

**АНАЛІЗ ВАРІАЦІЙНИХ МОДЕЛЕЙ
ЕКОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК МАШИН
ДЛЯ ЗБИВАННЯ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ**

**І.М. Заплетніков, А.К. Пільненко, О.В. Гордієнко,
І.С. Севаторова**

У статті подано регресійні моделі рівня звукової потужності збивальної кухонної машини УКМ за різних режимів роботи. Подано оцінку впливу технологічних параметрів на шумові характеристики універсальної кухонної машини.

Ключові слова: шумова характеристика, універсальна кухонна машина, звукова потужність.

**АНАЛИЗ ВАРИАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ
ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МАШИН
ДЛЯ ВЗБИВАНИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ**

**И.Н. Заплетников, А.К. Пильненко, А.В. Гордиенко,
И.С. Севаторова**

В статье представлены регрессионные модели уровня звуковой мощности взбивальной кухонной машины УКМ при различных режимах работы. Дана оценка влияния технологических параметров на шумовые характеристики универсальной кухонной машины.

Ключевые слова: взбивание, шумовая характеристика, универсальная кухонная машина, звуковая мощность.

**ANALYSIS OF VARIATIONAL MODELS OF ECOLOGICAL
CHARACTERISTICS OF THE MACHINES FOR WHIPPING FOOD**

I. Zapletnikov, A. Pilnenko, A. Gordienko, I. Sevatorova

This article presents the regression models, the sound power level of UKM whipping kitchen machine under various operating conditions. Consistent patterns of noise characteristics (NC) of UKM whipping kitchen machine in the working process, at various rotation speeds of the working body, the volume of the product and different densities are defined and established. NC spectral analysis of UKM machine and its components under different operating conditions was performed. The region of machine NC excess limits was determined and construction changes in whipping kitchen machine for the improvement of vibro-acoustic characteristics were recommended. Technological parameters of noise characteristics of the universal kitchen machine were estimated.

Keywords: *whipping, noise characteristic, universal kitchen machine, the sound power.*

Постановка проблеми у загальному вигляді. Шумові характеристики (ШХ) машин використовуються під час проектування машин на стадії розробки технічного завдання, контролюються на стадії заводських випробувань і під час сертифікації машин. Для кожного виду обладнання, що випускається різними машинобудівними заводами або фірмами, встановлюються гранично допустимі норми з ШХ залежно від санітарних норм до приміщень, у яких передбачається експлуатація обладнання. Ці норми встановлюються законодавчо для кожної країни окремо й можуть суттєво відрізнятися. В Україні для приміщень підприємств харчування встановлена санітарна норма з 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 та інших країн СНД завдяки своїй компактності, універсальності, технологічній зручності в застосуванні для малих і середніх підприємств харчування й спеціалізованих кондитерських і кулінарних цехів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз наукових літературних джерел засвідчив, 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 сьогодні не випускаються даний час Пермським заводом торгмаш. Закономірності впливу робочого процесу в машині при різних режимах роботи потребують подальшого вивчення.

Мета статті. Метою є визначення та встановлення закономірності шумових характеристик (ШХ) роботи збивальної кухонної машини УКМ у робочому процесі, за різних швидкостей обертання робочого органу, ємності продукту та різної щільності.

Виклад основного матеріалу дослідження. Приводом машини УКМ слугує двошвидкісний електродвигун і двоступінчастий редуктор. У результаті на вихідному валу створюються дві швидкості: 17,8 і 34,5 с⁻¹. Дослідження проводилися в ревербераційній камері лабораторії віброакустики ДонНУЕТ атестованим шумоміром 00023 RFT (Німеччина) згідно зі стандартом ISO «Акустика» 3743-1-94 за характеристикою А і в октавних смугах частот. Значення гранично допустимих шумових характеристик (ГДШХ) визначалися відповідно до ГОСТу 27409-97.

Аналіз ШХ приводу УКМ у рівнях звукової потужності (РЗП) показав, що найбільші значення РЗП припадають на середні частоти

500...1000 Гц і на частоту 2000 Гц, але ці значення не перевищують (ГДШХ) як на частоті обертання вихідного вала $17,8 \text{ с}^{-1}$, так і $34,5 \text{ с}^{-1}$. Це перевищення більше на високих частотах 2000...8000 Гц від 8...14 дБ. Що стосується характеристики А, то спостерігається перевищення ГДШХ на 4 дБА під час роботи на $34,5 \text{ с}^{-1}$.

Приєднання до приводу змінного збивального механізму приводить до виникнення ще двох основних частот обертання збивателя: $21,45 \text{ с}^{-1}$ за умови частоти обертання вихідного вала $17,8 \text{ с}^{-1}$ і $41,45 \text{ с}^{-1}$ за умови частоти $34,5 \text{ с}^{-1}$. ШХ збивальної машини під час роботи без навантаження є гіршими. Для $21,45 \text{ с}^{-1}$ на низьких частотах – на 13...14 дБ, на середніх частотах – на 1...5 дБ, а на високих – на 5...9 дБ, за характеристикою А – без змін.

Перевищення ГДШХ у октавних смугах частот спостерігається на частотах 1000 і 2000 Гц. Що стосується частоти обертання збивателя $41,45 \text{ с}^{-1}$, то погіршення ШХ машини відбувається на низьких частотах – на 3...10 дБ, середніх – практично без змін, а на високих – на 3 дБ на 2000 і 4000 Гц, за характеристикою А – на 3 дБА. Перевищення ГДШХ в октавних смугах частот при цьому не спостерігається. Таким чином, навіть під час роботи збивальної машини УКМ на холостому ходу на частоті обертання збивателя $41,45 \text{ с}^{-1}$ відбувається перевищення ГДШХ на октавній частоті 1000 і 2000 Гц. Згідно із цим були сплановані експериментальні дослідження ШХ машини від частоти обертання робочого органу – $X_1, \text{ с}^{-1}$, об'єму рідини – $X_2, \text{ м}^3$, щільності рідини – $X_3, \text{ г/л}$. Матриця планування відповідає схемі 2^3 . Межі зміни факторів, основні рівні та інтервали варіювання факторів наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Рівні та інтервали варіювання факторів

Рівень		Фактор		
		Частота обертання, $X_1, \text{ с}^{-1}$	Об'єм рідини, $X_2, \text{ м}^3$	Щільність рідини, $X_3, \text{ г/л}$
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

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

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

Отримане рівняння в натуральних значеннях факторів:

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

Таблиця 2

Матриця планування експерименту звукової потужності

№ з/п	Фактор			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

Для перевірки:

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

– 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 $L_{p_{cp}} = 78,69 \text{ дБ}$.

Якщо «закріпити» значення фактора $x_1=1$, то рівняння звукової потужності в кодованих значеннях факторів спрощується:

$$L_{p_{2,x_3}} = 84,5 + 0,5875 \cdot x_2 + 0,3375 \cdot x_3 + 0,5875 \cdot x_2 \cdot x_3. \quad (3)$$

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

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

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

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

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

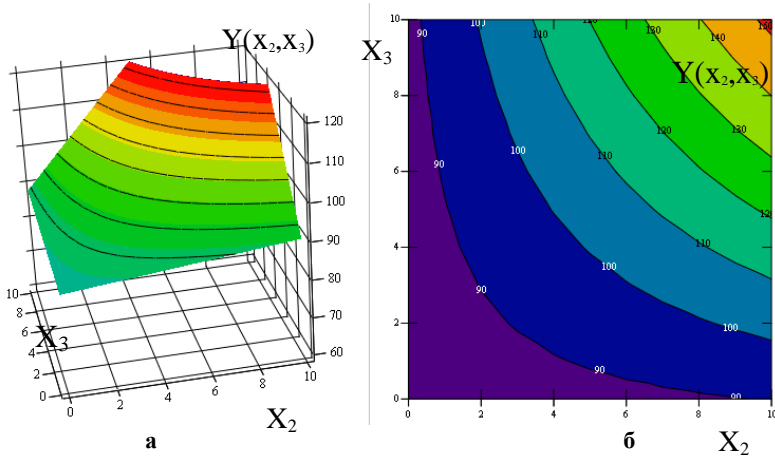


Рис. 1. Графік поверхні функції регресії L_p (а) і графік ліній рівня (б) регресії L_p від виду і об'єму продукту

Підставленнями в отримані рівняння розкодуємо 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 $n = 41,45 \text{ с}^{-1}$; $V = 13 \text{ м}^3$; $\rho = 1,15 \text{ г/л}$, то

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

Якщо підставити в нижній (мінімальний) рівень, то

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

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

Висновки. Уперше виконано спектральний аналіз ШХ машини УКМ і її елементів за різних режимів роботи. Рівень звукової потужності, що випромінюється збивальною машиною УКМ, за характеристикою А перевищує ГДШХ на 7 дБА під час роботи машини з 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 приводу, так і змінного збивального механізму. Установлена область перевищення ШХ машини й запропоновано рекомендації щодо зміни конструкцій збивальних машин УКМ із метою поліпшення віброакустичних характеристик.

Список джерел інформації / References

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

Zapletnikov, I.N. (2005), *Vibroacoustic characteristics of catering equipment and methods to improve them* [Vibroakusticheskie harakteristiki oborudovanija predprijatij pitaniija i metody ih uluchshenija], DonNUJeT, Doneck, 265 p.

2. Исследование влияния технологических параметров на шумовые характеристики взбивальной машины / И. Н. Заплетников, А. К. Пильненко, А. В. Гордиенко, В. А. Кириченко // Прогрессивные технологии и системы машиностроения : межд. сб. науч. трудов. – Донецк : ДНТУ, 2014. – Вып. 3(49). – С. 74–78.

Zapletnykov, Y.N., Pilnenko, A.K., Hordiienko, A.V., Kirichenko, V.A. (2014), "Study the influence of process parameters on the noise characteristics of the machine beating [Issledovanie vlijaniija tehnologicheskikh parametrov na shumovye harakteristiki vzbival'noj mashiny]", DNTU, Doneck, pp. 74-78.

3. Zapletnikov, I., Gordienko, A., Kirichenko, V., Pilnenko, A. (2014), Noise characteristics of universal kitchen vegetable cutter", *Engineering computer and info sciences health science, architecture agricultural sciences*, Issue 7, United States, pp. 19-22.

Заплетніков Ігор Миколайович, д-р техн. наук, проф., інститут харчових виробництв, Донецький національний університет економіки і торгівлі ім. М. Туган-Барановського. Адреса: пров. Театральний, 28, м. Донецьк, Україна, 83050. Тел.: (062)3045046; e-mail: oblagn@kaf.donduet.edu.ua.

Заплетников Игорь Николаевич, д-р техн. наук, проф., інститут пищевых производств, Донецький національний університет економіки и торговли им. М. Туган-Барановского. Адрес: пер. Театральний, 28, г. Донецк, Украина, 83050. Тел.: (062)3045046; e-mail: oblagn@kaf.donduet.edu.ua.

Zapletnikov Igor, Head of the Department of Food Production Equipment, Dr. of technical sciences, Professor, Donetsk National University of Economics and Trade named after M. Tugan-Baranovsky. Address: Theatrical, pr. 28, Donetsk, Ukraine, 83050. Tel. (062)3045046; e-mail: oblagn@kaf.donduet.edu.ua.

Пильненко Антон Костянтинович, канд. техн. наук, ст. викл., інститут харчових виробництв, Донецький національний університет економіки і торгівлі ім. М. Туган-Барановського. Адреса: пров. Театральний, 28, м. Донецьк, Україна, 83050. Тел.: (062)3045046, (095)7092415; e-mail: pilnenko_a@mail.ru.

Пильненко Антон Константинович, канд. техн. наук, ст. преп., інститут пищевых производств, Донецький національний університет економіки и торговли им. М. Туган-Барановского. Адрес: пер. Театральний, 28, г. Донецк, Украина, 83050. Тел.: (095)7092415; e-mail: pilnenko_a@mail.ru.

Pilnenko Anton, PhD. Sc., The Institute of Foodstuff Industries, Donetsk National University of Economics and Trade named after M. Tugan-Baranovsky. Address: Theatrical, pr. 28, Donetsk, Ukraine, 83050. Tel.: (095)7092415, e-mail: pilnenko_a@mail.ru.

Гордієнко Олександр Володимирович, канд. техн. наук, ст. викл., інститут харчових виробництв, Донецький національний університет економіки і торгівлі ім. М. Туган-Барановського. Адреса: пров. Театральний, 28, м. Донецьк, Україна, 83050. Тел.: (062)3045046, (050)2705404; e-mail: gordienko_aleksa@mail.ru.

Гордиенко Александр Владимирович, канд. техн. наук, ст. преп., інститут пищевых производств, Донецький національний університет економіки и торговли им. М. Туган-Барановского. Адрес: пер. Театральний, 28, г. Донецк, Украина, 83050. Тел.: (050)2705404; e-mail: gordienko_aleksa@mail.ru.

Gordienko Alexandr, PhD. Sc., The Institute of Foodstuff Industries, Donetsk National University of Economics and Trade named after M. Tugan-Baranovsky. Address: Theatrical, pr. 28, Donetsk, Ukraine, 83050. Tel.: (050)2705404, e-mail: gordienko_aleksa@mail.ru.

Севаторова Ірина Сергіївна, асист., інститут харчових виробництв, Донецький національний університет економіки і торгівлі ім. М. Туган-Барановського. Адреса: пров. Театральний, 28, м. Донецьк, Україна, 83050. Тел.: (062)3045046; e-mail: sevatorovairina@rambler.ru.

Севаторова Ирина Сергеевна, ассист., институт пищевых производств, Донецкий национальный университет экономики и торговли им. М. Туган-Барановского. Адрес: пер. Театральный, 28, г. Донецк, Украина, 83050. Тел.: (062)3045046, e-mail: sevatorovairina@rambler.ru.

Sevatorova Irina, assistant, The Institute of Foodstuff Industries, Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhailo Tugan-Baranovsky. Address: Theatrical, pr. 28, Donetsk, Ukraine, 83050. Tel.: (062)3045046, e-mail: sevatorovairina@rambler.ru.

*Рекомендовано до публікації д-ром техн. наук В.М. Михайловим.
Отримано 1.08.2014. ХДУХТ, Харків.*

УДК 664.83.002.5

РУЙНУВАННЯ АДГЕЗІЙНО-КОГЕЗІЙНОЇ ВЗАЄМОДІЇ ГРУНТОВОГО ЗАБРУДНЕННЯ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ ПОТОКОМ ВОДИ

О.М. Всеволодов

Розглянуто припущення щодо відповідності розмивної швидкості води в каналах та руслах швидкості потоку води, що видаляє забруднення з поверхні рослинної сировини в мийних машинах. Були спрогнозовані швидкості потоку в інтервалі глибин від 0,05 до 0,4 м. Згідно з теорією Мора, отримано залежність, яка є правилом вибору розмивної швидкості потоку в мийних машинах для рослинної сировини. Показано, що розмивна швидкість потоку води залежить від адгезійно-когезійних характеристик ґрунтових забруднень, а також обґрунтовано доцільність проведення технологічного процесу «сухого миття» з метою значного зменшення ґрунтових забруднень на сировині та зрештою зменшення витрат чистої води.

Ключові слова: *розмив, швидкість, межа, адгезія, когезія, потік, канал, русло.*

РАЗРУШЕНИЕ АДГЕЗИОННО-КОГЕЗИОННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПОЧВЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ ПОТОКОМ ВОДЫ

А.Н. Всеволодов

Рассмотрено предположение о соответствии размывной скорости воды в каналах скорости омывающего потока воды в моечной машине для смыва загрязнений с поверхности растительного сырья. Воспользовавшись принципом аналитического продолжения, были спрогнозированы скорости