обертання робочого органу – $X_1, \text{ c}^{-1}$, об'єму

рідини – X_2 , м³, щільності рідини – X_3 , г/л. Матриця планування відповідає схемі 2³. Межі зміни факторів, основні рівні та інтервали варіювання факторів наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Рівні та інтервали варіювання факторів

Рівні		Фактори			
		Частота обертання, X_1, c^{-1}	Об'єм рідини, $X_2, м^3$	Щільність рідини, $X_3, г/л$	
Основний	0	31,45	11	1,075	
Верхній	+1	41,45	13	1,15	
Нижній	-1	21,45	9	1,0	
Інтервал варіювання		Δi	20	4	0,15

Таблиця 2

Матриця планування експерименту звукової потужності

№	Фактори			Функція відгуку звукової потужності, дБ			
	x_1	x_2	x_3	Середнє звукової потужності, $L_{p_{cp}}$	Середнє на низьких частотах (125 Гц), $L_{p_{125}}$	Середнє на середніх частотах (1000 Гц), $L_{p_{1000}}$	Середнє на високих частотах (4000 Гц), $L_{p_{4000}}$
1	+	+	+	85,7	62,3	78,7	70
2	+	-	-	84	62,7	75	69,6
3	+	+	-	84	62,7	75,3	67
4	-	-	-	77	51,3	69	54,3
5	-	+	+	79	54	69,7	50
6	-	-	+	75,7	50,7	68,3	50
7	+	-	+	84,3	62,7	76,3	66,3
8	-	+	-	77	51	69,3	55,3

Після перевірки коефіцієнтів регресії і адекватності отримана багатофакторна модель рівня звукової потужності в кодованих значеннях факторів:

$$L_{p_{cp}} = 80,837 + 3,663 \cdot x_1 + 0,5875 \cdot x_2 + 0,3375 \cdot x_3 + 0,5875 \cdot x_2 \cdot x_3 \quad (1)$$

Отримане рівняння в натуральних значеннях факторів:

$$L_{cp}(n, V, \rho) = 82,624 + 0,18315 \cdot n - 0,905 \cdot V - 8,52 \cdot \rho + 0,98 \cdot V \cdot \rho, \text{ дБ} \quad (2)$$

Для перевірки:

– якщо підставити в отримане рівняння верхній (максимальний) рівень $n=41,45 \text{ с}^{-1}$; $V=13 \text{ м}^3$; $\rho=1,15 \text{ г/л}$, тоді рівень звукової потужності $L_{pcp} = 83,28 \text{ дБ}$;

– якщо підставити в нижній (мінімальний) рівень $n=21,45 \text{ с}^{-1}$; $V=9 \text{ м}^3$; $\rho=1,0 \text{ г/л}$, тоді рівень звукової потужності $L_{pcp}=78,69 \text{ дБ}$.

Якщо «закріпити» значення фактору $x_1=1$, тоді рівняння в кодованих значеннях факторів спрощується у вид:

$$L_p(x_2, x_3) = 84,5 + 0,5875 \cdot x_2 + 0,3375 \cdot x_3 + 0,5875 \cdot x_2 \cdot x_3. \quad (3)$$

Поверхня відгуку рівняння графічно представлена на рис. 1,а. Для більш детального аналізу залежності звукового тиску був побудований контурний графік (рис. 1,б).

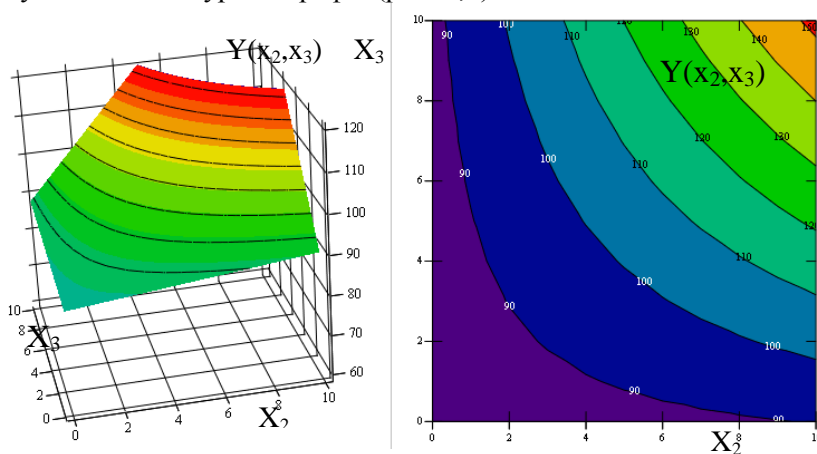


Рис.1. Графік поверхні функції регресії L_p (а) і графік ліній рівня (б) регресії L_p від виду і об'єму продукту

Отримана багатofакторна модель рівня звукової потужності на низьких (125 Гц), середніх (1000 Гц) та високих частотах (4000 Гц) в кодованих значеннях:

$$L_{p125}(x_1, x_2, x_3) = 57,175 + 5,425 \cdot x_1 + 0,325 \cdot x_2 + 0,25 \cdot x_3 - 0,425 \cdot x_1 x_2 - 0,35 \cdot x_1 x_3 + 0,4 \cdot x_2 x_3 \quad (4)$$

$$L_{p1000}(x_1, x_2, x_3) = 72,7 + 3,625 \cdot x_1 + 0,55 \cdot x_2 + 0,55 \cdot x_3 - 0,125 \cdot x_1 x_2 - 0,625 \cdot x_1 x_3 + 0,4 \cdot x_2 x_3 \quad (5)$$

$$L_{p4000}(x_1, x_2, x_3) = 60,31 + 7,91 \cdot x_1 + 0,26 \cdot x_2 - 1,24 \cdot x_3 - \\ - 0,0125 \cdot x_1 x_2 + 1,16 \cdot x_1 x_3 + 0,66 \cdot x_2 x_3 \quad (6)$$

Підставами в отримані рівняння розкодовані значення перемінних:

$$L_{p125}(n, V, \rho) = 48,05 + 0,455 \cdot n - 0,468 \cdot V - 1,99 \cdot \rho - \\ - 0,0053 \cdot V \cdot n - 0,116 \cdot n \cdot \rho + 0,67 \cdot V \cdot \rho. \quad (7)$$

$$L_{p1000}(n, V, \rho) = 61,8 + 0,422 \cdot n - 0,53 \cdot V - 2,88 \cdot \rho - \\ - 0,0015 \cdot V \cdot n - 0,208 \cdot n \cdot \rho + 0,67 \cdot V \cdot \rho. \quad (8)$$

$$L_{p4000}(n, V, \rho) = 82,12 - 0,02 \cdot n - 1,11 \cdot V - 32,52 \cdot \rho + \\ + 0,39 \cdot n \cdot \rho + 1,1 \cdot V \cdot \rho. \quad (9)$$

Якщо підставити в отримане рівняння верхній (максимальний) рівень $n=41,45 \text{ с}^{-1}$; $V=13 \text{ м}^3$; $\rho=1,15 \text{ г/л}$, тоді:

$$L_{p125}=60,08 \text{ дБ}, L_{p1000}=74,97 \text{ дБ}, L_{p4000}=64,23 \text{ дБ}.$$

Якщо підставити в нижній (мінімальний) рівень:

$$L_{p125}=54,08 \text{ дБ}, L_{p1000}=70,25 \text{ дБ}, L_{p4000}=57,3 \text{ дБ}.$$

Найбільш суттєвим фактором є швидкість обертання робочого органу. Робочий процес збивання продуктів також впливає на формування шумових характеристик УКМ але не істотно.

Висновки: Рівень звукової потужності, що випромінюється збивальною машиною УКМ по характеристиці А перевищує ГДШХ на 7 дБА при роботі машини із продуктом. В октавних смугах частот «найнебезпечнішою» є частота 1000 Гц, перевищення ГДШХ досягає 3 дБ. Робота машини на більш високій швидкості обертання погіршує її ШХ. Джерелом підвищеного рівня шуму на частоті 1000 Гц є зубчасті передачі як привода, так і змінного збивального механізму.

Список літератури

1. Заплетников И.Н. Виброакустические характеристики оборудования предприятий питания и методы их улучшения. / И.Н.Заплетников – Донецк: ДонНУЭТ, 2005. – 265 с.

Аннотация

ВАРИАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ

ХАРАКТЕРИСТИК МАШИНЫ ДЛЯ ВЗБИВАНИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

В статье представлены регрессионные модели уровня звуковой мощности взбивальной кухонной машины УКМ при различных режимах работы.

Abstract

VARIATIONAL MODEL OF ECOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE MACHINE FOR BEATING FOOD PRODUCTS

The article presents the results of the determination of sound power levels beating machines УКМ in various modes operation.