

УДК 641.51.06:62.8.517

**И.Н. Заплетников**, д-р техн. наук, проф.,**В.А. Кириченко** канд. техн. наук,**А.К. Пильненко** канд. техн. наук,**А.В. Гордиенко** канд. техн. наук,

Донецкий национальный университет экономики и торговли  
имени Михаила Туган-Барановского, Украина  
тел./факс: +38 (062) 304-50-46; e-mail: [obladn@kaf.donduet.edu.ua](mailto:obladn@kaf.donduet.edu.ua)

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА ШУМОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЗБИВАЛЬНОЙ МАШИНЫ

*В статье представлены результаты определения уровней звуковой мощности взбивальной машины на базе универсальной кухонной машины с продуктом различной плотности переменного объема взбивания и скоростей вращения взбивателя. Установлены области превышения предельно допустимых значений и источники повышенного шума. Проведен анализ шумовых характеристик и дана оценка влияния технологических параметров на эти характеристики, указаны направления совершенствования конструкции взбивальных машин.*

**Ключевые слова:** взбивальная машина, шумовая характеристика, плотность, объем, бачок, частота вращения, взбиватель.

### 1. Введение

В связи с повышенным спросом у населения разнообразных кондитерских и кулинарных изделий возникает потребность в интенсивном использовании взбивальных машин. Среди многочисленных конструкций этих машин производства СНГ и зарубежных фирм наибольшее распространение на Украине получила взбивальная машина на базе универсальной кухонной машины (УКМ), выпускаемая серийно Пермским заводом торгового машиностроения. Вместе с выполнением технологических функций эта машина создает и повышенный уровень шума при работе с продуктом, хотя при работе на холостом ходу ее шумовые характеристики (ШХ) не превышают допустимых санитарных и строительных норм.

Шумовые характеристики машин существенно влияют на санитарно-гигиенические условия работы обслуживающего персонала производственных цехов предприятий питания, специализированных кондитерских и кулинарных цехов. В этих цехах, как правило, устанавливается не одна, а несколько машин. Это приводит к дополнительному возрастанию уровня шума в цехе. Предельно допустимые шумовые характеристики (ПДШХ) оборудования должны учитывать поправку на групповую установку оборудования. Согласно ГОСТ 12.1.023-80 и СН 42-123-5777-91 ПДШХ зависят от расстояния между машинами и количества рядов. В производственных цехах предприятий питания чаще всего используют две-три машины, установленные в один ряд согласно СНиП на расстоянии 1,5 м друг от друга.

На Украине для производственных цехов предприятий питания установлена поправка в 5 дБ (дБА). Расчет ПДШХ для взбивальной машины УКМ производился в соответствии с действующим на Украине ГОСТ 12.1.023-80 и межгосударственным стандартом ГОСТ 30530-97 «Методы расчета предельно допустимых шумовых характеристик [1] стационарных машин» при работе с продуктом и приведены на графиках ШХ.

Сравнение ШХ взбивальной машины УКМ с рассчитанными ПДШХ позволит установить направление совершенствования конструкции машины для повышения ее технического уровня.

Анализ последних публикаций по данной проблеме показал, что исследования ШХ взбивальных машин типа МВ-6; МВ-35 М; МВ-60 и привода П-П с взбивальным механизмом были опубликованы ранее в монографии И.Н. Заплетникова [2]. Что касается исследования влияния работы универсальной взбивальной кухонной машины в различных режимах на ее ШХ, сведений в технической литературе нет.

Целью работы является установление ШХ взбивальной машины на базе УКМ при различных скоростях вращения взбивателя и различной емкости бачка с продуктом различной плотности. Сравнение ШХ машины с ПДШХ по характеристике  $A$  и в октавных полосах частот. Определение величин превышения ПДШХ и установление направления совершенствования конструкции машины.

## 2. Основное содержание и результаты работы

Исследование ШХ взбивальной машины УКМ проводилось в ревербационной камере лаборатории виброакустики ДонНУЭТ аттестованным шумомером 00023 RFT (Германия) в соответствии со стандартом 3743-2-94 ISO «Акустика». Измерялись ШХ по характеристике  $A$  и в октавных полосах частот [1].

В качестве взбиваемой жидкости использовалась вода и модельная жидкость плотностью  $1,022 \text{ кг/м}^3$  и  $1,15 \text{ кг/м}^3$ . Модельная жидкость имитировала вафельный крем. ШХ машины измерялись при заполнении бачка машины на 9 л и 13 л объема жидкости, что составило соответственно  $K=0,45$  и  $K=0,65$  объема бачка 20 л. Использовался прутковый взбиватель.

На рисунках 1 и 2 приведены ШХ машины в октавных полосах частот при заполнении бачка водой и коэффициентами заполнения соответственно  $K=0,45$  и  $K=0,65$  при различной частоте вращения взбивателя  $n=21,45 \text{ с}^{-1}$  и  $n=41,45 \text{ с}^{-1}$ .

Анализ показал, что на низких частотах (63-250 Гц) машина под нагрузкой при  $n=21,45 \text{ с}^{-1}$  ШХ машины ниже, чем при работе на холостом ходу. На средних и на высокой частоте 2000 Гц остаются без изменений, а на частотах 4000 и 8000 Гц возрастают соответственно на 3 дБ и 13 дБ.

На частоте вращения взбивателя  $n=41,45 \text{ с}^{-1}$  на низких частотах наблюдается аналогичная картина с предыдущим режимом работы, на средних и частоте 2000 Гц и 4000 Гц ШХ не изменяются и лишь на частоте 8000 Гц уровень звуковой мощности (УЗМ) – возрастает на 2 дБ.

Таким образом, при работе машины под нагрузкой по сравнению с холостым ходом ШХ на низких частотах снижаются за счет выбора люфтов и зазоров в приводе взбивателя. Одновременно с этим наблюдается и возрастание ШХ на высоких частотах за счет возрастания нагрузки на привод и силы удара в зубчатых зацеплениях [2].

Сравнение ШХ машины при различных скоростях вращения взбивателя показало, что они практически совпадают, но по характеристике  $A$  с увеличением скорости вращения взбивателя УЗМ возрастает на 7 дБА.

Сравнение уровня звуковой мощности (УЗМ) в октавных полосах частот с ПДШХ показало превышение допустимых норм на частоте 1000 Гц и по характеристике  $A$  на 3 дБ (дБА).

Графики УЗМ в октавных полосах частот свидетельствуют об увеличении излучаемой машиной акустической мощности с возрастанием частоты вращения взбивателя на низких частотах на 6-11 дБ, на средних частотах – на 4-6 дБ, на высоких

– на 8-16 дБ и с увеличением октавной частоты эта разница возрастает. По характеристике А разница составляет 7 дБА. Подобная закономерность имеет место независимо от степени заполнения объема бачка.

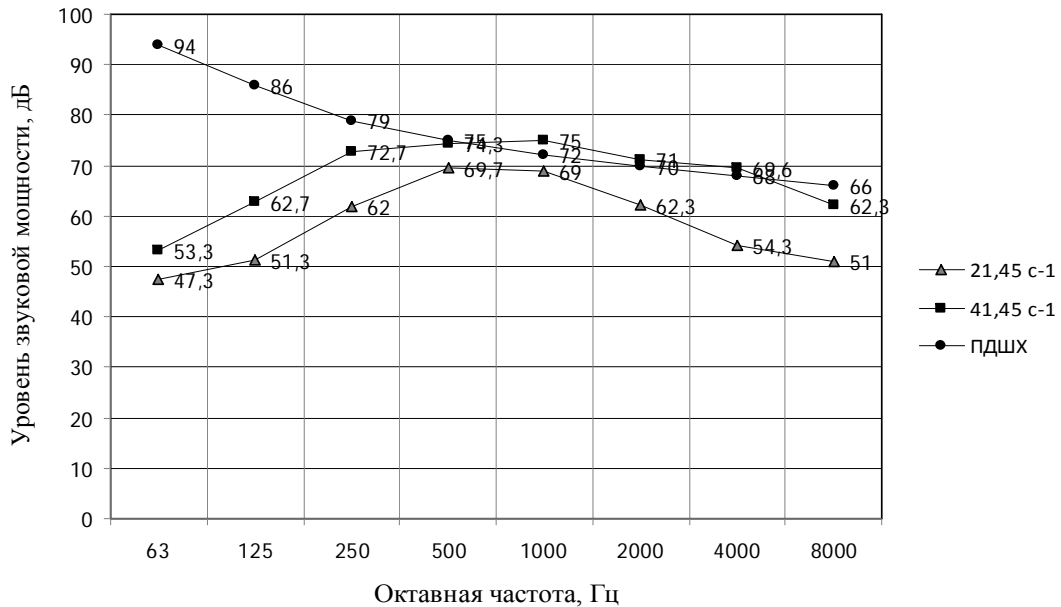


Рис. 1. График уровней звуковой мощности в октавных полосах частот. (Вода K=0,45)

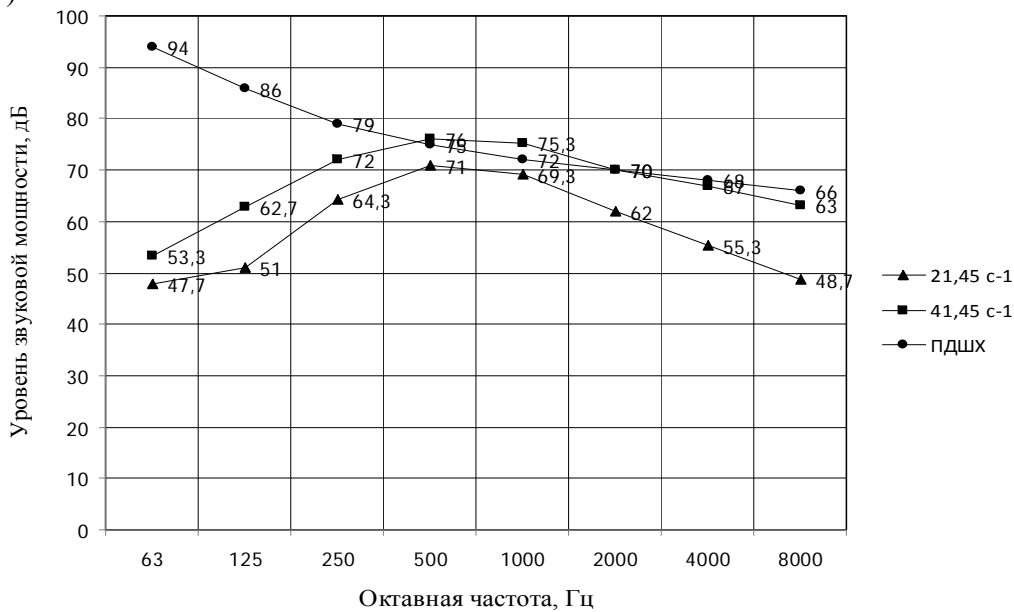


Рис. 2. График уровней звуковой мощности в октавных полосах частот. (Вода K=0,65)

Изменение ШХ взбивальной машины для различной плотности взбиваемого ингредиента (модельной жидкости) при максимально допусаемом заполнении бачка 0,65 и двух скоростях вращения взбивателя приведено на рисунке 3.

Анализ результатов, представленных на этих рисунке, показал, что при плотности взбиваемого материала 1,022 кг/м<sup>3</sup> имеет место превышения ПДШХ на октавной частоте 1000 Гц на 7 дБ, по характеристике А на 8 дБА. На октавных частотах 500 и 9000 Гц – УЗМ достигает ПДШХ на скорости вращения взбивателя 41,45 с<sup>-1</sup>. На

частоте вращения взбивателя  $21,45 \text{ с}^{-1}$  превышение ПДШХ не наблюдается. При увеличении плотности взбиваемой модельной жидкости до  $1,15 \text{ кг/м}^3$  и максимальном заполнении бачка на низшей скорости превышения ПДШХ не наблюдается, хотя наибольшие значения УЗМ приходятся, как и с плотностью  $1,022 \text{ кг/м}^3$ , на средние частоты.

На скорости вращения взбивателя  $41,45 \text{ с}^{-1}$  ШХ машины существенно ухудшаются на средних и высоких частотах, за исключением частоты  $8000 \text{ Гц}$ . Превышение ПДШХ на средних частотах составляет  $3-7 \text{ дБ}$ , на частотах  $2000$  и  $4000 \text{ Гц}$  –  $2-4 \text{ дБ}$ , по характеристике А УЗМ вырастает на  $9 \text{ дБА}$ . Как и в предыдущем случае наибольшее значение УЗМ соответствует октавной частоте  $1000 \text{ Гц}$ .

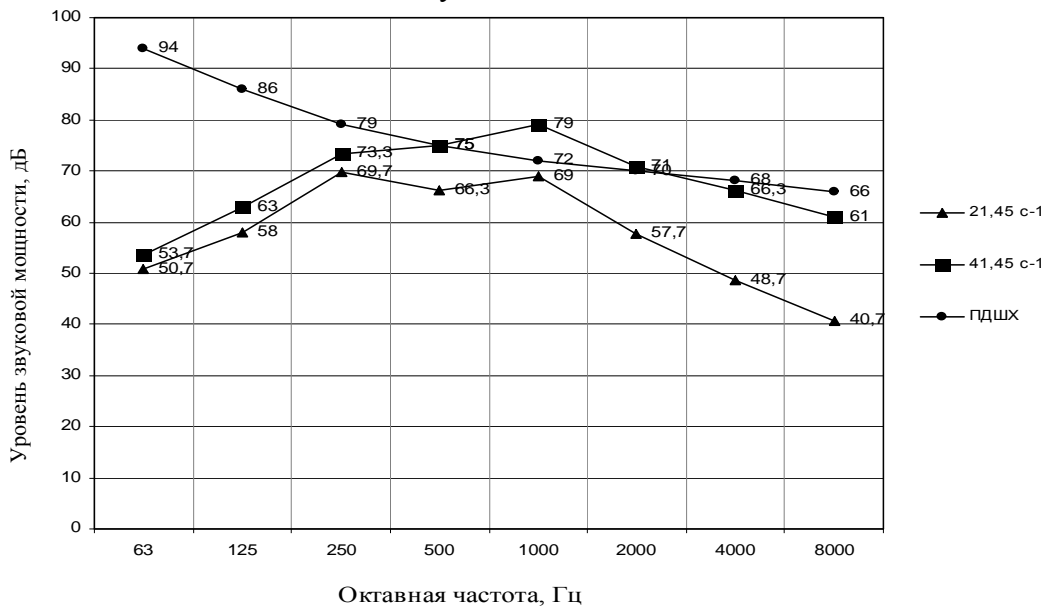


Рис. 3. График уровней взбивальной машины в октавных полосах частот. (Модельная жидкость; плотность  $1,022 \text{ кг/м}^3$ ;  $K=0,65$ )

Таким образом, увеличение плотности взбиваемого материала при максимальной скорости вращения взбивателя негативно сказывается на ШХ машины, УЗМ машины превышают ПДШХ [3].

На шумовую характеристику машины влияет объем заполнения бачка машины, с увеличением объема взбиваемой жидкости нагрузка на рабочий орган и остальные элементы машины возрастают. ШХ на частоте вращения взбивателя  $21,45 \text{ с}^{-1}$  по сравнению с  $K=0,45$ , изменяется незначительно, в т.ч. и по характеристике А. Исключение составляет лишь частота  $8000 \text{ Гц}$ , на которой расхождение составляет  $10 \text{ дБ}$ .

Наибольшее расхождение в ШХ происходит при вращении взбивателя на скорости  $41,45 \text{ с}^{-1}$ . С увеличением объема перемешиваемой жидкости УЗМ возрастает лишь на частоте  $1000 \text{ Гц}$  на  $3 \text{ дБ}$ , на остальных частотах ШХ идентичны. Превышение ПДШХ имеет место на октавной частоте  $1000 \text{ Гц}$ .

Таким образом можно заключить, что степень заполнения бачка на ШХ машины оказывает незначительное влияние, за исключением октавной частоты  $1000 \text{ Гц}$ , как наиболее опасной, связанной с работой приводного механизма машины.

### 3. Общий алгоритм и рекомендации

Выполненные исследования позволили разработать общий алгоритм определения и анализа ШХ технологической машины и рекомендовать направления совершенствования ее конструкции с целью снижения излучаемого шума [3].

#### 4. Заключение

Таким образом, выполненные исследования позволили реализовать следующее:

1. Определить шумовую характеристику взбивальной машины в октавных полосах частот и характеристике А.
2. Установить частотный диапазон превышения шумовой характеристики предельно допустимых значений.
3. Сформулировать направления усовершенствования конструкции машины для улучшения ее шумовой характеристики.

Дальнейшие исследования будут направлены на установление закономерностей и математических моделей изменения шумовой характеристики взбивальной машины с изменением технологических параметров.

#### Список литературы:

1. Инженерная и санитарная акустика. Сборник нормативно-методических документов. – СПб, Компания «Интеграл», 2008. 1 том – 822 стр.
2. Заплетников И.Н. Виброакустические характеристики оборудования предприятий питания и методы их улучшения/ И.Н. Заплетников – Донецк: ДонНУЭТ, 2005. – 265 с.
3. Заплетніков І.М. Основи технічної віброакустики обладнання харчових виробництв: підручник / І.М. Заплетніков, О.В. Гордієнко, А.К. Пільненко, А.В. Коваленко – Донецьк: ДонНУЕТ, 2014 – 225 с.

Надійшла до редколегії 23.05.2014 р.

#### **І.М. Заплетніков, В.О. Кіріченко, А.К. Пільненко, О.В. Гордієнко** **ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ НА ШУМОВІ** **ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗБИВАЛЬНОЇ МАШИНИ**

*В статті представлені результати визначення рівнів звукової потужності збивальної машини на базі універсальної кухонної машини з продуктом різної щільністю змінного об'єму збивання та швидкостей обертання збивача. Встановлено області перевищення гранично допустимих значень і джерела перевищеного шуму. Проведено аналіз шумових характеристик і дана оцінка впливу технологічних параметрів на ці характеристики, вказані напрями вдосконалення конструкції збивальних машин.*

**Ключові слова:** збивальна машина, шумова характеристика, щільність, об'єм, бачок, частота обертання робочого органу збивача.

#### **I.N. Zapletnikov, V.A. Kirichenko, A.K. Pilnenko, A.V. Gordienko** **STUDY THE INFLUENCE OF PROCESS PARAMETERS ON THE NOISE CHARACTERISTICS OF** **THE MACHINE BEATING**

*The article presents the results of the determination of sound power levels beating machines based on universal kitchen machine with the product of different density and variable volume whipping speeds beater. Established area exceedance of limit values and sources of excess noise. Analyzed the noise characteristics and the estimation of the influence of process parameters on these characteristics, indicate the direction of improving the design of machines beating.*

**Keywords:** beating machine, noise characteristic, density, volume, tank, rotating speed, beater.