

ТЕХНІКА

УДК 641.51.06:628.517

Заплетніков І.М., д-р техн. наук, проф.,
Кіріченко В.О., канд. техн. наук,
Трубівська І.Є.

Донецький національний університет економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського, м. Донецьк, Україна,
e-mail: obladrn@kaf.donduet.edu.ua

**СПЕКТРАЛЬНИЙ АНАЛІЗ ШУМОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК
ЗБИВАЛЬНОЇ УНІВЕРСАЛЬНОЇ КУХОННОЇ МАШИНИ**

Zapletnikov I.M., Dr. Sc. (Tehn.), Prof.,
Kirichenko V.O., Cand. Sc. (Tehn.),
Trubiyeva I.E.

Donetsk National University of Economics and Trade named after Mykhayilo Tugan-Baranovsky, Donetsk, Ukraine,
e-mail: obladrn@kaf.donduet.edu.ua

**SPECTRAL ANALYSIS OF NOISE CHARACTERISTICS
OF BEATING UNIVERSAL KITCHEN MACHINES**

Мета. Метою статті є визначення й аналіз шумових характеристик (ШХ), встановлення відповідності шумових характеристик збивальної кухонної машини УКМ-07-01 гранично допустимим значенням.

Методика. ШХ визначали відповідно до міжнародних стандартів ISO 3743-1-94, 3743-2-94 у ревербераційному приміщенні. Значення гранично допустимих шумових характеристик (ГДШХ) визначалися згідно з ГОСТом 27409-97.

Результати. На основі проведених досліджень встановлено ШХ приводу машини, машини в цілому в режимах холостого ходу й під навантаженням на двох швидкостях роботи приводу, а також за умови різного наповнення машини продуктом. Визначено величини перевищення ГДШХ машиною в різних режимах її роботи.

Наукова новизна. Уперше виконано спектральний аналіз ШХ машини УКМ і її елементів за різних режимів роботи.

Практична значущість. Встановлено область перевищення ШХ машини ГДШХ і запропоновано рекомендації щодо зміни конструкцій збивальних машин УКМ з метою поліпшення віброакустичних характеристик.

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

Постановка проблеми. Шумові характеристики машин використовуються у проектуванні машин на стадії розробки технічного завдання, контролюються на стадії заводських випробувань і за умови сертифікації машин.

Для кожного виду обладнання, що випускається різними машинобудівними заводами або фірмами, встановлюються гранично допустимі норми 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 встановлено санітарну норму щодо шуму в 70 дБА. Розрахунки ГДШХ досліджуваної машини виконано відповідно до ГОСТу 27409-97 і наведено в таблиці 1.



Таблиця 1 – Гранично допустимі шумові характеристики

Рівні звукової потужності, дБА, дБ	А	Середньогеометричні значення в октавних смугах частот, Гц							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
	77	94	86	79	75	72	70	68	66

Проведені дослідження входять до фундаментальної держбюджетної теми ДонНУЕТ Д 2013-1 «Віброакустика обладнання харчових виробництв. Теорія, експеримент, еволюція», що виконується на замовлення МОН України.

Універсальна кухонна машина УКМ виробляється серійно в Росії Пермським заводом торговельного машинобудування. Ця машина набула широкого застосування на підприємствах харчування України й інших країн СНД завдяки своїй компактності, універсальності, технологічній зручності у використанні для малих і середніх підприємств харчування й спеціалізованих кондитерських і кулінарних цехів. Конструкція машини включає привод зі змінними механізмами різного функціонального призначення. У цій роботі розглядаються ШХ приводу й машини зі змінним збивальним механізмом.

Приводом машини є двошвидкісний електродвигун і двоступінчастий редуктор. У результаті на вихідному валу створюється дві швидкості – $17,8 \text{ с}^{-1}$ і $34,5 \text{ с}^{-1}$.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз останніх публікацій з цієї проблеми показав, що результати дослідження ШХ універсальних приводів ПУ-0,6 і П-П були наведені в роботі [1]. Ці приводи морально й фізично застаріли, і сьогодні Пермський завод «Торгмаш» їх не випускає. Публікацій щодо ШХ збивальної машини УКМ у технічній літературі немає.

Формування цілей статті. Метою статті є визначення й аналіз шумових характеристик (ШХ), встановлення відповідності шумових характеристик збивальної кухонної машини УКМ-07-01 гранично допустимим значенням.

Виклад основного матеріалу дослідження. Дослідження здійснювалися 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. Результати досліджень подано в таблиці 2.

ШХ приводу УКМ у рівнях звукової потужності (РЗП) в октавних смугах частот наведено на рисунку 1 порівняно із ГДШХ. Аналіз ШХ 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 $34,5 \text{ с}^{-1}$. За умови частоти обертання $34,5 \text{ с}^{-1}$ ШХ вище, ніж на частоті $17,8 \text{ с}^{-1}$ на 3...14 дБ. Це перевищення більше на високих частотах 2000...8000 Гц від 8...14 дБ. Що стосується характеристики А, то спостерігається перевищення ГДШХ на 4 дБА в разі роботи на $34,5 \text{ с}^{-1}$.

Приєднання до приводу змінного збивального механізму приводить до виникнення ще двох основних частот обертання збивателя, а саме $21,45 \text{ с}^{-1}$, якщо частота обертання вихідного вала становить $17,8 \text{ с}^{-1}$, і $41,45 \text{ с}^{-1}$ за наявності частоти $34,5 \text{ с}^{-1}$. ШХ збивальної машини в разі роботи без навантаження є іншими. Відповідно до рисунка 2, 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 в 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 ході на частоті обертання збивателя $41,45 \text{ с}^{-1}$ наявне перевищення ГДШХ на октавній частоті 1000 і 2000 Гц.



Таблиця 2 – Рівні звукової потужності УКМ і гранично допустимі шумові характеристики

Найменування	Середньгеометричні значення октавних частот, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Привод універсального кухонного механізму за умови 17,8 с ⁻¹ , дБ	44	50	58	70	65	60	48	38
Перевищення ГДШХ, дБ	–	–	–	–	–	–	–	–
Привод універсального кухонного механізму за умови 34,5 с ⁻¹ , дБ	44	53	61	74	69	68	60	52
Перевищення ГДШХ, дБ	–	–	–	–	–	–	–	–
Збивальний універсальний кухонний механізм на холостому ходу за швидкості 21,45 с ⁻¹ , дБ	47	54	67	69	67,7	63,3	51	37,6
Перевищення ГДШХ, дБ	–	–	–	–	–	–	–	–
Збивальний універсальний кухонний механізм на холостому ходу за швидкості 41,45 с ⁻¹ , дБ	63,8	66,2	74,5	74	74	73,1	68,7	59,5
Перевищення ГДШХ, дБ	–	–	–	–	2	3,1	0,7	–
Збивальний універсальний кухонний механізм (вода – 9 літрів) за швидкості 21,45 с ⁻¹ , дБ	47,3	51,3	62	69,8	69	62,3	54,3	51
Перевищення ГДШХ, дБ	–	–	–	–	–	–	–	–
Збивальний універсальний кухонний механізм (вода – 9 літрів) за швидкості 41,45 с ⁻¹ , дБ	53,3	62,7	72,7	74,3	75	71	69,6	66
Перевищення ГДШХ, дБ	–	–	–	–	3	1	1,6	–
Збивальний універсальний кухонний механізм (вода – 13 літрів) за швидкості 21,45 с ⁻¹ , дБ	47,7	51	64,3	70	69,3	62	55,3	48,7
Перевищення ГДШХ, дБ	–	–	–	–	–	–	–	–
Збивальний універсальний кухонний механізм (вода – 13 літрів) за швидкості 41,45 с ⁻¹ , дБ	47,7	62,7	64,3	76	75,3	70	67	66
Перевищення ГДШХ, дБ	–	–	–	1	3,3	–	–	–

ШХ збивальної машини УКМ подано на рисунку 3. Як навантаження на початку досліджень використовувалася вода. У бачок заливалося 9 л води (45% від об'єму бачка, ємністю 20 л) Досліджувалися ШХ машини за частоти обертання збивателя 21,45 с⁻¹ і 41,45 с⁻¹. На графіку зазначали дані ГДШХ. Порівняння ШХ машини за умови роботи під навантаженням і без показало, що на низьких частотах 63, 125, і 500 Гц залишилися без зміни, а на частоті 250 Гц навіть зменшилися на 5 дБ. На частотах 1000, 4000 і 8000 Гц спостерігалася погіршення ШХ відповідно на 4 дБ, 3 дБ і найбільш суттєво на 13 дБ. Характеристика А залишилася без зміни. Перевищення ГДШХ на цій частоті обертання не спостерігалася. На частоті обертання 41,45 с⁻¹ відбулося перевищення ГДШХ на частоті 1000 Гц. На низьких частотах спостерігалася зниження значень РЗП за умови роботи під навантаженням, в порівнянні з роботою без навантаження. На середніх частотах ШХ залишилися без зміни, а на частотах 4000 і 8000 Гц ШХ зростають відповідно на 1...3 дБ. Порівняння графіків ШХ машини при роботі під навантаженням (45% від обсягу) показує, що ШХ зростають зі збільшенням частоти обертання збивателя по всіх октавних смугах частот.



На рисунку 4 подана зміна ШХ машини в разі збільшення навантаження на збивателі. Зі збільшенням об'єму рідини, що перемішується, до 65% (13 л води) за наявності нижчої частоти обертання збивателя ШХ на низьких, середніх і високих частотах практично не змінюються (лише на частоті 8000 Гц знизилися на 3 дБ). Разом з тим на частоті 1000 Гц спостерігається перевищення ГДШХ на 5 дБ. Зі збільшенням навантаження на робочий орган зростає й ШХ машини на 7 дБА за характеристикою А. Збільшення об'єму рідини, що перемішується, у бачку машини несуттєво позначилося на ШХ в октавних смугах частот, а зміна швидкості обертання збивателя призвела до погіршення ШХ.

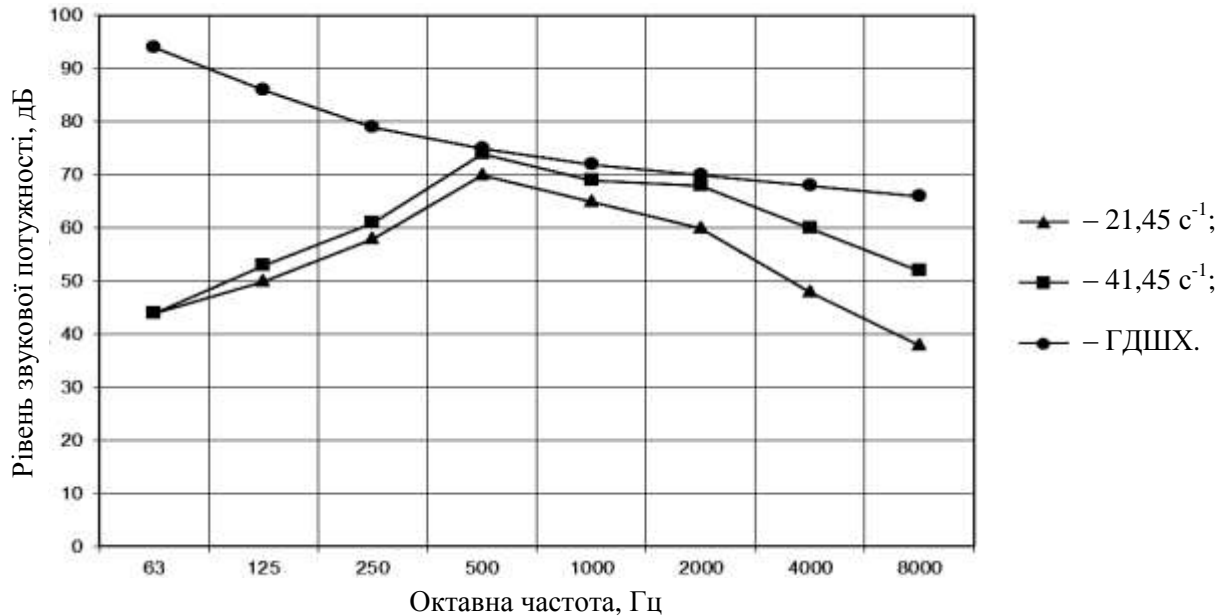


Рисунок 1 – Графік рівнів звукової потужності в октавних смугах частот. Привод УКМ

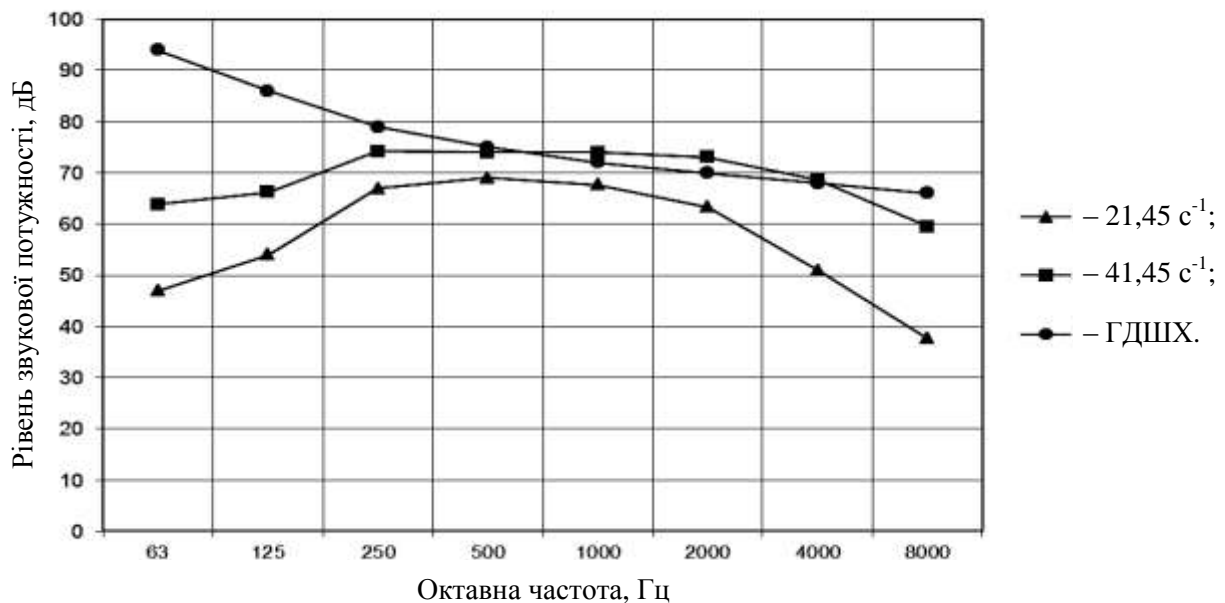


Рисунок 2 – Графік рівнів звукової потужності в октавних смугах частот. Збивальний механізм (холостий хід)

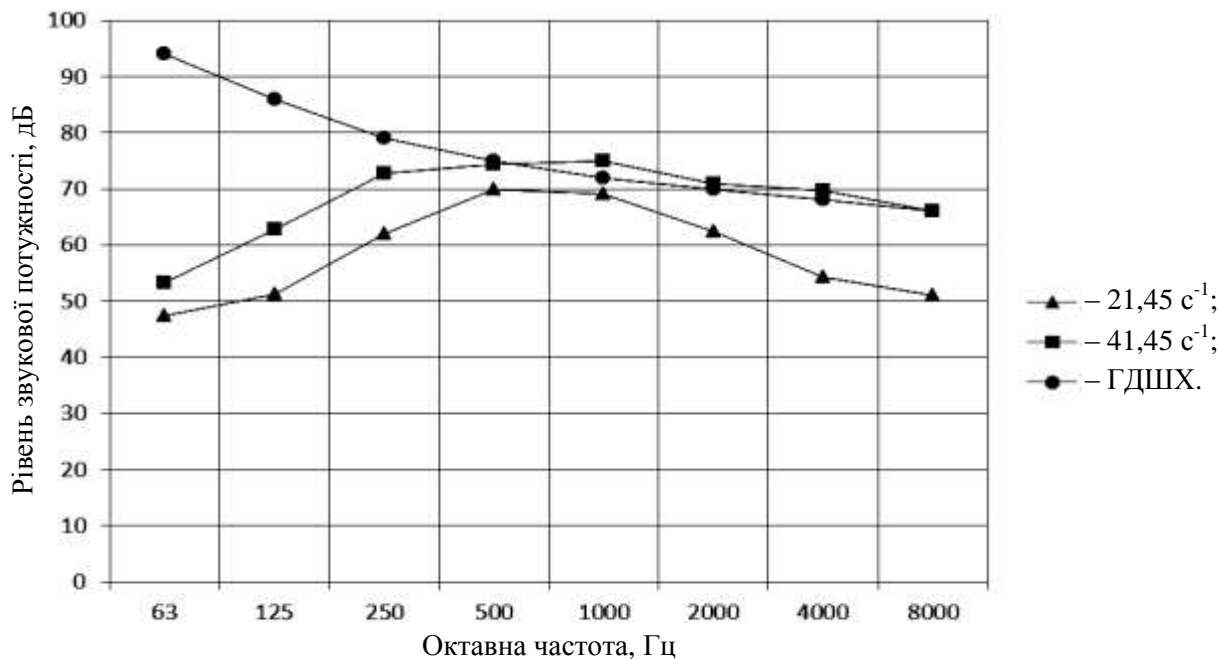


Рисунок 3 – Графік рівнів звукової потужності в октавних смугах частот. Збивальний механізм (вода – 9 літрів, 45% від об'єму бачка)

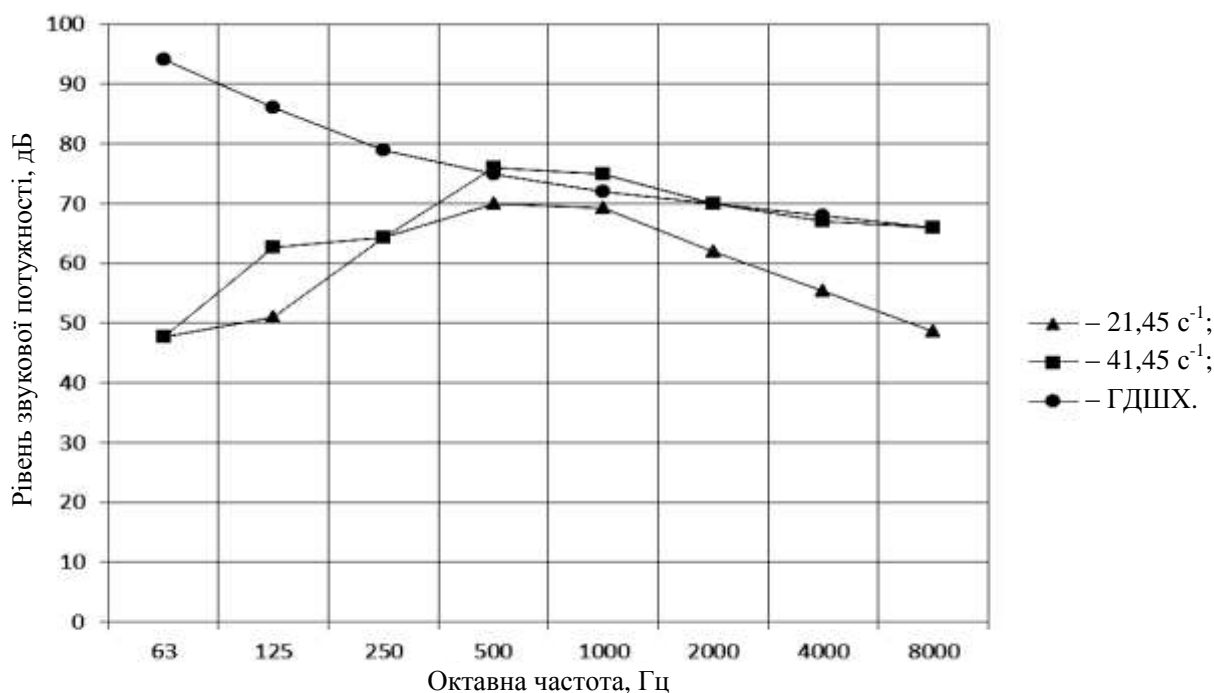


Рисунок 4 – Графік рівнів звукової потужності в октавних смугах частот. Збивальний механізм (вода – 13 літрів, 65% від об'єму бачка)

У ході досліджень було виявлено коливання машини, амплітуда коливань приводу зі змінним механізмом у горизонтальній площині досягала 10 мм і зростала зі збільшенням об'єму рідини, що перемішувалася. Це явище пов'язане з недостатнім урівноважуванням блока збивателя, конструкцією кріплення бачка ексцентриковими затискачами, а також недостатньою твердістю стійки кріплення змінного механізму та приводу до плити підставки.



Висновки. Рівень звукової потужності, що випромінюється збивальною машиною УКМ, за характеристикою А перевищує ГДШХ на 7 дБА за умови роботи 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 приводу, так і змінного збивального механізму.

Перспективами подальших досліджень у цьому напрямку є визначення впливу щільності продукту на ШХ збивальної машини УКМ.

Список літератури / 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), Vibroakusticheskiye kharakteristiki oborudovaniya predpriyatiy pitaniya i metody ikh uluchsheniya [Vibroacoustic characteristics of catering equipment and methods to improve them], DonNUET, Donetsk, Ukraine, 265 p.

Цель. Целью статьи является определение и анализ шумовых характеристик (ШХ), установление соответствия шумовых характеристик взбивальной кухонной машины УКМ-07-01 предельно допустимым значением.

Методика. Определение ШХ производилось в соответствии с международными стандартами ISO 3743-1-94, 3743-2-94 в реверберационном помещении. Значения предельно допустимых шумовых характеристик (ПДШХ) определялись в соответствии с ГОСТом 27409-97.

Результаты. На основе проведенных исследований установлены ШХ привода машины, машины в целом в режимах холостого хода и под нагрузкой на двух скоростях работы привода, а также при различном наполнении машины продуктом. Определены величины превышения ПДШХ машиной в различных режимах ее работы.

Научная новизна. Впервые выполнен спектральный анализ ШХ машины УКМ и ее элементов в различных режимах работы.

Практическая значимость. Установлена область превышения ШХ машины ПДШХ и предложены рекомендации по изменению конструкций взбивальных машин УКМ с целью улучшения виброакустических характеристик.

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

Objective. The article aims at identifying and analyzing the noise characteristics (NC), the establishment of noise characteristics correspondence of Beating kitchen machine UKM-07-01 maximum permissible value.

Methods. Determination of NC was carried out in accordance with international standards ISO 3743-1-94, 3743-2-94 in reverberant room. MANC values were determined in compliance with GOST 27409-97.

Results. Research-based set NC drive machines, generally at idle and under load at two speeds of the drive, as well as various filling machine product. The values of excess MANC machine in different modes of work were defined.

Scientific novelty. For the first has been performed spectral analysis of NC UKM machine and its components in various modes.

Practical value. Was defined range of excess NC MANC machines and offered recommendations for changing designs of Beating machines UKM to improve NC vibroacoustic characteristics.

Key words: whipping, cooking machine, noise characteristic, the sound power.

Рекомендовано до публікації д-ром техн. наук, проф. Михайловим О.М. Дата надходження рукопису 29.09.2013 р.