

Влияние режимов работы машины на ее шумовые характеристики

Заплетников И.Н.¹, Гордиенко А.В.², Пильненко А.К.³

¹ Заведующий кафедрой оборудования пищевых производств,

^{2,3} Доцент кафедры оборудования пищевых производств

^{1,2,3} Донецкий национальный университет экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского, г. Донецк, ул. Щорса, 31

Аннотация

Целью работы является установление влияния на шумовые характеристики (ШХ) частоты вращения рабочего органа (РО) в различных режимах работы, на примере планетарного миксера VM-10. Сравнение ШХ машины с предельно допустимыми шумовыми характеристиками (ПДШХ) по характеристике А и в октавных полосах частот и определение величин превышения ПДШХ. Измерения проводились в реверберационной камере объемом 106,75 м³ в соответствии со стандартами ГОСТ Р 51400-99 (ИСО 3743-1-94, 3743-2-94) и ГОСТ 31252-2004 (ИСО 3740:2000). Расхождение между внешним шумом и источником звука составило более 10 дБ (дБА) как в октавных полосах частот, так и по скорректированному по А уровню звука. Измерения уровней звукового давления (УЗД) проводились аттестованным шумомером «Ассистент» (Россия) в октавных полосах частот и уровню звука. Микрофон устанавливался на измерительном расстоянии 1 м. УЗД пересчитывались на уровни звуковой мощности (УЗМ) по ГОСТ 31252-2004 (ИСО 3740:2000). Установлены ШХ планетарного миксера VM-10 в условиях эксплуатации в различных режимах работы в зависимости от скорости вращения взбивателя. Выполнено сравнение ШХ машины с ПДШХ по характеристике А и в октавных полосах частот. Определены величины превышения ПДШХ. Установлено, что ШХ ухудшаются с увеличением частоты вращения РО как по характеристике А, так и в октавных полосах частот во всех режимах работы.

Ключевые слова: частота вращения взбивателя, перемешивание, миксер, уровень звуковой мощности, шумовая характеристика.

Influence of operating modes of the machine to its noise performance

Zapletnikov I.N.¹, Gordienko A.V.², Pilnenko A.K.³

¹ Professor,

^{2,3} Assistant professor,

^{1,2,3} Donetsk National University of Economics and Trade named after Mikhail Tugan-Baranovsky, Donetsk, Ukraine

Abstract

The aim is to establish the influence on the noise characteristics (NC) of the frequency of rotation of the working body (WB) in different operating modes, the example of the VM 10 planetary mixer. Comparison of NC machines with the maximum permissible noise characteristics (MPNC) characterization A and in octave bands and determining the quantities exceeding MPNC. The measurements were performed in the volume of 106.75 m³ reverberation room in accordance with GOST 51400-99 (ISO 3743-1-94, 3743-2-94), and GOST 31252-2004 (ISO 3740: 2000). The discrepancy between the ambient noise and the sound source was more than 10 dB (dBA) in octave bands, and on A to adjust for the level of sound. Measurements of sound pressure levels (SPL) was performed by a certified sound level meter "Assistant" (Russia) in octave bands and sound level. The microphone is mounted on a measuring distance of 1 m. SPL recalculated on sound power levels (SPLS) in accordance with GOST 31252-2004 (ISO 3740:2000). NC mounted planetary mixer VM-10 in operation in different operating modes depending on the rotational speed beater. The comparison of NC machines MPNC characterization A and in octave bands. The values exceeding MPNC. It is found that NC

deteriorates with increasing speed as the characterization WB A and in octave frequency bands in all operating modes.

Key words: beater speed, mixing, mixer, sound power level, noise characteristic.

Введение

Наибольшее распространение в странах СНГ и Украине получил планетарный миксер BEST MIX Sigma модели BM с рабочими камерами объемом 5...80 л, выпускаемый серийно фирмой Sigma (Италия). Миксер является универсальным и, кроме взбивания, производит замес теста, перемешивание вязких и жидких продуктов (жидкое, песочное, дрожжевое, заварное тесто; фарш; творог; картофельное пюре и др.). Вместе с выполнением технологических функций эта машина создает и повышенный уровень шума при работе с продуктом, хотя при работе на холостом ходу ее 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. ПДШХ оборудования должны учитывать поправку на групповую установку оборудования. 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 23-03-2003 «Защита от шума» [1] на расстоянии 1,5 м друг от друга.

Для производственных цехов предприятий питания установлена поправка в 5 дБ (дБА). Расчет ПДШХ для планетарного миксера BEST MIX Sigma BM-10 производился в соответствии с межгосударственным стандартом ГОСТ 30530-97 «Методы расчета предельно допустимых шумовых характеристик стационарных машин» [2] при работе с продуктом и без него.

Анализ последних публикаций по данной проблеме показал, что исследования ШХ взбивальной машины на базе универсальной кухонной машины (УКМ); взбивальных машин типа МВ-6, МВ-35М, МВ-60; привода П-II с взбивальным механизмом; тестомесильных машин типа ТММ-1М и МТИ-100 были опубликованы ранее в работе [3].

В работах [4, 5] проведены исследования ШХ планетарного миксера BM-10, а именно установлены ШХ миксера в различных режимах работы, установлены влияния на ШХ машины ее отдельных составляющих, влияния вида продукта и различной емкости бачка. Однако в значительной степени на ШХ миксера оказывает влияние частота вращения взбивателя и этот показатель еще не изучен на достаточном уровне.

Поэтому целью данной работы является установление влияния на ШХ миксера частоты вращения взбивателя в различных режимах при работе с нагрузкой и без нее. Сравнение ШХ машины с ПДШХ по характеристике А и в октавных полосах частот и определение величин превышения ПДШХ.

1. Методические предпосылки

Измерения проводились в лаборатории виброакустики кафедры оборудования пищевых производств ДонНУЭТ в реверберационной камере объемом 106,75 м³ в соответствии со стандартами ГОСТ Р 51400-99 (ИСО 3743-1-94, 3743-2-94) «Шум машин. Определение уровней звуковой мощности источника шума по звуковому

давлению» и ГОСТ 31252-2004 (ИСО 3740:2000) «Руководство по выбору метода определения уровней звуковой мощности» [6, 7]. Расхождение между внешним шумом и источником звука составило более 10 дБ (дБА) как в октавных полосах частот, так и по скорректированному по А уровню звука. Измерения уровней звукового давления (УЗД) проводилось аттестованным шумомером «Ассистент» (Россия) в октавных полосах частот и уровню звука. Микрофон устанавливался на измерительном расстоянии 1 м. УЗД пересчитывались на уровни звуковой мощности (УЗМ) по ГОСТ 31252-2004 (ИСО 3740:2000) «Руководство по выбору метода определения уровней звуковой мощности» [7].

В качестве исследуемого образца использовался планетарный миксер Sigma BM-10. Установленная мощность электродвигателя – 0,5 кВт, ток переменный, напряжением 380 В, масса – 55 кг, число оборотов рабочего органа – 40-160 мин⁻¹, габариты – 480x610x720 мм, объем дежи – 10 л, диаметр дежи - 250x230 мм. Машина устанавливается на технологическом столе. В качестве обрабатываемого продукта использовалась модельная жидкость плотностью 1000 кг/м³. Модельная жидкость имитировала сливки. ШХ машины измерялись при заполнении бачка машины на 3,8 л объема жидкости, что составило соответственно К=0,38 объема бачка 10 л. Скорости вращения взбивателя составляли $n_1=0,67 \text{ с}^{-1}$, $n_2=1 \text{ с}^{-1}$, $n_3=1,33 \text{ с}^{-1}$, $n_4=1,67 \text{ с}^{-1}$, $n_5=2 \text{ с}^{-1}$, $n_6=2,33 \text{ с}^{-1}$. В качестве рабочего органа использовался венчик прутковый.

Сравнение ШХ для планетарного миксера Sigma BM-10 с рассчитанными ПДШХ позволит установить направление совершенствования конструкции машины для повышения ее технического уровня.

2. Результаты экспериментальных исследований

На рисунках 1-2 и в таблице 1 приведены излучаемые уровни звуковой мощности миксера Sigma BM-10 при работе без нагрузки и с нагрузкой в октавных полосах частот. Корректированный по А уровень звуковой мощности машины при максимальной скорости вращения взбивателя $n_6=2,33 \text{ с}^{-1}$ составляет при работе без нагрузки – $L_p=76,6$ дБА, при работе с нагрузкой – $L_p=78,5$ дБА.

Уравнения регрессии УЗМ при перемешивании в октавных полосах частот в зависимости от октавной частоты f имеют вид:

– без нагрузки уравнения регрессии УЗМ машины:

$$- \text{при } n_1=0,67 \text{ с}^{-1}: L_{p1} = 0,5492f^3 - 8,7701f^2 + 37,145f + 23,671; R^2 = 0,964. \quad (1)$$

$$- \text{при } n_2=1 \text{ с}^{-1}: L_{p2} = 0,371f^3 - 6,1419f^2 + 24,942f + 44,571; R^2 = 0,978. \quad (2)$$

$$- \text{при } n_3=1,33 \text{ с}^{-1}: L_{p3} = 0,3702f^3 - 6,5787f^2 + 29,806f + 34,407; R^2 = 0,972. \quad (3)$$

$$- \text{при } n_4=1,67 \text{ с}^{-1}: L_{p4} = 0,3235f^3 - 6,0807f^2 + 29,205f + 33,343; R^2 = 0,952. \quad (4)$$

$$- \text{при } n_5=2 \text{ с}^{-1}: L_{p5} = 0,302f^3 - 5,8463f^2 + 29,016f + 33,907; R^2 = 0,95. \quad (5)$$

$$- \text{при } n_6=2,33 \text{ с}^{-1}: L_{p6} = 0,3487f^3 - 6,5228f^2 + 32,074f + 31,943; R^2 = 0,913. \quad (6)$$

– с нагрузкой уравнения регрессии УЗМ машины:

$$- \text{при } n_1=0,67 \text{ с}^{-1}: L_{p7} = 0,4629f^3 - 7,6161f^2 + 32,819f + 29,579; R^2 = 0,973. \quad (7)$$

$$- \text{при } n_2=1 \text{ с}^{-1}: L_{p8} = 0,3722f^3 - 6,4083f^2 + 28,393f + 37,443; R^2 = 0,966. \quad (8)$$

$$- \text{при } n_3=1,33 \text{ с}^{-1}: L_{p9} = 0,3629f^3 - 6,4721f^2 + 30,025f + 34,929; R^2 = 0,965. \quad (9)$$

$$- \text{при } n_4=1,67 \text{ с}^{-1}: L_{p10} = 0,397f^3 - 7,0924f^2 + 33,815f + 29,279; R^2 = 0,945. \quad (10)$$

$$- \text{при } n_5=2 \text{ с}^{-1}: L_{p11} = 0,3997f^3 - 7,1174f^2 + 34,114f + 29,886; R^2 = 0,932. \quad (11)$$

$$- \text{при } n_6=2,33 \text{ с}^{-1}: L_{p12} = 0,4682f^3 - 8,0502f^2 + 37,86f + 27,614; R^2 = 0,91. \quad (12)$$

Таблица 1

Уровни звуковой мощности миксера Sigma BM-10 в зависимости от скорости (частоты вращения) рабочего органа на холостом ходу и при работе с нагрузкой

Частота вращения взбивателя	Уровни звуковой мощности, дБ, в октавных полосах частот, Гц								Корректи- рованный по А УЗМ, дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Холостой ход									
$n_1=0,67 \text{ с}^{-1}$	50,7	71,6	70,2	64,0	59,0	50,3	43,7	39,8	65,9
$n_2=1 \text{ с}^{-1}$	62,2	76,5	73,3	66,9	63,2	53,5	46,4	40,3	69,4
$n_3=1,33 \text{ с}^{-1}$	56,4	74,5	73,6	69,2	66,3	56,7	48,6	40,7	70,9
$n_4=1,67 \text{ с}^{-1}$	54,7	74,9	73,8	70,2	68,5	60,0	52,4	42,4	72,4
$n_5=2 \text{ с}^{-1}$	55,3	75,6	75,9	72,2	70,9	63,3	56,1	45,3	74,7
$n_6=2,33 \text{ с}^{-1}$	55,0	79,2	77,7	74,0	72,6	66,0	59,0	48,0	76,6
С нагрузкой									
$n_1=0,67 \text{ с}^{-1}$	53,7	72,1	70,9	66,5	61,6	52,2	46,5	40,8	67,5
$n_2=1 \text{ с}^{-1}$	58,1	75,5	74,1	69,7	66,1	57,8	51,4	44,1	71,2
$n_3=1,33 \text{ с}^{-1}$	57,1	76,0	75,6	72,3	68,6	60,9	54,1	45,7	73,4
$n_4=1,67 \text{ с}^{-1}$	54,2	76,8	76,4	73,3	70,7	63,5	56,3	48,0	75,0
$n_5=2 \text{ с}^{-1}$	54,9	78,3	77,8	74,5	72,5	65,7	58,9	50,7	76,6
$n_6=2,33 \text{ с}^{-1}$	55,1	81,3	80,0	76,0	74,2	67,5	60,7	53,6	78,5
ПДШХ	94	86	79	75	72	70	68	66	77

Анализ ШХ машины в октавных полосах частот показал, что увеличение УЗМ миксера наблюдается практически на всех частотах при всех режимах работы с увеличением скорости вращения взбивателя. Превышение ПДШХ при работе без нагрузки наблюдается только при скорости вращения взбивателя $2,33 \text{ с}^{-1}$ на частоте 1000 Гц почти на 1 дБ. При работе с нагрузкой превышение ПДШХ имеет место при скорости вращения взбивателя 2 с^{-1} на частоте 1000 Гц также почти на 1 дБ, а при скорости вращения взбивателя $2,33 \text{ с}^{-1}$ по характеристике А на 1,5 дБ и на частотах 250, 500, 1000 Гц на 1; 1; 2,2 дБ соответственно.

На остальных частотах и режимах работы превышение ПДШХ не обнаружено. Сравнение ШХ миксера Sigma BM-10 с нагрузкой и без нее показало, что при работе без нагрузки уровень шума ниже, чем под нагрузкой во всем диапазоне частот: на низких частотах – на 6 дБ, на средних частотах – на 3 дБ, на высоких частотах – на 6 дБ и по L_{pA} – на 3 дБА.

Увеличение скорости (частоты вращения) рабочего органа на $1,73 \text{ с}^{-1}$ приводит к повышению скорректированного по А УЗМ без нагрузки на 10,7 дБА и при нагрузке на 11 дБА (рис. 3).

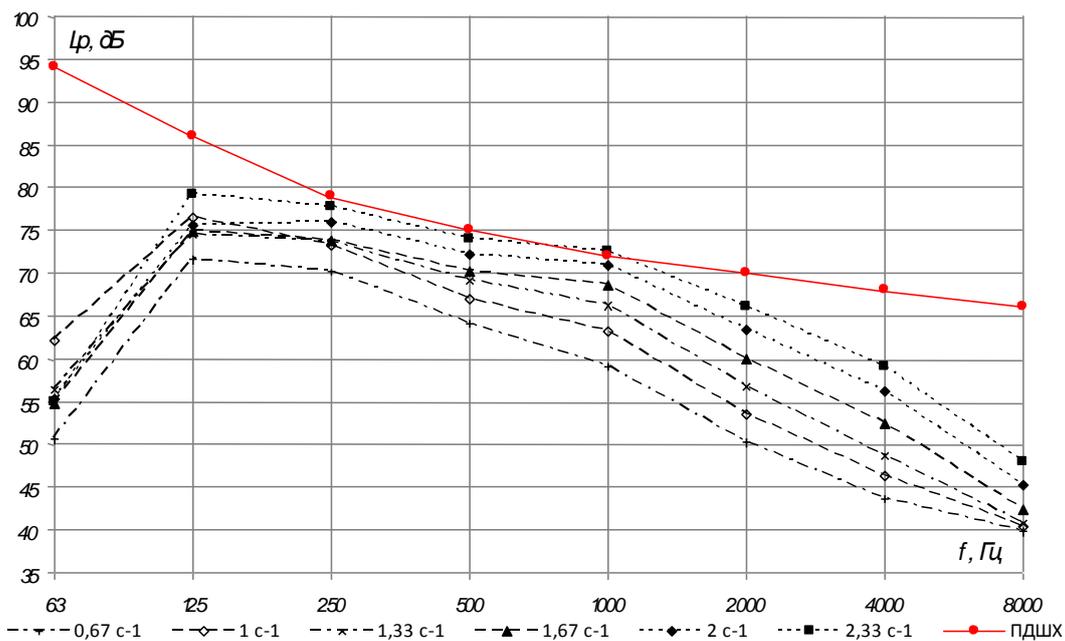


Рис. 1. Уровни звуковой мощности миксера Sigma VM-10 в зависимости от скорости (частоты вращения) рабочего органа на холостом ходу

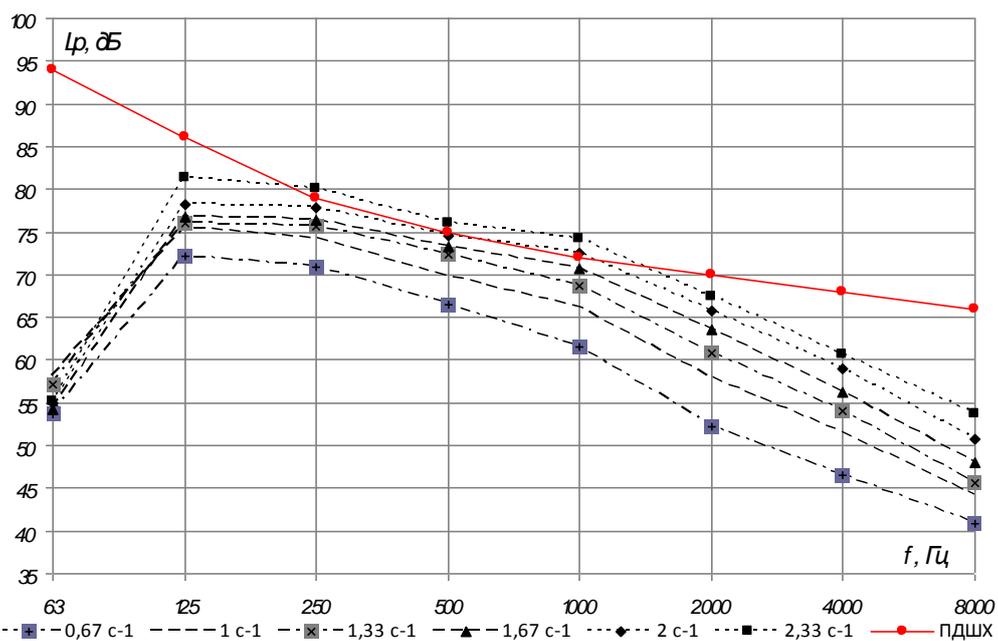


Рис. 2. Уровни звуковой мощности миксера Sigma VM-10 в зависимости от скорости (частоты вращения) рабочего органа при работе с нагрузкой

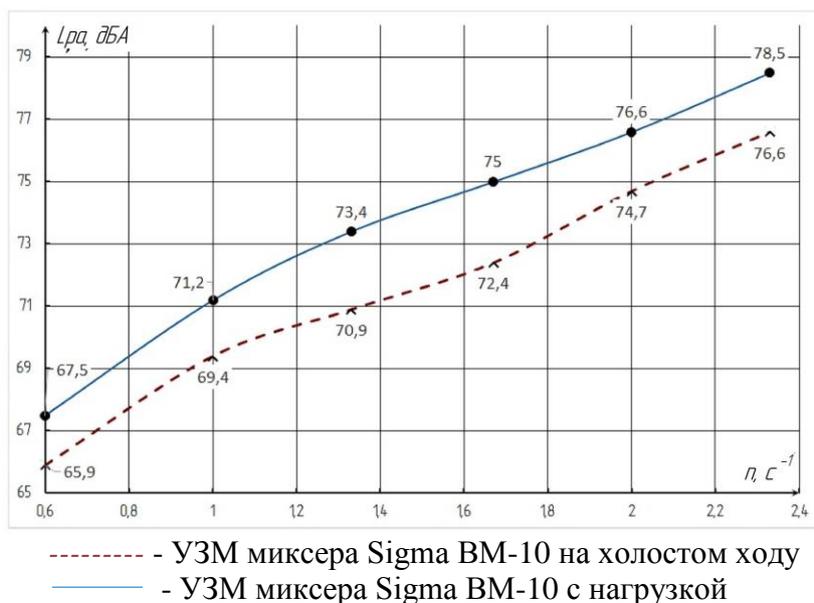


Рис. 3. Корректированный по А УЗМ миксера Sigma VM-10 в зависимости от скорости (частоты вращения) рабочего органа

Для снижения влияния конструкции крышки редуктора на ШХ машины целесообразно увеличить жесткость крышки путем ее оребрения или покрыть внутреннюю поверхность крышки звукопоглощающими упруговязкими материалами допустимыми для контакта с пищевыми продуктами.

Значительный вклад в ШХ машины оказывает ШХ электродвигателя.

Заключение

Проведенные исследования показали, что увеличение излучаемых уровней звуковой мощности миксера Sigma VM-10 итальянского производства в условиях эксплуатации наблюдается практически на всех частотах как на холостом ходу, так и с нагрузкой с увеличением скорости вращения взбивателя. Превышение ПДШХ при работе без нагрузки наблюдается только при скорости вращения взбивателя $n_6=2,33 \text{ с}^{-1}$ на частоте 1000 Гц почти на 1 дБ. При работе с нагрузкой превышение ПДШХ при скорости вращения взбивателя $n_5=2 \text{ с}^{-1}$ на частоте 1000 Гц также почти на 1 дБ, а при скорости вращения взбивателя $n_6=2,33 \text{ с}^{-1}$ по характеристике А на 1,5 дБ и на частотах 250, 500, 1000 Гц на 1, 1, 2,2 дБ соответственно. Увеличение скорости (частоты вращения) взбивателя с $0,6 \text{ с}^{-1}$ до $1,73 \text{ с}^{-1}$ повышает корректированный по А УЗМ на 11 дБА.

Дальнейшие исследования предусматривают апробацию методов улучшения ШХ миксера VM-10.

Список литературы

1. СНиП 23-03-2003 «Защита от шума».
2. ГОСТ 30530-97 «Методы расчета предельно допустимых шумовых характеристик стационарных машин».
3. Заплетников И.Н. Виброакустика оборудования пищевых производств: монография. – Харьков: Изд-во НТМТ, 2015. – 542 с.
4. Заплетников И.Н., Исследование шумовых характеристик планетарного миксера VM-10 / И.Н. Заплетников, А.В. Гордиенко, А.К. Пильненко// Noise Theory and Practice: Электронный научный журнал – СПб: ООО «Институт акустических конструкций», 2016. – Вып. 2. – №4. – 89 с. – С. 17-23.

5. Заплетников И. Н. Шумовые характеристики взбивальной машины для эксплуатации на предприятиях общественного питания / И. Н. Заплетников, А. В. Гордиенко, А. К. Пильненко // «Явления переноса в процессах и аппаратах химических и пищевых производств»: Междун. научно-технич. конф., 16-17 ноября 2016 г.: / редкол. А.Н. Остриков [тезисы докл.] – Воронеж: ФГБОУ ВО «ВГУИТ», 2016. – 624 с. – С. 585-589.

6. ГОСТ Р 51400-99 (ИСО 3743-1-94, 3743-2-94) «Шум машин. Определение уровней звуковой мощности источника шума по звуковому давлению».

7. ГОСТ 31252-2004 (ИСО 3740:2000) «Руководство по выбору метода определения уровней звуковой мощности».