УДК 628.517.2:640.43/.45

И.Н. Заплетников, И.С. Севаторова
Донецкий национальный университет экономики и торговли
имени Михаила Туган-Барановского, Украина
Тел./Факс: +38 (062) 3044547*; E-mail:* obladn@kaf.donduet.edu.ua

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНЫХ ШУМОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ОБОРУДОВАНИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

В статье установлены относительные шумовые характеристики для измельчительного и очистительного оборудования пищевых производств, получены статистические модели взаимосвязи этих характеристик с основными параметрами оборудования.
Ключевые слова: *шумовая характеристика, технологическое оборудование, ресторанное хозяйство, параметры оборудования.*

1. Введение

Шумовые характеристики (ШХ) оборудования пищевых производств являются одной из его важнейших эксплуатационных характеристик, определяющих не только технический уровень и качество конструкции, но и возможности использования в конкретных производственных помещениях, санитарно-гигиенические требовании к которым регламентируются нормами СН, ГОСТами и СНиП. Согласно директиве ЕС должна быть указаны его максимальная ШХ. Для оборудования, поставляемого в страны ЕС, его ШХ является и показателем конкурентоспособности на внешнем рынке. На внутренний рынок и в страны СНГ заводы-изготовители, как правило, не придерживаются требований ЕС. Не указывается ШХ и в технической характеристике оборудования, которая входит в руководство по эксплуатации и другую техническую документацию.

В связи с этими обстоятельствами оценить технический уровень и качество заводской продукции в полном объеме не представляется возможным. Предлагается использовать не абсолютные, а относительные ШХ оборудования в виде отношения уровня звуковой мощности в октавных полосах частот и корректированного по А уровня звуковой мощности к основным показателям технической характеристики оборудования (ОШХ) [1]: производительности $Q_П$, массы Q_M и установленной мощности электродвигателя Q_N.

2.Основное содержание и результаты работы

Целью работы является установление взаимосвязи ОШХ с основными параметрами оборудования и оценить их влияние на ШХ для повышения его технического уровня и качества.

В качестве объекта исследований выбрано очистительное и измельчительное оборудование пищевых производств, используемое на предприятиях питания. К этому оборудованию относятся машины очистки картофеля, свеклы (МОК), лука (МОЛ), протирочные (МП), нарезки овощей (МРО, «Гамма», CL-30a), овощерезательно-протирочные (МПР). Независимо от технологического назначения оборудования его объединяет одинаковая кинематическая схема: двигатель, клиноременная передача на валу рабочего органа и сам рабочий орган. ШХ технологического оборудования определялись экспериментально в соответствии со стандартами ISO.

Исследование ШХ очистительного и измельчительного оборудования показали, что эти характеристики отличаются при работе машин без продукта и с продуктом. Разница может составить от 3 до 8 дБ (дБА). Поэтому ОШХ и искомые статистические зависимости приведены отдельно.

Критерием ранжирования оборудования принималось получение максимальной величины тесноты статистической связи между порядком размещения оборудования и их ОШХ. Теснота связи характеризуется коэффициентом множительной корреляции R^2. Порядок ранжирования выбран от больших значений ОШХ к меньшим.

Аппроксимацией полученных значений ОШХ получены регрессионные уравнения, которыми корректно описываются статистические зависимости ОШХ от показателей технической характеристики очистительного и измельчительного технологического оборудования по характеристике А.

Уравнения регрессии для работы без продукта и с продуктом приведены в таблице 1.

Таблица 1. Регрессионные зависимости ОШХ от основных параметров оборудования

Холостой ход	R^2	С продуктом	R^2
$Q_П = 1{,}255 – 0{,}52Ln\ П$	0,96	$Q_П = 1{,}380 – 0{,}575Ln\ П$	0,95
$Q_M = 4{,}635 – 0{,}646M + 0{,}027M^2$	0,94	$Q_M = 4{,}767 – 0{,}586M – 0{,}021M^2$	0,92
$Q_N = 224{,}79 – 8{,}913N – 0{,}286N^2$	0,97	$Q_N = 243{,}34 – 4{,}745N – 0{,}812N^2$	0,92

В результате исследований установлено оборудование, которое требует улучшения ШХ на отдельных октавных частотах и характеристике А.

Среди исследуемого оборудования худшие ОШХ относятся к овощерезательным машинам CL-30A, МРО 50-200, МРО-350 и картофелечистке МОК-150, ее модификации МОЛ-100. Достаточно высокие ОШХ приходятся и на овощерезательно-протирочную машину МПР-350 на октавной частоте 250 Гц. Этот вывод касается работы оборудования, как на холостом ходу, так и при работе с продуктом для низких и средних частот.

ОШХ позволяют оценить уровень качества по ШХ отдельных параметров оборудования и рекомендовать соответствующее изменение конструкции оборудования [2].

Для комплексной оценки влияния основных параметров оборудования на ШХ и ОШХ целесообразно использовать многофакторные модели, которые получены с помощью статистического метода Бокса-Уилсона [3] с D-оптимальным планом 2^3. Под этот план сделана выборка ОШХ оборудования. В качестве независимых варьируемых факторов использовались величины $Q_N – X_1$; $Q_m – X_2$; $Q_П – X_3$, а целевой функции – обобщенный показатель ОШХ – у. Многофакторные модели строились для работы оборудования в двух режимах: без нагрузки – холостой ход (ХХ) и под нагрузкой – с продуктом (РХ) [4].

Кодированные значения факторов на ХХ приведены ниже.

$$X_1 = \frac{Q_N - 121{,}135}{53{,}86};\ X_2 = \frac{Q_m - 2{,}61}{1{,}79};\ X_3 = \frac{Q_П - 0{,}45}{0{,}38}.$$

После отбрасывания промахов и проверки значимости коэффициентов регрессии и моделей были получены многофакторные модели в кодированных значениях.

После проверки значимости коэффициентов регрессии и адекватности, получены многофакторные модели в кодированных значениях

$$y_1 = 111,2 + 12,55X_3 + 8,035X_1X_2 - 12,3825X_1X_3 - \\ - 7,2175X_2X_3 + 21,715X_1X_2X_3 , \quad (1)$$

$$y_2 = 2,33+0,7375X_1X_2X_3 , \quad (2)$$

$$y_3 = 0,254+0,079X_2+0,109X_3+0,084X_1X_2+0,074X_2X_3+0,144X_1X_2X_3 . \quad (3)$$

Интерпретация полученных моделей позволяет сделать ряд выводов. На величину относительной установленной мощности электродвигателя наибольшее влияние имеет фактор (X_3) – относительная производительность машины. Существенными факторами, влияющими на относительную массу машины являются совместное влияние трех факторов (X_1), (X_2) и (X_3) – массы машины, ее производительности и установленной мощности электродвигателя. На относительную производительность машины наибольшее влияние оказывают факторы (X_2) и (X_3) масса машины и ее производительность.

Кодированные значения факторов на РХ приведены ниже.

$$X_1 = \frac{Q_N - 62,615}{129,885}; \quad X_2 = \frac{Q_m - 2,695}{1,875}; \quad X_3 = \frac{Q_П - 0,465}{0,385} .$$

Уравнения в кодированных значениях для работы оборудования с продуктом:

$$y_1 = 122,996 +25,179X_1+13,096X_3 – 9,129X_1X_2 – \\ –15,211X_2X_3–7,029X_1X_2X_3 , \quad (4)$$

$$y_2 = 2,586+0,808X_1+0,486X_2+0,432X_3+0,337X_2X_3 , \quad (5)$$

$$y_3 = 0,274+0,151X_1+0,074X_2+0,114X_3+0,077X_1X_3+0,083X_2X_3 . \quad (6)$$

Анализ полученных многофакторных моделей позволяет сделать следующие выводы. Существенными факторами, влияющими на ОШХ и ШХ по параметру установленной мощности электродвигателя, является фактор (X_3). По параметру массы машины наибольшее влияние имеет фактор (X_1). Существенным фактором, влияющим на ШХ по параметру производительности машины являются факторы (X_1) и (X_3). Парное взаимодействие факторов влияют в меньшей степени и их можно не учитывать.

Известно, что на ШХ оборудования оказывают влияние, прежде всего основные частоты колебаний, возбуждаемые вращением вала электродвигателя и рабочего органа [5]. В связи с этим целесообразно получить многофакторные модели ОШХ с учетом и этих факторов для исследуемого оборудования.

Далее представлены вначале модели, показывающие влияние частоты вращения рабочего органа n_{po} на ОШХ. В качестве варьируемых факторов использовалась комбинация из трех факторов: $X_1 – Q_N$; $X_2 – Q_m$; $X_3 – Qn_{po}$, где Qn_{po} – отношение ШХ по А к частоте вращения рабочего органа.

Кодированное значение факторов при работе оборудования на ХХ:

$$X_1 = \frac{N - 121.135}{53.86}; X_2 = \frac{m - 2.61}{1.79}; X_3 = \frac{n_{po.} - 0,15}{0,03} .$$

Уравнения регрессии в кодированных переменных приведены ниже

$$y_1 = 111{,}2+12{,}55X_3+8{,}035X_1X_2-12{,}383X_1X_3-7{,}218X_2X_3+21{,}715X_1X_2X_3\,, \quad (7)$$
$$y_2 = 2{,}33+0{,}128X_1+0{,}505X_2+0{,}42X_3+0{,}24X_2X_3+0{,}738X_1X_2X_3\,, \quad (8)$$
$$y_3 = 0{,}155+0{,}01X_2+0{,}01X_1X_2+0{,}0075X_1X_3\,. \quad (9)$$

Из уравнений следует, что на Q_N и соответственно ШХ существенное влияние оказывает частота вращения рабочего органа тройное взаимодействие всех трех факторов X_1, X_2 иX_3. На величину Q_m - увеличение массы, частоты вращения рабочего органа и совместное действие факторов X_1, X_2 и X_3. На величину $Q_П$ можно отметить положительное влияние массы оборудования.

При работе оборудования на РХ кодированные значения факторов:

$$X_1 = \frac{N-129.885}{62.615}\,; X_2 = \frac{m-2.695}{1.875}\,; X_3 = \frac{n_{ро.}-0.165}{0.015}\,.$$

Уравнения регрессии для РХ:

$$y_1 = 122{,}99+13{,}764X_3-18{,}211X_1X_3-6{,}129X_2X_3+24{,}511X_1X_2X_3, \quad (10)$$
$$y_2 = 2{,}586+0{,}541X_2+0{,}451X_3-0{,}116X_1X_2+0{,}301X_2X_3+0{,}789X_1X_2X_3, \quad (11)$$
$$y_3 = 0{,}06125 - 0{,}00625X_1 - 0{,}00875X1X_2X_3. \quad (12)$$

На показатель Q_N аналогично предыдущим уравнениям ХХ положительно влияет фактор X_3 и совместное действие трех факторов, однако возрастает и отрицательное влияние двойного взаимодействия факторов X_1 и X_3. Влияние факторов на величину Q_m на РХ аналогично ХХ. На величину $Q_П$ варьирование факторов влияет не существенно.

Проанализируем влияние частоты вращения электродвигателя $n_{дв}$ на ОШХ. Переменными факторами принимаются, как и в предыдущем случае: $X_1 – Q_N$; $X_2 – Q_m$; а $X_3 – Qn_{дв}$, где $Qn_{дв}$ – отношение ШХ по А к номинальной частоте вращения электродвигателя.

Для работы оборудования на ХХ кодированные значения факторов:

$$X_1 = \frac{N-121.135}{53.86}\,; X_2 = \frac{m-2.61}{1.79}\,; X_3 = \frac{n_{дв.}-0{,}06}{0{,}02}\,.$$

Уравнения регрессии y_1 и y_2 полностью совпадают с уравнениями (7,8), отличается лишь y_3.

$$y_3 = 0{,}17+0{,}01X_2. \quad (13)$$

Для работы оборудования на РХ кодированные значения факторов:

$$X_1 = \frac{N-129.885}{62.615}\,; X_2 = \frac{m-2.695}{1.875}\,; X_3 = \frac{n_{дв}-0{,}06}{0{,}02}\,.$$

Уравнения регрессии в кодированных переменных: уравнения y_1 и y_2 полностью совпадают с уравнениями (10,11), а y_3 совпадают с уравнением y_3 для ХХ (13).

Из полученных уравнений следует, что величина Q_N и Q_m может рассчитываться по уравнениям (10,11) для ХХ и РХ режимов работы оборудования, а y_3 ($Qn_{ро}$ и $Qn_{дв}$) по

различным. На ХХ положительное влияние на целевую функцию y_3 оказывает масса и ее сочетание с установленной мощностью электродвигателя, то с учетом фактора $n_{дв}$, лишь масса оборудования.

На РХ на целевую функцию y_3 влияние переменных факторов можно не учитывать.

3. Выводы.

ОШХ очистительного и измельчительного оборудования ресторанного хозяйства характеризуют статистическую взаимосвязь ШХ оборудования с его основными параметрами - производительностью, массой, установленной мощностью двигателя.

2. Полученные регрессионные зависимости позволяют рассчитать ШХ оборудования на стадии его проектирования по основным параметрам оборудования, заданным в технической характеристике.

3. Расчет и анализ ОШХ позволяет выявить технологическое оборудование, которое нуждается в улучшении.

4. Многофакторные модели ОШХ дают возможность оценить влияние основных параметров оборудования на его ШХ.

Перспективой дальнейших исследований будет являться установление взаимосвязи ОШХ в октавных полосах частот с основными параметрами оборудования.

Список литературы:

1. Заплетніков І.М., Кіріченко В.О., Севаторова І.С. Визначення порівняльних шумових характеристик овочерізок. - Наукові праці, Одеська нац. акад. харч. технол. 37, 2010. – С.303-307.

2. Заплетников И.Н. Виброакустические характеристики оборудования предприятий питания и методы их улучшения; Моногр. – Донецк, ДонГУЭТ, Украина, 2005. – 265 с.

3. G.E.P. Box, K.B. Wilson. On Experiment Attainment of Optimum Conditions. – I.Roy. Statist.Soc., Ser B, 13, 1. - 1951.

4.Заплетніков І.М., Осипенко Н.І., Севаторова І.С. Багатофакторні моделі відносних шумових характеристик обладнання ресторанного господарства. – Обладнання та технології харчових виробництв: темат. зб. наук. пр. / ДонНУЕТ. – 2012. – Вип. 28. – С.28-32.

5. Заплетников И.Н. Моделирование виброакустических процессов технологического оборудования пищевых производств; Моногр. – Донецк, ДонГУЭТ, Украина, 2001. – 141 с.

Надійшла до редколегії 21.05.2012 р.

І.М. Заплетніков, І.С. Севаторова

МОДЕЛЮВАННЯ ВІДНОСНИХ ШУМОВИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОБЛАДНАННЯ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

У статті встановлені відносні шумові характеристики для подрібнювального та очищувального обладнання харчових виробництв, отримані статистичні моделі взаємозв'язку цих характеристик з основними параметрами обладнання.

Ключеві слова: *шумова характеристика, технологічне обладнання, ресторанне господарство, параметри обладнання.*

I.N. Zapletnikov, I.S. Sevatorova

MODELING RELATIVE NOISE CHARACTERISTICS OF EQUIPMENT FOR FOOD PRODUCTION

Relative noise characteristics for the crush and cleaning equipment of food productions are established, statistical models of interrelation of these characteristics with key parameters of the equipment are received.

Key words: *noise characteristic, process equipment, restaurant management, equipment parameters.*