

УДК 637.513.4

Заплетников И.Н., доктор технических наук, профессор,  
Пильненко А.К., кандидат технических наук, доцент

Донецкий национальный университет экономики и торговли им. М. Туган-Барановского, Украина

### ИССЛЕДОВАНИЕ УРОВНЕЙ ЗВУКОВОЙ МОЩНОСТИ МАШИНЫ ДЛЯ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ МЯСА

Машины для измельчения мяса (МИМ) серийно выпускаются для стран СНГ Барановичским заводом торгового машиностроения (Республика Беларусь), а также итальянскими, хорватскими, немецкими, французскими и др. зарубежными фирмами. На рынок эти машины поступают сертифицированными, в т.ч. по шумовым характеристикам (ШХ). Вместе с тем установлено, что ШХ машин в процессе эксплуатации «деградируют» вплоть до «шумового отказа», когда излучаемая машиной звуковая мощность превышает предельно допустимые нормы по шуму (ПДШХ). Нарушение санитарно-гигиенических норм по шуму отрицательно сказывается на здоровье трудящихся предприятий питания, а при применении этих машин в быту и на здоровье не только взрослых, но и детей. Следует отметить, что в нормативно-технической литературе сведения о ШХ машин отсутствуют, даже при работе без нагрузки.

Измерения проводились в лаборатории виброакустики кафедры оборудования пищевых производств ДонНУЭТ в реверберационной камере объемом 70 м<sup>3</sup> в соответствии со стандартом ИСО 3743-1-94; 3743-2-94. Измерения уровней звукового давления (УЗД) проводилось аттестованным шумомером 1-го класса «Ассистент» (Россия) в октавных полосах частот и уровню звука. Записанные шумомером УЗД пересчитывались на уровни звуковой мощности (УЗМ).

В качестве исследуемого образца использовалась машина Kopcar MEM 12E (рис. 1) хорватского производства. Эти машины достаточно широко применяются на предприятиях общественного питания и в быту в странах СНГ и Европе. Конструкцию профессиональных мясорубок Kopcar отличает простота и отличные прочностные характеристики. Корпус и шнек изготовлены из высококачественной нержавеющей стали, все модели комплектуются односторонним ножом и решеткой Ø4 мм. Производительность машины – 100 кг/ч, установленная мощность электродвигателя – 250 Вт, ток переменный, напряжением 220 В, масса – 11 кг, число оборотов рабочего органа – 280 об/мин. Машина устанавливается на технологическом столе на специальных резиновых амортизаторах, приводной механизм – зубчатая передача. Машина предназначена для измельчения свежего и дефростированного мяса и рыбы. В качестве объекта исследований использовались два сорта говяжьего мяса: мякоть и мякоть с повышенным содержанием соединительной ткани, а также дефростированное филе семги. Подача продукта в машину производится оператором толкателем вручную.

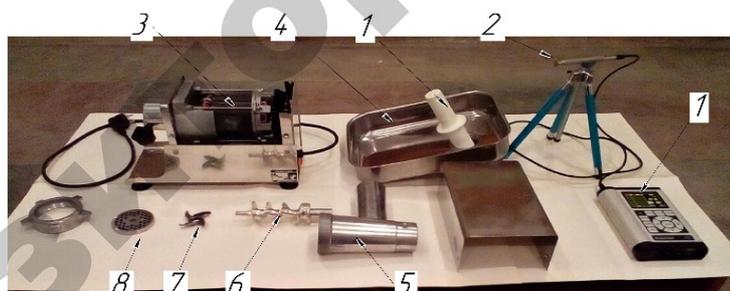


Рисунок 1 – Исследование влияния составных частей конструкции машины на ШХ

1 – шумомер «Ассистент» (Россия); 2 – микрофон; 3 – машина МИМ Kopcar; 4 – загрузочный лоток;  
5 – корпус камеры; 6 – шнек; 7 – нож; 8 – ножевая решетка

Для определения основных факторов, влияющих на процесс измельчения мяса, были проведены предварительные экспериментальные исследования [1]. Излучаемые уровни звуковой мощности машины МИМ Kopcar при работе без нагрузки и с нагрузкой в октавных полосах приведены в таблице 1 и на рисунке 2.

В процессе эксперимента для фиксированной величины подачи использовались тарированные грузы различной массы, но такой, которая обеспечивала бы подачу продукта в машину: 2,95 и 1,48 кг. Грузы выполнены в виде дисков с центральным отверстием. Диаметр отверстий позволял надевать грузы на ручку толкателя.

Корректированный по А уровень звуковой мощности составляют: при работе без нагрузки – 79,7 дБА, при работе с нагрузкой – при измельчении рыбы – 72,7 дБА. Изменения составили –7,3 дБА.

Уравнения регрессии измельчения УЗМ в октавных полосах частот в зависимости от частоты имеют вид (рисунок 2):

$$\text{– без нагрузки: } L_{p1} = 37,2 + 0,1x^3 - 3,15x^2 + 20,2x$$

$$\text{– с нагрузкой при резании мяса: } L_{p2} = 39,15 + 0,07x^3 - 2,7x^2 + 17,8x$$

$$\text{– с нагрузкой при резании рыбы: } L_{p3} = 39,1 + 0,08x^3 - 2,5x^2 + 15,9x$$

## ПЕРЕРАБОТКА И УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ

Таблица 1 – Уровни звуковой мощности машины при измельчении продукта

	Уровни звуковой мощности, Lp дБ, в октавных полосах частот, Гц								УЗМ по А, дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Предельно допустимые нормы по шуму	94	87	82	78	75	73	71	70	80
УЗМ машины без продукта на холостом ходу	55,1	66	71,6	76,2	77,1	68,2	62,4	55,7	79,7
УЗМ машины при измельчении мяса	53,8	66,2	68,9	70,3	71,9	64,6	55,2	46,4	74,1
УЗМ машины при измельчении мяса с повышенным содержанием соединительной ткани	58	65,5	68,5	68,7	70,3	63,9	54,4	45,8	72,7
УЗМ машины при измельчении рыбы	52,7	61,8	67,2	65,3	70,3	62,7	54,9	50,1	72,4
Влияние продукта на УЗМ	-2,4	-4,2	-4,4	-10,9	-6,8	-5,5	-7,5	-5,6	-7,3

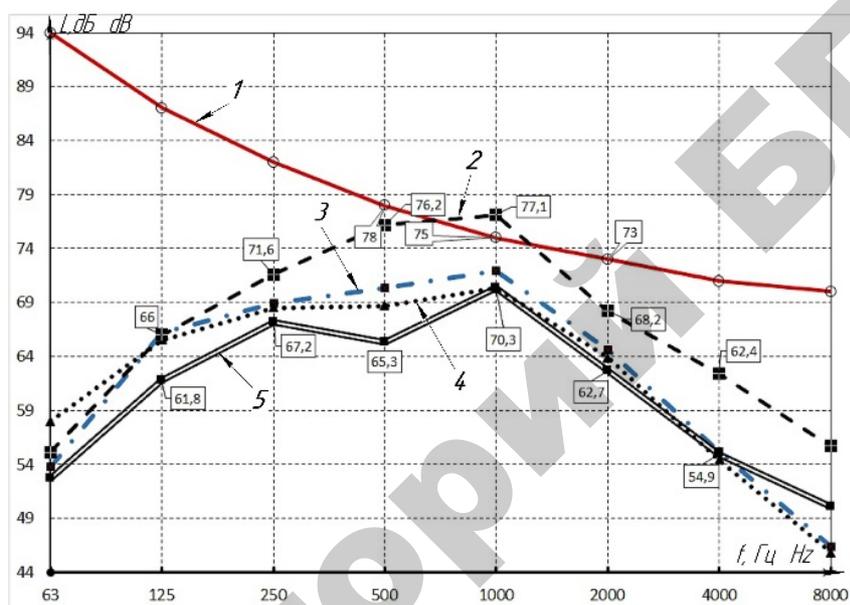


Рисунок 2 – Уровни звуковой мощности машины МИМ Копсаг, дБ  
 1 – ПДШХ; 2 – УЗМ машины МИМ на ХХ; 3 – УЗМ при измельчении мяса с мякотью; 4 – УЗМ машины при измельчении мяса с повышенным содержанием соединительной ткани;  
 5 – УЗМ машины при измельчении рыбы

Анализ ШХ машины в октавных полосах частот показал, что наиболее высокий уровень излучения при работе без нагрузки приходится на средние частоты, прежде всего на частотах 1000 Гц и составляет 77,1 дБ. Превышение ПДШХ – 2,1 дБ. На остальных частотах превышения ПДШХ не обнаружено.

Сравнение ШХ машины МИМ Копсаг с нагрузкой и без нее показало, что при работе без нагрузки уровень шума выше, чем под нагрузкой на низких частотах, на средних частотах – выше на 4 дБ, на высоких – на 5–7 дБ и по  $L_{pA}$  – на 7,3 дБА. Эти данные свидетельствуют о наличии ударных нагрузок в машине. Снижение УЗМ машины под нагрузкой, в отличие от других технологических машин пищевых производств, происходит в результате смазки рабочего органа мясным соком, который выделяется при продавливании мяса шнеком через ножевую решетку. Аналогичный результат наблюдается и в машинах МИМ других конструкций [1].

По результатам однофакторных экспериментов и анализа литературных источников выделены для дальнейшего исследования следующие факторы: модуль упругости продукта –  $E$ , кПа; усилие на толкателе  $F$ , Н; острота ножа,  $\alpha$ , рад.

Влияние составных частей конструкции машины на ШХ: наличие лотка ухудшает ШХ машины на 1–5 дБ на низких частотах, на 5 дБ на средних частотах и 1–5 дБ на высоких частотах. Ухудшаются ШХ машины от вибрации лотка на частотах 250, 500, 1000 и 4000 Гц. Для снижения влияния конструкции лотка на ШХ машины целесообразно увеличить жесткость лотка путем его оребрения.

Наличие ножа с решеткой оказывает несущественное влияние на ШХ машины в октавных полосах частот, в пределах 1–2 дБ. Наличие шнека в машине также незначительно влияет на ШХ машины, хотя наблюдается и ухудшение ШХ на 3 дБ на частоте 4000 Гц. Рабочая камера машины, в которой размещены шнек, нож и ножевая решетка, натяжная гайка также, практически, не оказывает влияния на ШХ машины. Наиболее

значительный вклад в ШХ машины оказывает ШХ зубчатого редуктора и электродвигателя.

Проведенные исследования показали, что излучаемые уровни звуковой мощности машины для измельчения мяса Kopcar MEM 12e хорватской фирмы в условиях эксплуатации при работе без нагрузки приближено к ПДШХ и на частоте 1000 Гц превышает – на 2 дБ. При работе машины под нагрузкой ее ШХ, на низких октавных полосах частот ниже, чем без нагрузки, а на средних и высоких частотах выше, вследствие наличия ударных процессов.

Методом отсоединения машины на составные части установлено, что вибрация лотка ухудшает ШХ машины. Следует увеличить жёсткость его конструкции. Основным источником шума в машине является зубчатый редуктор.

По результатам факторного эксперимента вида 2<sup>3</sup> установлено, что возрастание УЗМ связано с усилием на толкателе, а также с затуплением ножа. Это явление сказывается на низких частотах. Улучшается ШХ машины при обработке продукта с более высоким модулем упругости.

Дальнейшие исследования предусматривают получение многофакторных моделей в натуральных переменных и апробация методов улучшения ШХ МИМ.

**Список использованной литературы**

1. Заплетников И.Н. Шумовые характеристики машины измельчения мяса для эксплуатации на предприятиях общественного питания / И.Н. Заплетников, А.К. Пильненко, А.В. Гордиенко, О.Д. Квилинский // Шум теория и практика: Научный журнал Балт. гос. техн. ун-т "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова – СПб: БГТУ "ВОЕНМЕХ", 2016. – Вып. 2. – №3. – 89 с. – С. 23–29.

УДК 631.811

**Бендерская О.В., Шутюк В.В., доктор технических наук, доцент,  
Бессараб А.С., кандидат технических наук, профессор  
Национальный университет пищевых технологий, г. Киев, Украина**

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ И НИТРОЗОСОЕДИНЕНИЙ  
В КОНЦЕНТРИРОВАННЫХ ТОМАТОПРОДУКТАХ**

Увеличивающееся из года в год химическое загрязнение распространяется на все среды – воду, воздух, почву и создает принципиально новые условия для существования, отличные от тех, к которым в течение тысячелетий были адаптированы растения, животные и человек [1]. Этот факт вызывает тревогу. Многочисленные данные свидетельствуют о том, что экологический фактор существенно влияет на элементный химический состав растений и продуктов их переработки. Поглощение растениями различного рода токсичных элементов, в том числе тяжёлых металлов – наиболее опасно [1, 3].

При производстве концентрированных томатопродуктов удельное содержание тяжёлых металлов в них значительно возрастает с увеличением сухих веществ. Также под действием температуры в продуктах проходят структурные изменения – образуются новые соединения, в том числе и нитрозамины (НА). Одним из опаснейших канцерогенов является N-нитрозодиметиламин (НДМА), что образующийся при нитрозировании аминных групп под действием температуры [2]. Это – сильнодействующее канцерогенное вещество, включенное в число других нитрозосоединений Международным агентством по изучению рака в число соединений, канцерогенные свойства которых несомненны. Недостаточная изученность изменения концентрации тяжёлых металлов, нитратов, НА и НДМА при концентрировании томатопродуктов вызвала необходимость углубленного исследования в этих процессах.

Материалом для исследований послужили томаты Лампо F1, предназначенные для переработки в томат-пасту, сок и другие томатопродукты, имеющие имеет высокое содержание сухих веществ (5,6...6,3 %), а также хорошо адаптированные для всех зон промышленного выращивания томатов. Для концентрирования томатопродуктов использовался лабораторный роторный вакуумный испаритель ИКА RV 10 digital V. Концентрации тяжёлых металлов (Zn, Cu, Pb) определяли методом атомно-абсорбционной спектроскопии по методике ГОСТ 26929–94 «Сырьё и продукты пищевые. Подготовка проб. Минерализация для определения содержания токсичных элементов». Содержание нитратов в томатопродуктах устанавливали по методике согласно ДСТУ 4948:2008 «Фрукты, овощи и продукты их переработки. Методы определения содержания нитратов». Определение N-нитрозаминов проводили соответственно методических указаний по методам контроля МУК 4.4.1.011–93 «Определение летучих N-нитроаминов в продовольственном сырье и пищевых продуктах». (Утв. Госкомсанэпиднадзором РФ 22.12.1993).

Исследования, проводимые в Национальном университете пищевых технологий, показали, что содержание тяжёлых металлов в концентрированных томатопродуктах линейно зависит от содержания сухих веществ (таблица 1) и описываются в виде зависимости  $y = a + bx$ .

Полученные экспериментальные данные обрабатывались в виде эмпирических рядов регрессии по способу наименьших квадратов. В результате математических расчетов определяли коэффициенты  $a$  и  $b$  зависимостей содержание тяжёлых металлов в концентрированных томатопродуктах (рисунок 1). Установлено, что зависимость