

Министерство образования и науки
Донецкой Народной Республики

Государственная организация высшего профессионального образования
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭКОНОМИКИ
И ТОРГОВЛИ ИМЕНИ МИХАИЛА ТУГАН-БАРАНОВСКОГО»

На правах рукописи

СЕВАТОРОВА ИРИНА СЕРГЕЕВНА

**ТРАНСФОРМАЦИЯ ВИБРОАКУСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК
ОБОРУДОВАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ПИТАНИЯ**

Специальность 05.18.12 – процессы и аппараты пищевых производств

Диссертация

на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Научный руководитель:

доктор технических наук, профессор

Заплетников Игорь Николаевич

ДОНЕЦК – 2019

СОДЕРЖАНИЕ

ПЕРЕЧЕНЬ УСЛОВНЫХ СОКРАЩЕНИЙ	4
ВВЕДЕНИЕ	5
РАЗДЕЛ 1. АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР СОВРЕМЕННОГО ОЧИСТИТЕЛЬНОГО И ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ПИТАНИЯ.....	11
1.1.Оборудование для очистки овощей.....	14
1.2.Измельчительное оборудование.....	26
1.2.1. Овощерезательное оборудование предприятий питания....	26
1.2.2. Протирачное оборудование предприятий питания.....	34
1.2.3. Машины для измельчения мяса и рыбы.....	40
1.3.Методика расчета виброакустических характеристик машин динамико-акустическим методом.....	48
Выводы по разделу 1.....	53
РАЗДЕЛ 2. МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	54
2.1 Рабочая методика определения виброакустических характеристик оборудования предприятий питания.....	54
2.2 Планирование эксперимента при определении виброакустических характеристик	67
2.3 Определение относительных шумовых характеристик оборудования предприятий питания	70
2.4 Оценка качества оборудования предприятий питания по его шумовым характеристикам	73
Выводы по разделу 2.....	76
РАЗДЕЛ 3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ШУМОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ОБОРУДОВАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ПИТАНИЯ.....	77
3.1Экспериментальное исследование шумовых характеристик очистительного и измельчительного оборудования.....	78

3.2 Экспериментальное исследование вибродемпфирующего толкателя для овощерезательной машины.....	88
Выводы по разделу 3.....	96
РАЗДЕЛ 4. ТРАНСФОРМАЦИЯ ШУМОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ОБОРУДОВАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ПИТАНИЯ.....	98
4.1 Расчет относительных шумовых характеристик оборудования предприятий питания	98
4.2 Многофакторные модели относительных шумовых характеристик оборудования предприятий питания.....	105
4.3 Учет коэффициента потерь колебательной энергии в расчетах виброакустических характеристик оборудования пищевых производств.....	108
4.4 Расчет оценки качества пищевого оборудования по его шумовым характеристикам	115
Выводы по разделу 4.....	122
РАЗДЕЛ 5. ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	124
Выводы по разделу 5.....	127
ВЫВОДЫ.....	128
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	130
ПРИЛОЖЕНИЯ	147

ПЕРЕЧЕНЬ УСЛОВНЫХ СОКРАЩЕНИЙ

ВАП – виброакустический процесс

ВАС – виброакустическая система

ВАХ – виброакустические характеристики

МНК – метод наименьших квадратов

ПДШХ – предельно допустимые значения шумовой характеристики

ТТО – торгово-технологическое оборудование

ШХ – шумовая характеристика

ОШХ – относительная шумовая характеристика

УЗМ – уровень звуковой мощности

ВВЕДЕНИЕ

Шумовое загрязнение рабочих мест производственных помещений является одним из наиболее неблагоприятных экологических факторов на предприятиях питания. Этот вид загрязнения возникает при работе оборудования [39,41,42,91], а повышенный уровень шума оказывает негативное воздействие на работников предприятий питания [11,21,23,34].

Развитие современной техники, создание машин с высокой производительностью, мощностью и с большой частотой вращения рабочих органов приводит к увеличению уровня шума в широком диапазоне частот, и поэтому конструкторы оборудования, медицинские работники, экологи и другие специалисты работают над вопросами уменьшения интенсивности шума [6-8,13-16,22,24,126].

Уровень шума в производственном помещении зависит от виброакустических характеристик (ВАХ) оборудования, которые являются комплексным показателем качества конструкции и ее изготовления, степени безопасности и санитарно-гигиенических условий его применения [126,127].

ВАХ влияют на размещение оборудования в производственных цехах и его конкурентоспособность на рынке продаж. На значимость этих характеристик указывает и тот факт, что, согласно европейским и международным стандартам, шумовая характеристика (ШХ) оборудования должна быть заявлена по ГОСТ 12.1.003-2014 [28]. Эти характеристики используются заводами-изготовителями при приемо-сдаточных испытаниях, стандартизации и сертификации продукции.

ВАХ машин должны обеспечивать допустимые уровни шума в производственных помещениях, регламентируемых отраслевыми, государственными и межгосударственными стандартами [25,27,29-31,150].

На современных предприятиях общественного питания большую долю занимает очистительное и измельчительное оборудование производства немецких, французских, итальянских, шведских, финских, польских, венгерских,

чешских и др. фирм. [33,111,112,135]. Это оборудование обладает не только высоким техническим уровнем, но и высокой стоимостью по сравнению с российским и белорусским. Однако, судя по проведенному нами обзору существующей информации и результатам собственных исследований, ВАХ этого оборудования не всегда соответствуют заявленным характеристикам, особенно при работе с продуктом [3,34,40-42].

Вопросами изучения и снижения уровня производственного шума занимались ученые: Н.И. Иванов [92-94], Е.Я. Юдин [16,130], Г.Л. Осипов, Л.Ф.Лагунов [103], Л.Л.Фолкнер, М.В. Васильев, Ю.И. Бобровницкий [12], М.О. Генкин [9,19,24], М.Мюллер [133], Grosh, P.J. Halliday, Kuttruff H., Nazli Bin Che Din, Toru Otsuru, Kusno Asniawaty, Dalenback B.I., Kleiner M., Prince D., Mechel F., Nagatomo H., Ushiyama A. (основные исследования в области снижения шума в домах и промышленных предприятиях); И.И. Клюкин [100,101], А.Е. Колесников, В.Т. Ляпунов, А.С. Никифоров (борьба с шумом и звуковой вибрацией на судах); О.М. Поболь, В.И. Чудаков, Я.И. Коритисский, Desmet W., Pluymers B., Sas P., Mohanty A.R., St.Pierre B.D. (борьба с шумом в легкой промышленности) [136,139,148,151]; И.Е. Цукерников, В.М. Мякшин, Б.А. Селиверстов [143-145,97,113,109] (шум в пищевой промышленности); И.Н. Заплетников [38,83,89], И.Н. Лебедев [43], А.С. Соколов [131,132], Д.О. Еременко [87,88,90], А.К. Пильненко, А.В. Гордиенко [81], В.А. Кириченко [51,73,98] (борьба с шумом торгово-технологического оборудования); О.Ц. Андреева-Галанина, Т.О. Орлова, Л.М. Хаймович, Г.О. Суворов, Н.П. Беневоленская, О.О. Меньшов, О.М. Кадискина, Asuquo U.E., Asuquo A.U., Passchier-Vermeer W. (медицинские аспекты шума, гигиеническое нормирование шума) [10,18,20,105,109,117].

Актуальность темы:

Диссертационная работа посвящена исследованию влияния основных параметров очистительного и измельчительного технологического оборудования предприятий питания (производительность, масса, установленная мощность электродвигателя) на его виброакустические характеристики. Математических зависимостей между основными параметрами оборудования и его шумовыми

характеристиками в технической литературе не существует как в аналитическом, так и в эмпирическом виде. Решение этой задачи позволит рассчитать виброакустические характеристики оборудования предприятий питания на стадии проектирования новой машины.

Связь работы с научными программами, планами, темами.

Работа содержит результаты исследований, выполненных автором в плане госбюджетной тематики НИР ГО ВПО «ДонНУЭТ» Д2013-1 «Виброакустика оборудования пищевых производств. Теория, эксперимент, эволюция» (№0113U000629), «Разработка научно-технических основ создания и усовершенствование конструкций технологического механического оборудования предприятий питания», (№ 0108U011130), Д2016-2 «Повышение эффективности эксплуатационных параметров и характеристик оборудования пищевых производств».

Цель работы - установление закономерностей квалитетической оценки влияния ШХ на качество конструкции оборудования на примере очистительного и измельчительного оборудования предприятий питания.

Для достижения этой цели необходимо реализовать следующие задачи:

- проанализировать конструкции существующего очистительного и измельчительного оборудования предприятий питания и выявить их конструктивные особенности, влияющие на его ВАХ;
- экспериментально определить ВАХ очистительного и измельчительного оборудования предприятий питания, используя современные методики проведения экспериментальных исследований ВАХ;
- определить относительные ШХ (ОШХ) исследуемого оборудования, установить взаимосвязь ОШХ с основными параметрами оборудования;
- разработать методику оценки влияния ШХ машин на качество конструкции оборудования на примере очистительного и измельчительного оборудования предприятий питания;

- разработать предложения по совершенствованию конструкций очистительного и измельчительного оборудования с целью улучшения его виброакустических характеристик;

- внедрить результаты исследований в учебный процесс, на предприятиях пищевых производств и предприятиях питания.

Объектом исследований в данной работе являются виброакустические процессы в технологическом оборудовании предприятий питания.

Предмет исследования – ВАХ очистительного и измельчительного оборудования предприятий питания.

Методы исследования. Теоретические методы: анализ информационных источников в области виброакустики технологического оборудования, методы математического моделирования. Экспериментальные методы: технический метод определения виброакустических характеристик оборудования; методы математической статистики для обработки и моделирования результатов экспериментальных исследований, метод планирования эксперимента.

Научная новизна полученных результатов заключается в установлении эмпирических выражений изменения ВАХ машин для очистки и измельчения овощей в зависимости от основных параметров данного оборудования; обосновании закономерностей их связи с основными параметрами оборудования.

Практическое значение полученных результатов:

- определены относительные ВАХ очистительного и измельчительного оборудования предприятий питания по шкале А и в октавных полосах частот;

- установлены статистические закономерности их связи с основными параметрами оборудования, позволяющие прогнозировать виброакустические характеристики машин на стадии их проектирования;

- разработан алгоритм и программа расчета относительных шумовых характеристик оборудования предприятий питания и оценки качества оборудования предприятий питания по его шумовым характеристикам

- разработаны предложения по улучшению конструкции для овощерезательных и очистительных машин, позволяющие уменьшить

динамические нагрузки, исключить повреждения рабочего органа, снизить вибрационные нагрузки на подшипниковые опоры и оператора, увеличить надежность и долговечность работы машины.

Личный вклад автора заключается в анализе состояния проблемы, обосновании и формировании темы диссертации, выборе направления и разработке методики исследований, создании экспериментального стенда для определения ВАХ овощерезки и картофелечистки, математической обработке результатов экспериментальных исследований, создании математических моделей, описывающих виброакустические процессы измельчительного и очистительного оборудования, проверке достоверности полученных результатов, формулировании выводов, разработке алгоритма и программы расчета ОШХ оборудования и оценки влияния ШХ машин на качество конструкции оборудования на примере очистительного и измельчительного оборудования предприятий питания.

Апробация результатов диссертации.

Основные результаты по теме диссертационной работы докладывались на VII Международной научной конференции студентов и аспирантов «Техника и технология пищевых производств» 22-23 апреля 2010 г., МГУП, Могилев; Международной научно-технической конференции «Прогрессивная техника и технологии пищевых производств, ресторанного и гостиничного хозяйств и торговли. Экономическая стратегия и перспективы развития сферы торговли и услуг», 19 апреля 2011, ХГУПТ, Харьков; VII Международной научно-технической конференции «Проблемы пищевых технологий и питания. Современные вызовы и перспективы развития», 7-9 сентября 2011 г., ДонНУЭТ, Святогорск; Международной научно-практической конференции «Инновационные энерготехнологии», 5-9 сентября 2011 г., ОНАПТ, Одесса; Всеукраинской научно-практической конференции молодых ученых и студентов «Актуальные проблемы развития пищевых производств, ресторанного и гостиничного хозяйства и торговли», 25 апреля 2012 г., ХГУПТ, Харьков; The 19th International Congress on Sound and Vibration, July 08-12, 2012, Vilnius,

Lithuania; III международной научно-практической конференции научной молодежи и студентов «Современные проблемы развития легкой и пищевой промышленности», 21 сентября 2012, Евпатория; XIX Международной научно-технической конференции «Машиностроение и техносфера XXI века», 17-22 сентября 2012 г., Севастополь; Межвузовском научно-практическом семинаре, 20.03.2014, Полтава; V Всероссийской научно-практической конференции «Защита от повышенного шума и вибрации» с международным участием, 18-20 марта 2015 г., Санкт-Петербург; Международной научно-технической конференции «Машиностроение и техносфера XXI века», 12-19 сентября 2016 года, г.Севастополь; Международной научно-технической конференции «Повышение эффективности процессов и аппаратов в химической и смежных отраслях промышленности», посвящённой 105-летию со дня рождения А.Н. Плановского, 8-9 сентября 2016 г., Московский государственный университет дизайна и технологии, Москва; X Международной научной конференции студентов и аспирантов «Техника и технология пищевых производств», 28–29 апреля 2016 г., МГУП, Могилев; VI Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Защита от повышенного шума и вибрации», 21 – 23 марта 2017 г., Санкт-Петербург; ежегодной конференции преподавателей ДонНУЭТ, Донецк; II Международной научно-практической конференции «Современные процессы в пищевых производствах и инновационные технологии обеспечения качества пищевых продуктов», 16-17 ноября 2017г., Донецк; Межвузовской научно-практической конференции студентов и курсантов «Наука, молодежь – 2017», 26 октября 2017, Керчь; Международной научно-технической конференции «Техника и технология пищевых производств», 19-20.04.2018 г., Могилев; Международной научно-технической конференции «Инновационные перспективы Донбасса», 22-25.05.2018 г., Донецк

По теме диссертации опубликовано 35 научных трудов, в том числе 15 статей в профильных изданиях, 19 статей в научных журналах и сборниках трудов конференций, 1 патент Украины на полезную модель № 115864.

РАЗДЕЛ 1.**АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР КОНСТРУКЦИЙ СОВРЕМЕННОГО
ОБОРУДОВАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ПИТАНИЯ**

Развитие предприятий питания неизбежно связано с механизацией и автоматизацией производственных процессов, механизацией ручного труда. Об этом свидетельствуют не только прогнозы ученых СНГ, но и опыт развития таких предприятий в дальнем зарубежье. На мировом рынке неизменно увеличивается объем выпускаемого технологического оборудования предприятий питания, ведется его непрерывное усовершенствование, и, особенно, в направлении улучшения его комфортности и экологичности. Насыщение предприятий питания технологическим оборудованием приводит к возрастанию уровня производственного шума [40-42]. Уровень шума в производственных помещениях предприятий питания при работе технологического оборудования достигает 60-80 дБА, а при плохом техническом обслуживании, которое имеет место при существующей системе ремонтно-монтажных комбинатов, достигает и 90 дБА. В зависимости от длительности и величины уровня шума степень этого влияния на организм оператора различна. По данным медицинских исследований, проведенных как в странах СНГ, так и за рубежом, установлено, что воздействие шума приводит к снижению слуховой чувствительности (тугоухость), изменению функций пищеварения, сердечнососудистой недостаточности, нейроэндокриновым расстройствам. Шум действует, прежде всего, на органы слуха, повреждение которых носит необратимый характер. Трудности с пониманием речевых сигналов отражаются на их профессиональных способностях и повышают вероятность несчастных случаев на производстве и в быту [128,11,108,117,135].

Кроме воздействия шума на органы слуха, раздражение через волокна слуховых нервов передается в центральную и вегетативную нервную системы, которые влияют на функции внутренних органов. Нарушается деятельность

желудочно-кишечного тракта, выражающаяся в ухудшении состава желудочного сока и снижении кислотности. Выявлено также повышенное выделение гормона надпочечных желез и адреналина, которое вместе с изменениями некоторых других показателей представляют собой типичную картину стрессовой реакции.

Воздействие шума на вегетативную нервную систему проявляется даже при небольших уровнях шума (40-70 дБА) и не зависит от субъективного восприятия шума человеком. При этом происходит нарушение периферического кровообращения за счет сужения капилляров кожного покрова и слизистых оболочек, а также повышение артериального давления. Длительный шум вызывает торможение секреции слюнных желез, ускорение обмена веществ, изменение электрического сопротивления кожи, снижение ее температуры, нарушение глубины сна вплоть до пробуждения.

Реакция центральной нервной системы на действие шума (уже при уровне 50-60 дБА) выражается в увеличении латентного (скрытого) периода зрительно-моторной реакции, в нарушении подвижности нервных процессов, биоэлектрической активности головного мозга с проявлением общих функциональных изменений в организме, в биохимических изменениях в структурах головного мозга. Изменения в функциональном состоянии центральной и вегетативной нервных системах наступают гораздо раньше и при меньших уровнях шума, чем снижение слуховой активности.

Установлено, что, начиная с достаточно низких уровней шума (39 дБА), в организме человека возникают изменения психоэмоциональных реакций. Воздействие шума на психику возрастает с увеличением частоты и уровня, а также с уменьшением ширины полосы частот шума. На глубины этой реакции существенное влияние оказывает место пребывания человека в момент воздействия шума, время суток и его расположение по отношению к источнику шума.

Производственный персонал, работающий в условиях длительного шумового воздействия, испытывает раздражительность, головные боли, головокружение, снижение памяти, повышенную утомляемость, снижение

аппетита, боли в ушах и т.д. Под воздействием шума снижается концентрация внимания, нарушаются физиологические функции, появляется усталость в связи с повышенными энергетическими затратами и нервно-психическим напряжением. Все это снижает работоспособность оператора и его производительность, ухудшает безопасность труда, приводит к возникновению профессиональных заболеваний, увеличивает текучесть кадров на предприятиях.

Всемирный Совет здоровья определяет здоровье не только как отсутствие болезни, но и как полное психическое, физическое и социальное здоровье. Исходя из этого представления о здоровье трудящихся, шум, с уровнями, лежащими даже ниже опасной для слуха границы (80 дБА), расценивается как опасный для здоровья, поскольку вызывает нарушения физических и социальных сторон здоровья [15,16,129].

С целью улучшения условий производственной деятельности трудящихся и сохранения их здоровья, в странах СНГ и дальнем зарубежье предпринимаются меры, направленные на борьбу с производственным шумом.

На повышенный уровень шума в цехах предприятий общественного питания обратили внимание еще в 1974 г. А.Н. Вышелесский и А.И. Черенков [23]. Они указали на необходимость снижения уровня шума его источников – торгово-технологического оборудования.

С 1978 г. по настоящее время на кафедре оборудования пищевых производств Донецкого государственного университета экономики и торговли им.Туган-Барановского и объединениями торгового производственного машиностроения, проектными и исследовательскими организациями систематически ведутся работы по улучшению ВАХ серийно выпускаемого промышленностью и вновь проектируемого торгово-технологического оборудования. Результаты этих работ обобщены в монографиях И.Н. Заплетникова [38-42] и ряде собственных работ [47,48,51-54], касающихся очистительного и измельчительного оборудования. Этими исследованиями было установлено, что в числе эксплуатируемого на предприятиях питания оборудования ВАХ машин очистительного и измельчительного оборудования

предприятий питания превышают допустимые нормы по ГОСТ 12.1.003, санитарные нормы для предприятий питания при работе с продуктом [28, 131]. К нормируемым ВАХ оборудования относятся скорректированный уровень звуковой мощности L_{pa} и уровни звуковой мощности в октавных полосах частот L_{pi} .

На формирование ВАХ оборудования оказывает влияние ряд факторов: конструктивных, технологических, кинематических, динамических, акустических и др. Определяющим среди них является конструкция оборудования. На основании исследований кафедры оборудования пищевых производств было установлено, что основными источниками шума являются электродвигатель, механические передачи (прежде всего зубчатые), подшипники и взаимодействие рабочего органа с продуктом [41-42].

1.1. Оборудование для очистки овощей

Поскольку первым этапом обработки овощей (после их мойки и калибровки) является очистка их от кожуры, рассмотрели оборудование, которое для этого применяется.

Очистка корнеклубнеплодов от кожуры производится механическим, термическим и химическим способами [111,112,123,124]. Для предприятий питания используются машины, конструкция которых основана на механическом способе очистки. При этом поверхностный слой продукта удаляется путем трения его о кристаллическую абразивную поверхность.

Кроме кристаллической поверхности, в качестве абразива могут использоваться шероховатая поверхность металла или пластмассы. К таким машинам относятся МОК-150, МОК-250, МОК-350, МОК-400 (Белорусторгмаш), а также машины, выпускаемые зарубежными фирмами Германии, России, Италии, Великобритании, Франции, Венгрии, Польши и др. стран.

Конструкция машин периодического действия состоит из вращающегося рабочего органа камеры с абразивной поверхностью. Рабочий орган приводится во вращательное движение от электродвигателя через клиноременную передачу.

Машина загружается через верхнее отверстие в крышке рабочей камеры мытым калиброванным картофелем при включенном электродвигателе. Выгрузка осуществляется через выгрузочный люк без выключения машины. Мезга удаляется водой, которая подается в рабочую камеру.

В зависимости от формы рабочего органа, картофелеочистительные машины периодического действия подразделяют на конусные и дисковые.

Конусные картофелечистки имеют рабочий орган в виде вращающегося усеченного конуса, у которого днище и поверхность конической чаши с внутренней стороны выполнены из абразивного материала. Днище имеет три волнообразных выступа с увеличением высоты волны от центра к периферии рабочего органа.

Дисковые картофелечистки имеют рабочий орган в виде вращающегося диска, верхняя поверхность которого имеет волнообразную форму и выполнена из абразивного материала. На поверхности диска имеются 2...4 волны, высота которых постепенно увеличивается от середины диска к его краям. В центре диска высота волн стремится к нулю.

Некоторые зарубежные образцы картофелечисток периодического действия, которые поставляются и эксплуатируются в нашей стране, имеют рабочий орган в виде вогнутой чаши с плавным переходом от днища к наклонной поверхности. Для очистки лука используется сменный диск с мелкокристаллической поверхностью. Более высокое качество очистки картофеля призван обеспечить ножевой диск. Результат обработки картофеля в этом случае ближе к ручной чистке, чем при использовании абразивного диска, однако глазки все равно приходится вычищать вручную.

На нижней стороне рабочих органов картофелечисток периодического действия расположены вертикальные лопасти для удаления отходов.

Машины с конусным рабочим органом.

А) Машины типа МОК-250. Машины такого типа представляют собой корпус в виде неподвижной цилиндрической камеры, покрытой внутри абразивным материалом, с установленным под ней конусообразным рабочим

органом, приводимым во вращательное движение от электродвигателя через вал редуктора. Цилиндрическая камера закрыта крышкой и снабжена откидной дверкой для выгрузки очищенного картофеля. В корпусе сделано отверстие и расположены лопасти, служащие соответственно для стока и вывода отходов очистки из камеры, а на его внутренней поверхности укреплено съемное абразивное покрытие. Последнее выполнено разборным из волнообразного диска и конических сегментов.

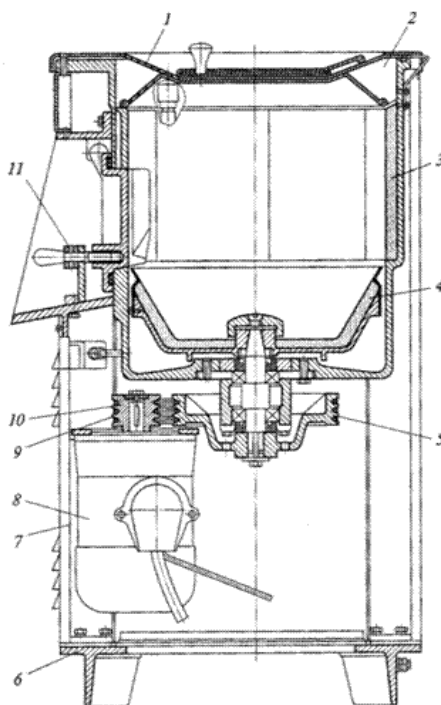


Рисунок 1.1 - Картофелеочистительная машина МОК-250

1 – крышка; 2 – рабочая камера; 3 – абразивный съемный сегмент; 4 – рабочий орган (конус); 5 и 10 – шкивы; 6 – основание; 7 – облицовка; 8 – электродвигатель; 9 – ремень; 11 – загрузочный лоток

Машина работает следующим образом. При вращении конуса картофель, нагруженный в камеру, прижимается к абразивному покрытию боковой поверхности корпуса центробежной силой. Благодаря наклону стенок, клубни, вращаясь по конусу, поднимаются вверх, наталкиваясь на стенки неподвижной камеры, замедляют движение. В результате снижения скорости клубни картофеля под действием собственного веса скатываются на волнообразное днище конуса, перемешиваются и снова отбрасываются к стенкам последнего.

Данные машины получили широкое распространение на предприятиях общественного питания благодаря простоте конструкции и удобству обслуживания.

Б) Машины с двумя рабочими органами. Для увеличения производительности машины в ее кожухе на общем вертикальном валу устанавливают несколько рабочих камер. В корпусе размещены две камеры, автоматически разгружаемые с помощью кулачкового механизма. Камеры покрыты внутри абразивным материалом и смонтированы на вертикальном валу. Каждая из них состоит из двух частей - верхней, образованной криволинейными наклонными стенками, и нижней, представляющей собой усеченный конус, причем эти части установлены на валу таким образом, что во время работы они вращаются в противоположных направлениях.

Работает машина следующим образом. Продукт, загружаемый через лоток и воронку в верхнюю камеру, попадает на ее вращающуюся нижнюю часть. При вращении клубни под действием возникающей центробежной силы прижимаются к абразивной поверхности нижней части камеры и перемещаются по ней по направлению к верхней части. Соприкасаясь с последней, клубни падают на дно камеры и начинают опять подниматься. При таком интенсивном перемешивании клубни очищаются. Спустя некоторое время, например 10-15 сек, нижняя часть камеры опускается и продукт попадает в нижележащую камеру, в которой повторяется обработка.

Машина имеет более сложную конструкцию, чем машина с одним конусным рабочим органом. При этом производительность такой машины выше, как следствие – эти машины применяются, в основном, на крупных предприятиях общественного питания.

В) Моечно-очистительные машины. Моечно-очистительная машина содержит корпус, укрепленный на приводном валу, моечно-очищающий орган, штуцер для подачи воды, трубопровод для загрязненной воды, отстойник крахмала, электродвигатель. Корпус выполнен в виде усеченного конуса, расположен горизонтально и состоит из собственно корпуса и крышки, содержащей

разгрузочное окно, загрузочное окно с загрузочным бункером. На штуцере подачи воды в зазоре между корпусом и крышкой укреплен с возможностью вращения диск с рычагом поворота и погрузочно-разгрузочная машина. На диске укреплен волнообразный очищающий элемент, выполненный в виде сектора. Внутренняя поверхность моечно-очищающего органа снабжена зубьями, укрепленными под углом к ней в плоскости, перпендикулярной оси моечно-очищающего органа. Вал с установленным на нем моечно-очищающим органом приводится во вращение реверсивным электродвигателем через редуктор. Для отвода загрязненной воды, мезги и крахмала предусмотрен сливной штуцер, к которому подвижно закреплена сливная воронка, соединенная с рычагом поворота приводным тросом, а с корпусом - возвратной пружиной. Для сбора мезги и промывки ее предусмотрены сита. Отстойник крахмала снабжен сливными кранами.

В машинах такой конструкции перемещение продукта происходит менее интенсивно, чем в машинах с коническим рабочим органом, что приводит к более неравномерному истиранию продукта, и, как следствие, к увеличению количества отходов.

Г) Машины с дисковым рабочим органом. Устройство содержит корпус, в котором размещён перфорированный цилиндр, закреплённый на расположенном внутри него валу, подсоединённом к приводу, загрузочный бункер в верхней части корпуса, разгрузочные патрубки в нижней части корпуса, абразивные элементы, выполненные в виде дисков, расположенных поярусно. Устройство дополнительно содержит прикрепленные к внутренней поверхности ловушки, отбойные и направляющие пластины, абразивные элементы закреплены на внешней поверхности перфорированного цилиндра, ловушки выполнены в виде секторных коробчатых элементов, соединяющих последовательно по два межъярусных пространства, отбойные пластины выполнены в виде секторных кольцевых элементов и расположены по периметрам межъярусных пространств, а направляющие пластины расположены в межъярусных пространствах в радиальном направлении и одним концом закреплены на внутренней поверхности корпуса с возможностью их поворота вокруг горизонтальной оси, причем полый

перфорированный цилиндр закреплен на валу, который снабжен лопастями, а к внутренней полости перфорированного цилиндра подсоединен патрубок для подачи воды.

Машины данного типа имеют более сложную конструкцию и, как следствие, более высокую стоимость, чем машины с коническим рабочим органом.

Д) Машины с вибрирующим рабочим органом. В машине рабочий орган выполнен в виде неподвижно закрепленного на вертикальной трубе шнека, снабженного в верхней части вибратором, а ороситель выполнен в виде навитого вокруг трубы спирального коллектора.

На неподвижных опорах установлена вертикальная конусообразная камера с перфорированными шероховатыми стенками. В центральной части камеры, вдоль её оси, смонтирован рабочий орган с абразивным покрытием, выполненным в виде неподвижно закреплённого на вертикальной трубе шнека, снабжённого в верхней части вибратором со сдвоенными дебалансами. Вокруг трубы навит ороситель, выполненный в виде спирального коллектора.

Для отвода земли и мезги в процессе обработки предусмотрен сборник отходов, оканчивающийся патрубком. Исходный материал поступает в машину через воронку, а очищенный продукт выгружается по перфорированному лотку.

Машина работает следующим образом. Корнеплоды из воронки подаются в конусообразную камеру на лопасти шнека. На рабочем органе, продвигаясь по спирали вниз, они интенсивно отмываются и очищаются на абразивных поверхностях шнека и камеры. Очищенный продукт поступает на лоток; мезга, земля и другие отходы вместе с водой проходят через отверстия в стенке камеры и лотке и удаляются по патрубку в отходы. Машины такого типа распространены на крупных предприятиях общественного питания.

Е) Машины с винтовым вибрационным рабочим органом. Устройство содержит вибросито, приводимое в колебательное движение по винтовой траектории вибратором. На вибростоле установлена рабочая камера, выполненная в виде кольцевого желоба, внутри которого по всей его длине помещен рукав,

соединяющий разгрузочный патрубок с рабочей камерой и выходное отверстие загрузочного бункера, установленного над рабочим органом по его центральной оси на вертикальных направляющих. Разгрузочный патрубок находится выше нижнего уровня желоба для отвода очищенных овощей без абразивных тел.

Способ очистки овощей от кожуры осуществляется следующим образом. Калиброванные овощи загружают в бункер, установленный на вертикальных направляющих, соединенных с вибростолом, опирающимся на рессоры. Под действием винтовых вибраций, создаваемых вибратором, овощи из выходного отверстия бункера поступают в *n*-угольный рукав. Затем под действием вертикальных составляющих винтовых колебаний, а также собственного веса столба овощей в кольцевом желобе рабочей камеры овощи поступают и перемещаются в рукаве внутри потока абразивных тел, движущихся по замкнутой траектории за счет винтовых вибраций. При перемещении овощей по кольцевому желобу рабочей камеры внутри потока абразивных тел их поверхность одновременно взаимодействует с поверхностями различных по форме и размерам абразивов. В результате интенсивного истирания кожуры абразивами происходит очистка овощей с одновременным смывом кожуры водой с помощью душирующего устройства и удалением через перфорацию желоба рабочей камеры с последующим поступлением на кольцевой сборник и через выходной патрубок в отстойник. Очищенные овощи непрерывным потоком через разгрузочный патрубок рабочей камеры поступают в специальную тару. При этом данные машины имеют небольшую производительность и достаточно высокий уровень шума.

Машины очистки корнеклубнеплодов фирм дальнего зарубежья.

Компания УМС (Великобритания) производит три серии очистительных машин: серия V – настольная, предназначенная для использования на кухнях с дефицитом площади, серия М – стационарная. Наиболее популярная благодаря полному решению вопроса сбора отходов очистки и наличию возможности замены дисков (шесть сменных дисков) и как следствие – уникальная многофункциональность. Эта серия выпускается компанией в трех моделях – М5,

M10, M15. Серия S – стационарная, предназначена только для крайне интенсивного использования машины при обработке большого количества продукции на фабриках, выпускающих полуфабрикаты.

Серия V. Конструкция машины выполнена из металлического сплава, покрытого толстым пластиком, округлые края конструкции делают машину более легкой и удобной в эксплуатации. Благодаря небольшой высоте машины и малого веса ее легко можно перемещать с рабочей поверхности стола на его нижнюю полку. Машина очень прочная по конструкции. Установка, использование и обслуживание не требует значительных затрат времени и средств. Труба сброса отходов может быть установлена с правой или левой стороны машины. Имеется механический таймер, низковольтное управление, встроенный штуцер для подачи воды и сброса отходов. Привод машины (250 Вт) работает при напряжении питания 220В переменного однофазного тока с частотой 50 Гц, максимальная сила тока 10А. Ременная передача. Время очистки одноразовой загрузки от 1 до 2 минут.

Серия M. Машины этой серии гарантируют идеальную чистоту вокруг места эксплуатации, что очень важно при ее использовании на кухне, где совмещены сырьевой и тепловой цикл обработки пищи. В стандартную комплектацию машины данной серии входит: корундовый диск для очистки картофеля, низковольтный переключатель и таймер, размещенные, на лицевой панели машины, устройство с фильтром для отходов, полная магнитная защита. Конструкция выполнена из нержавеющей стали.

Фирма «METOS» (Финляндия) выпускает моечно-очистительные машины M-5, M-10, M-15, CM-36, которые предназначены для мойки и очистки овощей, корнеклубнеплодов и мойки зелени.

Рабочая камера машин выполнена в виде цилиндрического корпуса из анодированного алюминия, закрывается крышкой на шарнире из прозрачной пластмассы. На крышке установлен магнитный выключатель, не допускающий работу машины при открытой крышке.

Абразивный диск для очистки картофеля и корнеклубнеплодов входит в стандартную комплектацию машины. Дополнительно модель может комплектоваться моечным диском, диском для очистки лука, ножевым диском и

центрифугой для мойки зелени. Моечный диск рекомендуется использовать перед ножевым диском (для мойки корнеклубнеплодов перед очисткой). Диск для лука применяется для снятия наружного слоя с корнеклубнеплодов лука.

В ножевом диске установлены съемные ножи, что обеспечивает возможность их периодической заточки.

Внутри камеры под рабочими дисками расположены лопасти (для направления отходов к отверстию на дне).

Все эти модели моечно-очистительных машин снабжены кнопками управления и таймером на 1...4 минуты. Кнопки управления влагозащищены и расположены на передней панели машины.

Овощечистка EL 65 (фирма «DUO SAMA», Италия) предназначена для очистки овощей и устанавливается на предприятиях питания средней и большой мощности. Очистка овощей происходит при быстром вращении рабочего конуса в течении 1...2 минут, при этом овощи очищаются от кожуры и промываются водой. Скорость вращения рабочего конуса устанавливается в зависимости от вида очищаемых овощей (морковь, картофель, шпинат, петрушка и т.д.). При этом рабочую камеру заполняют овощами на $\frac{2}{3}$ высоты. Аппарат сконструирован из нержавеющей стали. Крышка выполнена из прозрачного материала, что позволяет наблюдать за процессом очистки без открывания крышки. Под крышкой установлен предохранительный датчик, выключающий аппарат при открывании крышки. Трапецеидальный приводной ремень позволяет поддерживать скорость вращения рабочей камеры в заданных пределах. Блок управления размещен в верхней части аппарата – герметичной коробке, предотвращающей попадание воды. Продолжительность очистки овощей устанавливается таймером.

Картофелечистки модельного ряда EP (фирма «ROBOT COUPE», Франция) устанавливаются на предприятиях питания и предназначены для очистки от кожуры картофеля, свеклы, моркови и других корнеплодов. Конструкция машины выполнена из нержавеющей стали, сверху рабочая камера закрывается металлической крышкой.

В стандартную комплектацию машин данной серии входят чистящий диск с абразивным покрытием, корзина для отходов, шланг для подключения к

водопроводу. Низковольтный переключатель и таймер размещены на лицевой панели машины. Предохранительная система блокирует работу электродвигателя при открытой крышке загрузочного устройства.

Дополнительно картофелечистки могут комплектоваться: дисками для очистки морепродуктов, диском для очистки репчатого лука, диском для очистки мелкого репчатого лука и чеснока, моющим диском, диском-корзиной для мойки и сушки зелени. Машины устанавливаются на специальных подставках-стендах. Время обработки одноразовой загрузки овощей – 1...2 минуты.

Картофелечистки PP 4 ECO, PP 4 EXPO, PP 8 EXPO (фирма «SIRMAN», Италия). Корпус картофелечисток выполнен из нержавеющей стали. Загрузочное устройство закрывается крышкой из прозрачного материала для контроля степени очистки овощей. На крышке загрузочного устройства и дверцы для выгрузки смонтированы микровыключатели безопасной эксплуатации.

Картофелечистки серии С 25/56 (фирма «METOS», Финляндия) предназначены для очистки картофеля и других корнеклубнеплодов на предприятиях питания. Все модели выполнены из нержавеющей стали. Внутренняя поверхность рабочей камеры покрыта абразивным материалом.

Моечно-очистительные модели машины. Рабочая камера облицована резиной, рабочий диск может быть моечным или очистительным. Машины подключаются к водопроводу и канализации. Приводное устройство машины состоит из электродвигателя и зубчатой передачи. Шкаф-коробка управления устанавливается на стене, где на панели управления расположены кнопки «Пуск», «Стоп», реле времени, приборы автоматики и блокировки машины.

Картофелечистки модельного ряда PL-LC (фирма «AMB», «Zanussi», «Emmeri», Италия) предназначены для очистки картофеля и корнеклубнеплодов (свеклы, моркови, лука. рис. 1.2 - 1.5). Устанавливаются на предприятиях питания средней и большой мощности. Модель PL-LC/4 выполнена в настольном исполнении. Корпус машины выполнен из нержавеющей стали. Поверхности рабочей камеры покрыты абразивным материалом. Картофелечистки подключаются к водопроводу и канализации.

Все модели машин оснащены регуляторами степени очистки овощей.

Картофелечистки серии OZP (фирма «VARIMEX», Польша) выпускаются с мойкой, расположенной параллельно рабочей камере в одном корпусе машины, выполненном из нержавеющей стали.

Картофелечистка DBC-25-01 (фирма «CROYDON», Бразилия) выполнена в напольном варианте, барабан и вращающийся диск покрыты специальным абразивным материалом (рис. 1.3). Для ее установки можно использовать специальную подставку.

Картофелеочистительные машины KG 1501 и KG 1503 (фирма «TRANSELEKTRO», Венгрия) устанавливаются на предприятиях питания средней и большой мощности. Терочный диск и барабан этих машин имеют покрытия из абразивных материалов на цементной связке. Вращение от двигателя к рабочему органу передается через клиноременную передачу.



Рисунок 1.2 - Картофелечистка (Zanussi) –2 Рисунок 1.3 - Картофелечистка DBC - 25-01

Сведения о ВАХ рассмотренных машин очистки корнеклубнеплодов фирм дальнего зарубежья в литературе отсутствуют.

Проанализировав конструкции вышерассмотренных машин, можно сделать вывод, что на предприятиях общественного питания наиболее распространенными являются картофелечистки с коническим рабочим органом. Это объясняется низкой стоимостью, простотой обслуживания и эксплуатации,

относительно небольшими габаритами данных машин, а также тем, что данные машины – периодического действия и их удобно использовать при необходимости произвести очистку корнеклубнеплодов определенной массы.



Рисунок 1.4 - Картофелечистка (Zanussi) -1 Рисунок 1.5 – Картофелечистка (Emmeri)

Таблица 1.1 - Технические данные машин очистки корнеклубнеплодов

Показатели	МОК-125	МОК-250	МОК-350	МОЛ-100	МОК-400	МОК-1200	FIMAR PPN/5	PP 4 EXPO
Производительность, не менее, кг/ч	125	250	350	100	400	1200	60	80
Вместимость рабочей камеры, дм ³	16	28	-	-	50	-	-	-
Частота вращения рабочего органа, об/мин	360	360	360	360	360	-	-	-
Частота вращения вала электродвигателя, об/мин	1420	1420	1420	1000	2800	-	-	-
Номинальная мощность эл-ля, кВт	0,4	0,6	0,55	0,37	1,1	3,75	0.37	0.4
Габариты, мм:								
длина	530	630			690	1230	520	400
ширина	380	430			495	850	630	420
высота	835	920			1015	1830	590	920
Масса, не более, кг	85	105	70	55	155	430	37	31

1.2. Измельчительное оборудование

На пищевых предприятиях широко применяются такие механические операции обработки продуктов, как нарезка, измельчение и протирка сырых и вареных овощей, фруктов, зелени, вареных мяса и рыбы, круп и т.д. Для этого применяются различные виды механического оборудования - овощерезки, протирочное оборудование, блендеры и слайсеры. Все они относятся к измельчительно-резательному оборудованию.

1.2.1. Овощерезательное оборудование предприятий питания

Для нарезки сырых и вареных овощей на предприятиях питания применяются овощерезательные машины и сменные механизмы. Промышленностью выпускаются овощерезки с ручным и механическим приводом.

Форма нарезаемых частиц овощей зависит от конструкции и формы рабочих инструментов - ножей, а также от конструкции машин. Наиболее распространенными формами нарезки являются ломтики, брусочки, соломка, стружка, дольки и т.д.

Овощерезательные машины и механизмы в зависимости от принципа работы делятся на дисковые, роторные, пуансонные и универсальные (комбинированные) [33,111,135].

В пуансонных овощерезательных машинах измельчение продукта происходит при его продавливании через неподвижную ножевую решетку (определенной формы) с помощью поршня - пуансона. Такие овощерезки в основном используются в виде сменных механизмов и предназначены для фигурной нарезки сырых овощей в форме кубиков, долек и т.д. Они состоят из корпуса, внутри которого расположены червячный редуктор, кривошипно-шатунный механизм с коленчатым валом, шатуном и пуансоном, а также сменный рабочий режущий инструмент в виде ножевой решетки.

Принцип работы данных машин следующий, предварительно нарезанные ломтиками сырые овощи подают в загрузочное отверстие, откуда они попадают на ножевую решетку и продавливаются через нее пуансоном. Форма ячеек ножевой решетки соответствует форме нарезки.

В роторных машинах в рабочей камере находится ротор с прикрепленным к нему диском, а к диску крепятся лопасти. После включения машины лопасти начинают вращаться, развивая центробежную силу. Загружаемые овощи под действием центробежных сил прижимаются к стенкам рабочей камеры, на которой установлены сменные неподвижные ножи.

Роторная овощерезательная машина предназначена для использования на крупных предприятиях питания (Рис. 1.6). Рабочие органы выпускаются в двух модификациях - барабаном и ручным приспособлением. Конструкция ручного приспособления аналогична МРО. В барабане рабочая камера имеет цилиндрическую форму и на боковой поверхности цилиндра установлен ножевой блок.

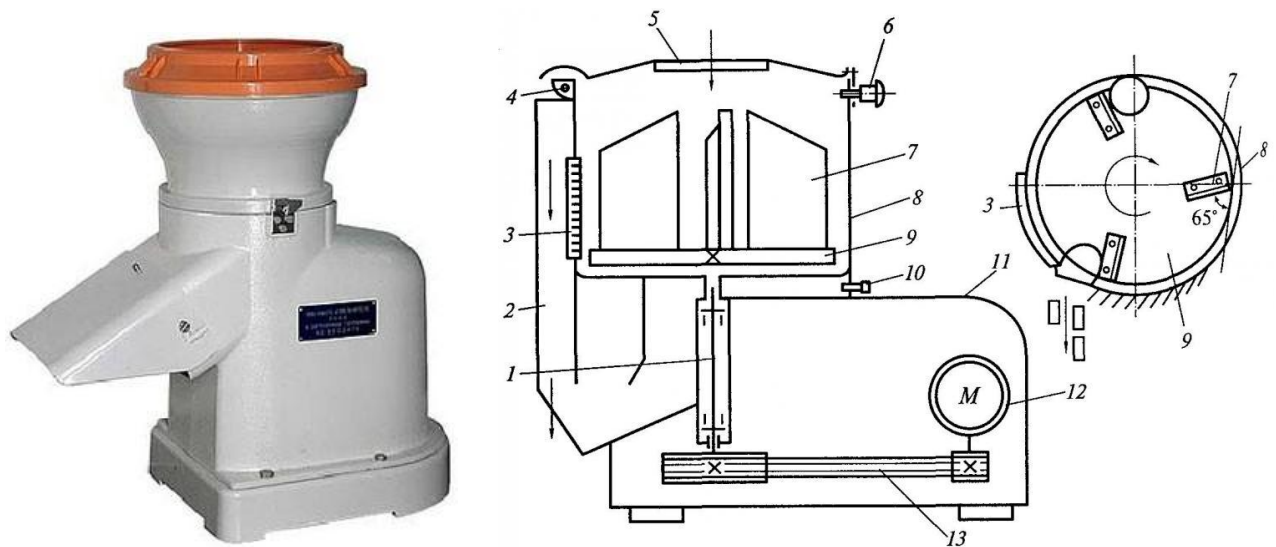


Рисунок 1.6 – Роторная овощерезательная машина:

- а – общий вид; б – схема в разрезе: 1 – вал, 2 – разгрузочный бункер, 3 – щетки, 4 – кронштейн, 5 – толкатель, 6 – винт-фиксатор, 7 – лопасти, 8 – корпус, 9 – вращающийся диск, 10 – винт, 11 – приводная секция, 12 – электродвигатель, 13 – клиноременная передача

В дисковых машинах срез продукта происходит за счет прижатия продукта к поверхности вращающегося диска с закрепленными на нем режущими ножами.

Толщина срезаемого слоя зависит от расстояния между поверхностью диска и режущей кромкой ножа. При этом продукт находится в неподвижном состоянии.

Дисковые овощерезательные машины и механизмы применяются для нарезки сырых овощей. Принцип их действия и конструкция примерно одинаковы. Данные овощерезательные машины и механизмы состоят из корпуса, в котором находится вертикальный приводной вал и привод, состоящий из электродвигателя и клиноременной передачи. На приводном валу крепится сменный рабочий инструмент.

В комплект рабочего инструмента овощерезательных машин входят опорные диски с закрепленными на них ножами различной формы для шинковки капусты, нарезки ломтиками или брусочками, а также терочные диски для нарезки соломкой и стружкой. Под рабочим инструментом на приводном валу устанавливается сбрасыватель, представляющий собой лопасти для удаления нарезанных овощей через разгрузочное отверстие. Сверху к корпусу крепится загрузочное устройство, в котором расположена одна или несколько рабочих камер (для шинковки капусты, нарезки заготовок прямоугольной, цилиндрической и круглой формы).

Для обеспечения безопасной работы на овощерезательном оборудовании подачу овощей в направлении рабочих инструментов производят только с помощью толкателя при вращающихся рабочих инструментах. Нарезанные овощи удаляются из рабочей камеры через отверстия в опорных или терочных дисках.

Поскольку машины дискового типа являются наиболее распространенными на предприятиях питания, рассмотрим некоторые конструкции овощерезок, представленных на рынке нашей страны.

Резальная машина Гамма-5А. Машина состоит из литого чугунового корпуса, к верхней части которого, с помощью задвижек крепится сменное загрузочное устройство, а в нижней – расположена приводная часть.

На верхний конец приводного вала, расположенного в рабочей камере машины, насажен опорный диск с ножами. Он крепится на валу специальным винтом. Ножи приводятся в движение электродвигателем через клиноременную передачу. Загрузка машины продуктом осуществляется вручную, а выгрузка –

путем прохождения долек продукта через отверстия ножей. Нарезанный продукт с помощью сбрасывателя подается из разгрузочного бункера в тару.

Овощерезка МПР-350М. Машина предназначена для протирания вареных продуктов (картофеля, свеклы, моркови, жидких каш, гороха, фасоли, яблок и т.д.), нарезки сырых и вареных продуктов (картофеля, свеклы, моркови, лука, огурцов, томатов и т.д.) на частицы разной геометрической формы, тонкого измельчения картофеля, моркови, а также шинковки капусты. Машина состоит из пластмассового корпуса, двух загрузочных приспособлений, сменных рабочих органов и привода. Привод включает в себя электродвигатель и клиноременную передачу. Рабочие органы устанавливаются в верхней части корпуса, нижняя наклонная часть которого служит для выхода переработанных продуктов. Сброс переработанного продукта осуществляется сбрасывателем. Сверху на корпус устанавливается одно из приспособлений - для нарезки овощей или для протирки продуктов.

Машины овощерезательные МРО 50-200 (Рис. 1.7) и МРО 400-1000. Предназначены для резки сырых овощей на ломтики, брусочки, соломку, а также для шинковки капусты. Машины состоят из приводной части и двух сменных загрузочных емкостей – барабана и ручного приспособления.

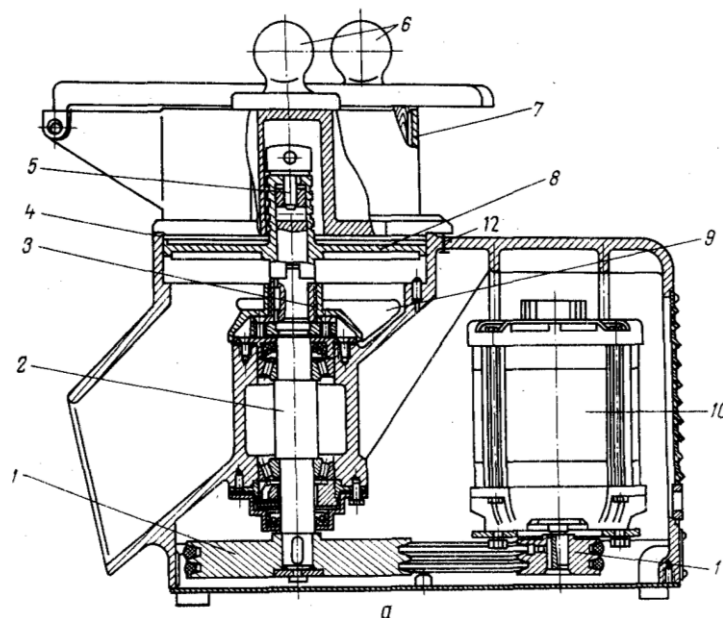


Рисунок 1.7 - Универсальная овощерезательная машина МРО 50-200:
1-шків ведомий; 2 - вал приводной; 3 - стакан; 4 - корпус машины; 5 - прижимной болт; 6 - толкатели цилиндрические; 7 - корпус загрузочного устройства; 8 - переменный режущий инструмент; 9 - сбрасыватель; 10 - электродвигатель; 11 - шків ведущий; 12 – электроблокировка

Емкости в сочетании с соответствующими рабочими органами образуют две отличающиеся по принципу работы овощерезки – роторную и дисковую.

Приводная часть представляет собой корпус с вмонтированными в него электродвигателем с вертикальным приводным валом. Вращение вала передают шкив и клиновой ремень. В корпусе имеются рабочая камера в виде цилиндрической посадочной части для рабочих органов и сообщающиеся наклонный и вертикальный каналы для отвода переработанных продуктов.

Роторная овощерезка состоит из загрузочного барабана, в котором установлен неподвижный рабочий орган, и подвижного ротора, подающего продукт к рабочему органу – ножевому блоку. Последний образуют щека с двумя вилками, обрезающей нож и гребенка. Гребенка выполнена из обоймы, прорезных ножей и запорной планки. В комплект машины входят четыре ножевых блока: блок 3 мм – с одним обрезающим ножом (без гребенки) для нарезки кружочками толщиной 3 мм и шинкования капусты; блоки 3х3 мм, 6х6 мм и 10х10 мм – с обрезающим ножом и соответствующими гребенками 3х3, 6х6 и 10х10 мм для нарезки соломкой и брусочками.

Дисковая овощерезка состоит из загрузочной емкости (ручного приспособления), сменных загрузочных емкостей и принадлежностей. Ручное приспособление служит для загрузки продукта и подачи его при помощи толкателей к рабочим органам.

Овощерезка Inoxtech (HLC-300) предназначена для измельчения продуктов на слайсы, кружочки, кубики. Данная овощерезка предназначена для эксплуатации на предприятиях питания, кафе, баров, ресторанов, пиццерий, супермаркетов. Корпус овощерезки изготовлен из алюминия, а загрузочный блок и все ножи из высококачественной пищевой нержавеющей стали. В комплект овощерезки входят пять ножей: для нарезки кружочками толщиной 2 и 4 мм (P2, P4) и соломкой размером 2, 3 и 7 мм (H3, H4, H7).

Овощерезка Fimar TV2500 предназначена для резки (тонкой нарезки) фруктов и овощей на кусочки различных форм и размеров, натирания сыра, сухарей, шоколада, орехов, шинкования моркови, сельдерея, картофеля, яблок,

свеклы, мягкого сыра и прочих продуктов. Корпус машины покрыт полиуретановой краской, загрузочное отверстие выполнено из пищевой пластмассы, на ручке имеется предохранительный выключатель. Загрузочное приспособление имеет двойное отверстие для загрузки продукта.

Овощерезка SIRMAN TM Inox предназначена для различной нарезки овощей и фруктов, натирания сыра, сухарей, орехов, шоколада, шинкования моркови, сельдерея, картофеля, свеклы. Данная овощерезка проста в использовании и обладает большим разнообразием нарезки (нарезка ломтиками мягких продуктов 5мм; слайсер 3мм; терка 3мм; нарезка кубиков 10x10 мм). Корпус овощерезки выполнен из сплава алюминия и нержавеющей стали.

Универсальная овощерезательная машина Robot Coupe CL30 (Рис. 1.8) предназначена для нарезки сырых овощей ломтиками, брусочками, соломкой и шинковки капусты. Устанавливается машина на амортизаторах на рабочем столе в заготовочном цехе.



Рисунок 1.8 – Овощерезательная машина Robot Coupe CL30a

Приводная часть машины состоит из литого алюминиевого корпуса, электродвигателя, клиноременной передачи и вертикального приводного вала. На верхней части вала, который расположен в рабочей камере машины, установлена втулка с двумя выступами, которые передают вращение рабочим элементам. На

верхний конец вала насажен опорный диск с ножами, закрепленный на валу специальным винтом.

Работает машина следующим образом. Включив электродвигатель, в одно из отверстий загрузочного устройства закладывают овощи и прижимают толкателем к вращающемуся диску. Ножи отрезают от продукта последовательно пласт за пластом в виде ломтиков, колец, брусочков, соломки. Отрезанные частицы продукта проходят в отверстия опорного диска, расположенные под ножами, захватываются вращающимся сбрасывателем и подаются в разгрузочное отверстие.

Овощерезка имеет предохранительную систему защиты от перегрева, которая автоматически останавливает двигатель при очень продолжительной работе или перегрузке. Для подачи продуктов к вращающемуся ножу предусмотрен толкатель. Система датчиков контролирует правильное рабочее положение толкателя, ножей и частей корпуса овощерезки.

Овощерезка может комплектоваться дисками различного назначения: нарезка ломтиками, соломкой, терка.

Данная машина получила широкое распространение на предприятиях общественного питания.

Универсальные (комбинированные) машины используют для нарезки сырых и вареных овощей. В них совмещен принцип действия дисковых и пуансонных овощерезок. Сначала с помощью вращающихся горизонтальных дисковых ножей от продукта отрезается ломтик заданной толщины, а затем он продавливается через неподвижную ножевую решетку с вертикальными прямолинейными ножами.

Устройство комбинированных овощерезательных машин аналогично устройству дисковых овощерезок. Главным отличием является то, что поверхность, на которую устанавливается загрузочное устройство, имеет отверстие, куда при нарезке кубиками или квадратными пластинками вставляется ножевая решетка. Принцип работы таких машин следующий: вращающийся двухлопастной нож отрезает ломтик от продукта, который впоследствии

продавливается наклонной поверхностью ножа и опорного диска в ножевую решетку. Вертикальные ножи ножевой решетки разрезают ломтик на квадратные пластинки или кубики, которые продавливаются через ножевую решетку следующими отрезанными ломтиками и удаляются из машины сбрасывателем.

Из вышеперечисленных машин для нарезки овощей широкое распространение на предприятиях питания получила машина Robot Coupe CL30a, производства Франции. Однако она имеет существенный недостаток: ее ШХ при работе с продуктом достигают 76дБА.

Сведения о ВАХ рассмотренных овощерезательных машин фирм дальнего зарубежья в литературе отсутствуют.

Таблица 1.2 - Технические данные машин и механизмов для нарезки плодов и овощей

Показатели	МРО-400-1000		МРО-50-200	МОП-II-1	МС-10-160	МРО-350	МС-28-100	МРОВ-160	МС18-160	Гамма-5А	Robot Coupe CL-30А
	Диско-вая	Ротор-ная									
Производительность, при нарезке: кг/ч сырых овощей	80...300	600...3500	80...200	160...300	160	350	100	160	160	400	80
вареных овощей	-	-	-	100...200	-	-	-	-	-	-	-
Частота вращения, об/мин											
Ножа	465		480	475	475	480	-	50,6	62	600	375
Бункера (барабана)		465									
Толщина нарезаемых ломтиков, мм	2,6,10	3	2	2,6	2...11		-	4,6	4,6		
Габариты, мм:											
длина	750	750	530	410	370	515	318	470	420	550	320
ширина	510	510	535	295	260	292	342	390	380	290	304
высота	710	710	460	400	320	575	360	500	410	550	590
Мощность эл-ля, кВт	0,8	0,8	0,37	0,6/0,85	0,55	0,37	0,55	0,18	0,55	0,37	0,5
Масса, кг	90	90	55	16	8	27	12,5	25	12	30	15

1.2.2. Протирочное оборудование предприятий питания

Машины для протирки и измельчения применяются для получения паст и пюре из вареных овощей, мяса, творога и др. продуктов. В зависимости от принципа действия они делятся на три группы [33, 112].

Принцип действия машин первой группы основан на высокочастотных колебаниях в сочетании со сдвигом. Они применяются для тонкого измельчения при получении мелкодисперсных пищевых паст из овощей, круп, творога, мяса, рыбы для детского и диетического питания.

Ко второй группе относятся машины, в которых продукт разрезается кромками мелкого сита и продавливается через него. Они применяются для приготовления овощных, мясных и рыбных пюре.

Машины третьей группы предназначены для приготовления овощных пюре непосредственно в варочных котлах путем перемешивания и раздавливания вареных овощей быстро вращающимися лопастями.

В настоящее время на предприятиях общественного питания используются машины и сменные механизмы, относящиеся ко второй и третьей группам.

К протирочному оборудованию второй группы, выпускаемому в России, относятся напольная протирочная машина МВ-800, сменные механизмы МОП II-1 и УММ-7-10, входящий в комплект кухонных машин УКМ и УММ, а также протирочно-резательная машина МПР-350.

Принцип работы машины МПР-350 аналогичен дисковым овощерезкам. Для протирки варенных овощей в ней используется терочный диск с диаметром отверстий 3 мм.

Машина МВ-800 и сменные механизмы МОП II-1 и УММ-7-10 имеют одинаковый принцип действия. Однако машина МВ-800 обладает большой производительностью, но является довольно громоздкой для современных условий производства. Поэтому более распространенным является сменный механизм МОП II-1. Необходимо отметить, что этот механизм называется овощерезательно-протирочным и при использовании различной оснастки может быть как протирочным механизмом, так и дисковой овощерезкой.

Сменный механизм состоит из корпуса, внутри которого находится коническая передача, служащая для передачи движения от универсального привода к рабочему валу механизма. В верхней части корпуса имеется отверстие, в которое при использовании механизма в качестве протирочного оборудования устанавливается сито. Под ситом находится сбрасыватель. С верхней стороны сита к рабочему валу крепятся протирочные лопасти, которые, изогнуты таким образом, что при вращении плотно прижимают к ситиу протираемый продукт. Сверху к корпусу крепится загрузочная камера с воронкой.

Устройство сменного механизма УММ-7-10 отличается тем, что ось вращения протирочных лопастей расположена горизонтально, а плоскость сита – вертикально.

Механизм для протирки супов МКЗ-20 имеет строго ограниченное применение, повышенное энергопотребление и низкий коэффициент использования на предприятиях питания. Протирка осуществляется при помощи подпружиненной лопасти через сито с диаметром 3 или 6 мм.

Особенностью сменного многоцелевого механизма МС 4-7-8-20 является возможность замены протирочной лопасти на щетку при протирке супов. Диаметр отверстий сита, используемого для протирки, составляет 3 мм.

В отличие от рассмотренных ранее сменных механизмов, в конструкции механизма МС 7-10-160 предусмотрен сбрасыватель, который устанавливается на рабочем валу под ситом и позволяет исключить скапливание продукта под рабочей зоной, что в свою очередь ускоряет процесс протирки.

Протирочно-резательная машина МУ-1000 (модель 723-7М) состоит из привода и исполнительного механизма. К особенностям данной конструкции следует отнести наличие на загрузочном бункере двухзаходной улитки, которая направляет сырье к вращающимся лопастям. Последние захватывают сырье, продвигают его вдоль сита и продавливают через его отверстия, превращая в пюреобразную массу. К недостатку данной машины следует отнести низкую производительность.

Протирочная машина МП-800 применяется для протирки вареных продуктов и овощей, фруктов, мяса, печени, рыбы, творога. В корпусе машины располагается электродвигатель, приводящий во вращение через клиноременную передачу вертикальный вал. На нем крепятся сменные рабочие органы в виде лопастного ротора или ротора для протирки косточковых плодов.

Загрузочный бункер крепится к корпусу двумя откидными болтами. Верхняя (конусная) часть бункера служит приемной воронкой, нижняя (цилиндрическая) – рабочей камерой.

На стенке бункера имеется люк для выброса отходов, легко открывающийся и закрывающийся эксцентриковым зажимом. В рабочую камеру устанавливаются неподвижно сита или терочный диск. Протертый продукт удаляется от рабочей камеры вращающимся на вертикальном валу сбрасывателем. Корпус машины выполнен в виде Г-образной рамы из уголков, на которой крепятся металлические листы облицовки, толщиной 0,8 мм.

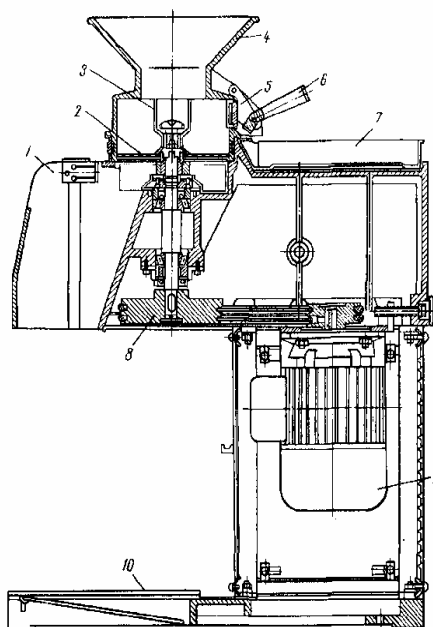


Рисунок 1.9 - Машина протирочная МП-800:

- 1 – лоток; 2 – решетка; 3 – лопастный ротор; 4 – загрузочный бункер;
5 – люк для отходов; 6 – ручка с эксцентриковым зажимом; 7 – емкость для сбора отходов; 8 – клиноременная передача; 9 – электродвигатель; 10 – подставка

Протирочная машина МП-1000 отличается от МП-800 наличием загрузочного устройства сферической формы и выполнением корпуса машины из алюминиевого литья.

Среди оборудования, представленного на рынке нашей страны, следует отметить машину МПР-350-00/01/02. К особенностям данной машины можно отнести более высокую функциональную насыщенность (нарезка и протирка) по сравнению с другими протирочными машинами, имеющими близкий по величине расход мощности привода. Машина выпускается в 3-х вариантах: МПР-350 - для нарезки сырых и протирки варёных продуктов; МПР-350-01 - для протирки варёных продуктов; МПР-350-02 - для нарезки сырых продуктов.

Усовершенствованный вариант данной машины представлен машиной протирочно-резательной МПР-350М. Данная конструкция имеет облегченный пластмассовый корпус.

Основным производителем протирочных машин является Республиканское производственное унитарное предприятие «Торгмаш» (г. Барановичи, Беларусь). Также на предприятиях питания нашли применение некоторые другие машины.

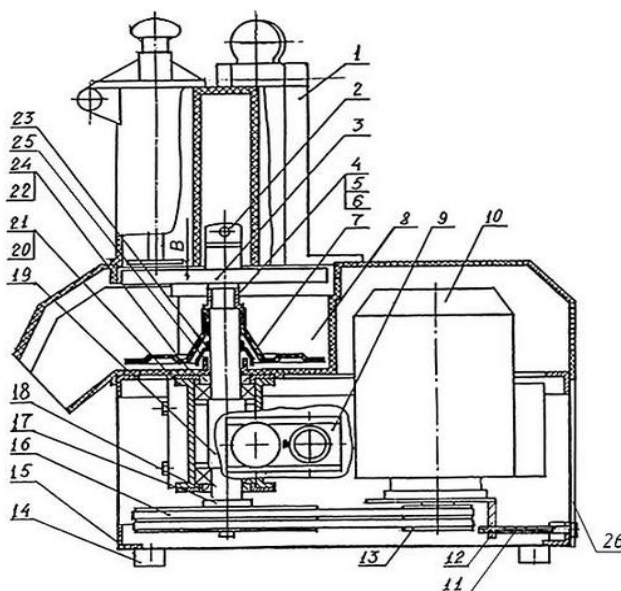


Рисунок 1.10 - Машина протирочная МПР-350М:

- 1 – приспособление для нарезки; 2 – винт специальный; 3 – сменные рабочие органы;
 4 – втулка; 5 – гайка регулировочная; 6 – контргайка; 7 – сбрасыватель; 8 – рабочая камера;
 9 – панель; 10 – электродвигатель; 11 – болт натяжения; 12 – плита; 13,17 – шкивы;
 14 – амортизатор; 15 – рама; 16 – ремень; 18, 24 – крышки; 19 – вал; 20 – подшипник;
 21 – стакан; 22 – манжета; 23 – отражатель; 25 – гайка; 26 – щиток

Протирочные машины производства Франции (С80, С120, С150), представленные на рынке, имеют более привлекательный дизайн, однако удельные показатели данных машин значительно ниже выше рассмотренных. Особенностью конструкций является применение винтового рабочего органа. При этом продукт перед его загрузкой требует предварительной нарезки, что увеличивает затраты труда на обработку продукта.

Механизм протирочный МО-2, применяемый также для протирки, является сменным механизмом к универсальной кухонной машине УКМ-11 либо к ее части, представляющей собой овощерезательно-протирочную машину ОМ-300. Как и большинство протирочных механизмов, данная машина имеет завышенные показатели расхода энергии и значительно уступает по техническим характеристикам большей части протирочно-резательных и протирочных машин и механизмов.



Рисунок 1.11 - Протирочные машины С80, С120, С150

В горячих цехах крупных столовых для приготовления картофельного пюре и овощных смесей используются протирочные машины третьей группы. Они представляют собой варочные котлы, приспособленные для установки миксера.

Технология приготовления пюре с помощью такого оборудования заключается в следующем. После того, как картофель в котле будет сварен, а отвар слит, в варочную емкость опускают лопасти миксера, котел закрывают специальной крышкой и включают миксер. Спустя 2...3 мин в котел через воронку вливают полагающиеся по рецепту компоненты. Общее время

приготовления пюре – 5...7 мин. После окончания работы снимают крышку, поднимают миксер и производят выгрузку пюре.

К таким машинам относится машина МКП-60 на базе пищеварочного котла КПЭ-60, выпуск которой в настоящее время прекращен, а также оборудование импортного производства, например фирмы «METOS» (Финляндия).

Проведенный анализ протирочного оборудования показал, что машины имеют аналогичные конструкции и принцип действия. Их всех протирочных машин наибольшее распространение получила машина МПР-350 за более высокую функциональную насыщенность (нарезка и протирка) по сравнению с другими протирочными машинами.

Таблица 1.3 - Технические характеристики протирочных машин предприятий общественного питания

Показатели	МУ-1000	МП-800	МП-1000	МКZ-20	МОП-II-1	МС4-7-8-20
Производительность при протирке, кг/ч					150-200	200-250
Мясорыбных	600-800	До 100	До 100			
Овощей		800	1000			
Крупы		600	600			
Творога		600	600			
Частота вращения рабочего органа, мин-1	260	465	465	135	166	Вокруг оси бачка 46, 85; Вокруг собственной оси 182, 335
Установочная мощность электродвигателя, кВт	1,1	1,1	0,75	1,1	1,1	0,6
Напряжение, В	220/ 380	220/ 380	220/ 380	380	220/ 380	220/380
Частота вращения вала электродвигателя, мин-1	1400	950	930	1390	-	-
Габариты, мм:						
Длина	595	730	500	500	410	580
Ширина	440	340	400	340	295	480
Высота	795	900	535	470	400	660
Масса, кг	95	85	50	12	23	22

Показатели	МПР-350	МПР-350 М (00, 01)	С80	С120	С150	ОМ-300 (УКМ-11)
Производительность при протирке, кг/ч	600	600	40	120	150	400
Мясорыбных						
Овощей						
Крупы						
Творога						
Частота вращения рабочего органа, мин-1	475	475	-	-	-	-
Установочная мощность электродвигателя, кВт	0,75	0,75	0,37	0,75	1,8	1,1
Напряжение, В	380	380	220	380	380	380
Частота вращения вала электродвигателя, мин-1	1045	-	-	-	-	-
Габариты, мм:						
Длина	640	571	610	1030	1030	870
Ширина	355	305	360	400	400	625
Высота	605	610/570	540	860	860	295
Масса, кг	50	39/34	11	14	15	65

1.2.3. Машины для измельчения мяса

На предприятиях питания для мелкого измельчения мяса, рыбы и мясопродуктов используют мясорубки, куттеры; для разрыхления порционных кусков мяса и рыбы – мясорыхлители; для нарезки мяса кусочками определенной формы – механизм для нарезки мяса на бефстроганов; для нарезки блоков из рыбы и субпродуктов – машину для нарезки замороженных продуктов [111,112,78,79].

По структурно-механическим свойствам мясо, рыбу можно отнести к сложным продуктам. Мясо, подвергаемое измельчению, состоит из мышечной, жировой и более прочной соединительной ткани, состоящей в основном из коллагена.

При рыхлении насечки должны быть нанесены равномерно по всей поверхности порционных кусков и не должно быть потери сока. При измельчении куттером не происходит потери сока (в отличие от мясорубок). Кроме того, в куттере можно измельчать продукт тоньше, чем в мясорубке, поскольку степень измельчения зависит только от длительности операции.

При измельчении на мясорубке к конечному продукту предъявляются следующие требования: продукт должен измельчаться без остатка, без отжима сока; частицы должны иметь размеры не более диаметра отверстий последней ножевой решетки.

Мясорубки МИМ («Торгмаш», Республика Беларусь) предназначены для измельчения рыбы и мяса на фарш, повторного измельчения котлетной массы и набивки колбас на предприятиях общественного питания.

Мясорубка состоит из мясорубки и привода. Мясорубка в сборе состоит из алюминиевого корпуса, в котором вращается шнек, зажимной гайки, двухсторонних ножей, набора ножевых решеток, кольца упорного и ножа подрезного. На передней части корпуса мясорубки имеется наружная резьба, на которую навинчиваются гайка зажимная, а на задней части - фланец, которым корпус крепится к приводу. Крепление корпуса производится резьбовыми зажимами. Над загрузочным отверстием расположен несъемный предохранитель, исключающий возможность попадания руки обслуживающего персонала к шнеку работающей мясорубки.

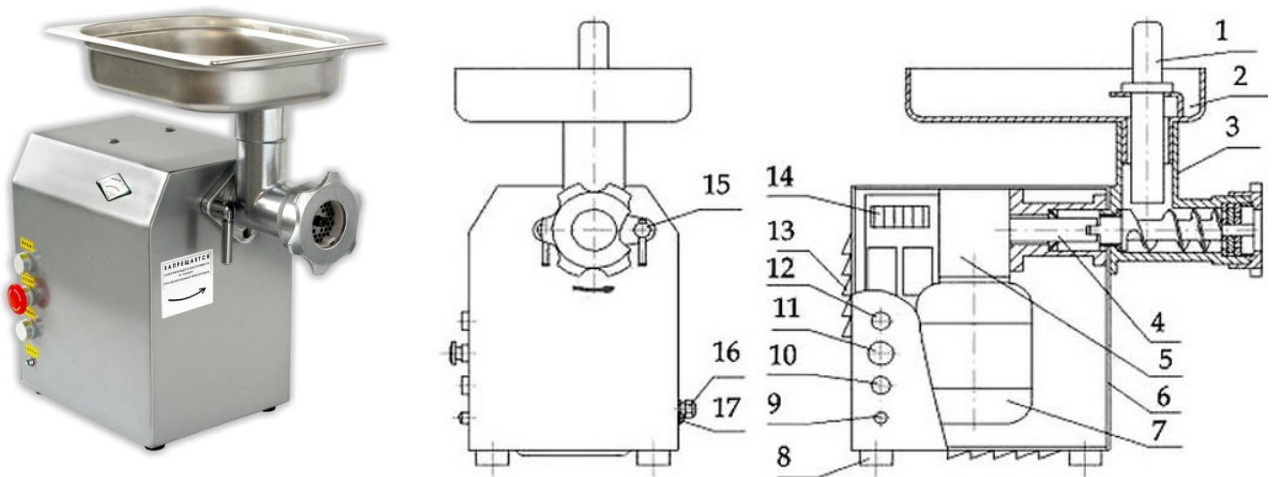


Рисунок 1.12 - Мясорубка типа МИМ

- а) общий вид, б) принципиальная схема: 1- толкатель; 2 – чаша, 3 – корпус мясорубки, привод; 4 – вал приводной; 5 – редуктор; 6 – облицовка; 7 – электродвигатель; 8 – амортизатор; 9 – светодиод «сеть»; 10 – кнопка «реверс»; 11 – кнопка «стоп»; 12 – кнопка «пуск»; 13 – облицовка задняя; 14 – блок зажима; 15 – зажим; 16 – кабельный ввод; 17 – зажим заземления

Перерабатываемый продукт из чаши вручную подается к горловине корпуса мясорубки, а затем толкателем к вращающемуся шнеку. Увлекаемый шнеком продукт проходит последовательно через набор режущих инструментов. Для получения фарша разной степени измельчения мясорубка снабжена набором ножевых решёток с отверстиями различных размеров.

Мясорубки серия ТС (Фирма «SIRMAN», Италия). Корпус мясорубок выполнен из нержавеющей стали, толкатель – из пищевой пластмассы.

Модели мясорубок оснащены вентилятором для самоохладения и тормозным устройством электродвигателя, самозатачивающимися ножами, режимом реверса. Все машины выпускаются в настольном исполнении, могут устанавливаться на специальной подставке.

Мясорубки TNX 22, TNX 32 (Фирма «DITO SAMA», Италия). Мясорубки предназначены для получения фарша из мяса, рыбы, мясопродуктов, повторного измельчения котлетной массы и для набивки колбас. Устанавливаются в предприятиях торговли и общественного питания.

Верх корпуса мясорубок выполнен из нержавеющей стали, боковые поверхности - из полированного алюминиевого сплава. Все элементы, соприкасающиеся с пищевыми продуктами, изготовлены из нержавеющей стали и имеют отполированную гладкую поверхность.

Корпус мясорубок имеет трубообразную форму, что позволяет легко разбирать мясорубку и тщательно очищать все ее детали.

Модели мясорубок оснащены специальными блокировочными устройствами, прекращающими работу машины, если не соблюдены необходимые меры безопасности. Микродатчик фиксирует правильное закрепление корпуса мясорубки.

Модель TNX 32 оборудована предохранительным датчиком, который выполняет функции аварийного отключения. Система регулировки скоростей обеспечивает высокую надежность и существенно снижает уровень шума.

Мясорубки установлены на ножках, что дает возможность легко очищать

пространство под их корпусом. Электродвигатели мясорубок имеют систему охлаждения и двойную термозащиту.

Мясорубки модельного ряда МЕМ (Фирма «KONCAR», Хорватия). Мясорубки изготовлены из полированной нержавеющей стали. В зависимости от модели производительность мясорубок варьируется от 100 до 400 кг/ч. В комплект входит пластиковый толкатель для подачи продуктов к перерабатывающим ножам.



Рисунок 1.13 - Мясорубка серии ТС
Фирма «SIRMAN», Италия



Рисунок 1.14 - Мясорубка МЕМ-12 Е
Фирма «KONCAR», Хорватия

Мясорубка CANWOOD PG-500 (Фирма «METOS», Финляндия). Мясорубка устанавливается на предприятиях общественного питания малой мощности и предназначена для приготовления различных полуфабрикатов из мяса, рыбы, овощей, грибов, орехов и т.д.

Мясорубка состоит из корпуса, электродвигателя, загрузочной воронки и комплекта режущих инструментов. Корпус облицован ударостойкой пластмассой, загрузочная воронка съемная. Мясорубка комплектуется двумя ножевыми решетками из нержавеющей стали с отверстиями диаметром 4 и 7 мм.

Таблица 1.4 - Технические характеристики машин для нарезки мяса

Показатели	МИМ-250	МИМ-300	МИМ-500	МИМ-82М	Koncar MEM-12 E	Canwood PG-520	TC 12E Mn
Производительность, кг/ч	250	300	500	250	100	130	150
Частота вращения шнека, об/мин	-	-	200	250	-	-	-
Габариты, мм:							
Длина	540	560	700	510	420	265	215
Ширина	510	520	355	340	250	345	430
Высота	410	420	940	480	250	210	520
Мощность электродвигателя, кВт	1,1	1,9	2,2	1,1	0,35	1,4	473
Масса, кг	56	55	140	56	11	5	18

Анализ информационных источников показал, что сведения о ВАХ рассмотренных очистительных и измельчительных машин фирм дальнего зарубежья в литературе отсутствуют. Чаще всего, информация о производимой модели ограничивается лишь основными массогабаритными и энергетическими характеристиками. Подробная информация о технических параметрах и качественных характеристиках оборудования стала представлять собой коммерческую тайну производителя. В большей степени проблема недостаточной информированности становится актуальной в связи с возрастающей популярностью интернет-магазинов, ограничивающих покупателя в визуальной оценке оборудования и ориентирующихся лишь на предоставляемую сайтом информацию.

Кафедрой оборудования пищевых производств ГО ВПО Донецкого национального университета экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского в лаборатории виброакустики проводился мониторинг ШХ и ВХ технологического оборудования предприятий питания. В результате были установлены ШХ оборудования в различных режимах его работы: без нагрузки и под нагрузкой с различными продуктами. Исследованиями установлено, что уровень шума, излучаемый оборудованием, зависит от физико-механических свойств обрабатываемого продукта, его модуля упругости, структуры, плотности и др. [41, 76]. В таблице 1.5 приведены ШХ измельчительного оборудования предприятий питания только по характеристике А, которая принята в последней

редакции СанПиН 2.2.4.3359-16 (РФ) по шуму в качестве основной [127, 28] при постоянных шумах, а также ее максимальное значение. Как показали предыдущие эксперименты, измельчительное оборудование предприятий питания излучает именно такие шумы.

Таблица 1.5 - Шумовые характеристики измельчительного оборудования предприятий питания

№ п/п	Наименование оборудования, обрабатываемый продукт	Корректированные под уровни звуковой мощности, дБА				
		Эквивалентные		Максимальный	ПДШХ	Превышение ПДШХ
		без нагрузки	под нагрузкой			
1	2	3	4	5	6	7
1.	Протирочные машины: МП-800 свекла вареная морковь вареная картофель вареный	74	75 76 74	76	78	
	МП-1000 свекла вареная морковь вареная картофель вареный	71	78 76 77	78	83	
2.	Машины измельчения сырых овощей: МРО50-200 свекла морковь картофель капуста	70	78 77 77 78	78	78	
	МРО-350 свекла морковь картофель капуста	79	85 85 83 83	86	78	8 8 7 5 5
	«Гамма 5А» свекла морковь картофель капуста	74	87 85 89 84	89	77	- 10 8 12 7

1	2	3	4	5	6	7
	МРО400-1000 (с барабанным загрузочным приспособлением) свекла капуста лук	88	89 86 88	89	88	1 1
	RobotCoupe CL-30 (Франция) свекла картофель	82,5	86	82,5	83	0,5
3.	Машина протирачно-резательная МПР-350 свекла морковь картофель капуста	76	89 86 86 84	89	77	- 12 9 9 7
4.	Машины измельчения мяса и рыбы МИМ-250 мясо говяжье первой категории	84	84	84	83	1 1
	МИМ-300 мясо говяжье первой категории	87	87	87	82	5 5
	МИМ-500 мясо говяжье первой категории	81	84	84	83	1 1
	МИМ-600 (серийная) мясо говяжье первой категории	86,6		87	83	4 4
	МИМ-600 с ножами косого резания	88,5	87	89	83	6
	Консар ME 12E (Хорватия) мясо говяжье первой категории	79,7	74,1	79,7 74,1	80	

Измерение ШХ проводилось техническим методом в соответствии со стандартами ГОСТ Р ИСО 3744–2013 [5], в реверберационных помещениях аттестованными шумомерами RFT 00023, 00026 (Германия), а также шумомерами ВШВ-003 и «Ассистент» (РФ). Расчет ПДШХ измельчительного оборудования проведен в соответствии стандартами РФ [26, 27] и рекомендациями [42, 76], среднеквадратное отклонение воспроизводимости не превышает 1,5 дБА.

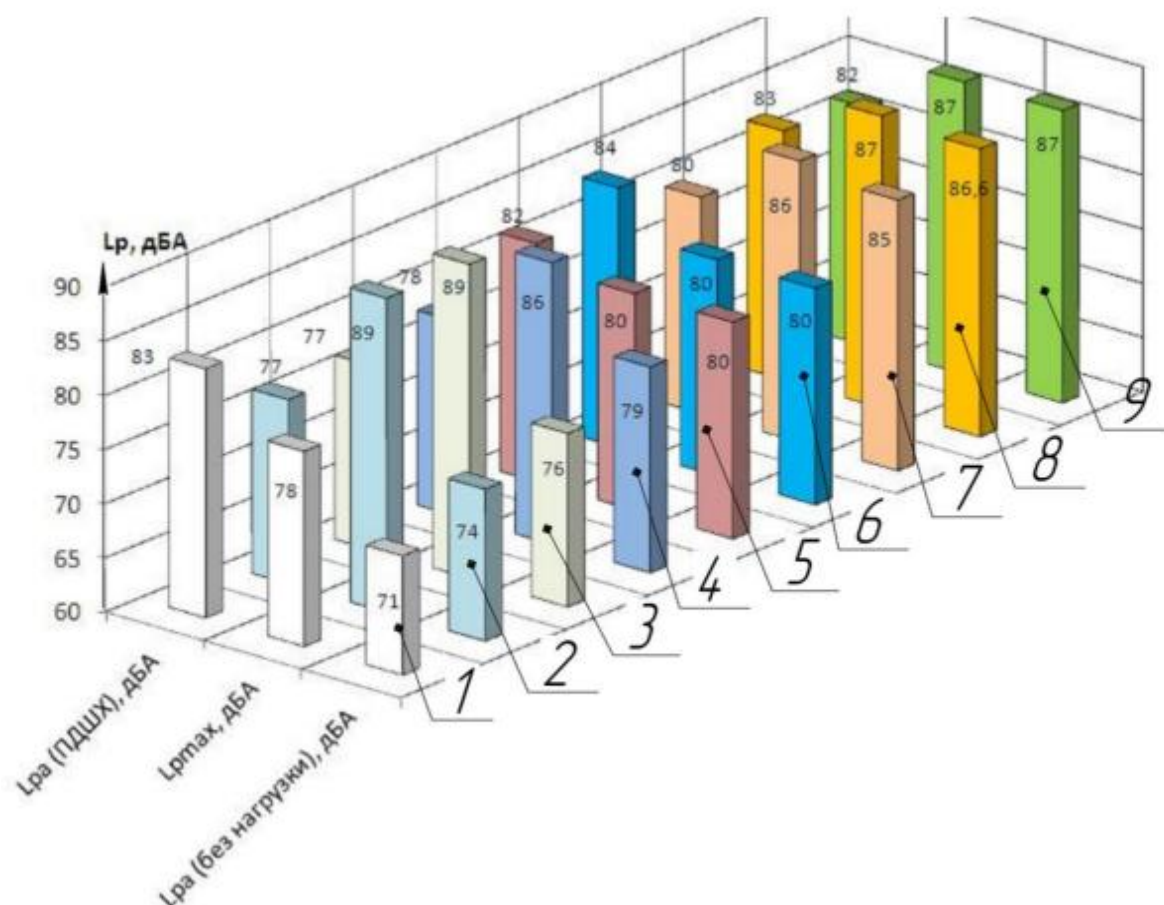


Рисунок 1.15 - Шумовые характеристики измельчительного оборудования питания: 1 – протирочная машина МП-1000, 2 – Машина измельчения сырых овощей «Гамма 5А»; 3 – Машина протирочно-резательная МПР-350; 4 – Машина протирочно-резательная МРО-350; 7 – Машина измельчения сырых овощей Robot Coupe CL-30 (Франция); 8,9 – Машины измельчения мяса и рыбы МИМ 600 и МИМ 300

Экологическим требованиям среди измельчительного оборудования полностью соответствуют протирочные машины, машины для измельчения

сырых овощей МРО 50-200, RobotCoupe CL-30 и мясорубка Koncar ME 12E. Уровень шума, значительно превышающий ПДШХ, излучают овощерезки «Гамма-5», МПР-350, МРО-350 при работе с продуктом. Мясорубки МИМ-300 и МИМ-600 также требуют снижения ШХ при работе с продуктом.

ШХ оборудования, в основном, соответствуют экологическим требованиям по шуму при работе без нагрузки. Заводам-изготовителям данного оборудования рекомендуется разрабатывать его конструкцию с ШХ, соответствующую рабочему режиму.

1.3 Методика расчета виброакустических характеристик машин динамико-акустическим методом

Описание виброакустических процессов в оборудовании предприятий торговли и общественного питания было сформулировано профессором Заплетниковым И.Н. в ряде работ [41,42,37,4]. Методика расчета, приведенная далее, предложена Заплетниковым И.Н. Другие исследования оборудования предприятий питания в современной технической литературе отсутствуют. В области шума машин пищевых производств известны лишь работы Мякшина В.Н. [109], Цукерникова Е.И., Селивестрова В.А. [143-145] и Кацнельсона М.А. [97], которые были опубликованы в 80-х годах прошлого века, где рассматривались только устаревшие образцы оборудования, а оборудование предприятий питания не описано.

Расчет включает в себя ряд этапов.

1. Выбор и обоснование динамической эквивалентной схемы оборудования. Динамическая (эквивалентная) схема большинства оборудований приводится к двухмассовой виброакустической системе (ВАС).

2. Расчет параметров динамической системы: массы и коэффициентов жесткости, приведенных масс и приведенных коэффициентов жесткости.

3. Расчет передаточной функции двухмассовой ВАС:

$$\dot{x}_1^{\max} = P_o (c_2 - m_2 - \omega_k^2) \omega_k \theta_p \quad (1.1)$$

$$\dot{x}_2^{\max} = P_o c_2 \omega_k \theta_p \quad (1.2)$$

$$\theta_p = \frac{1}{(c_1 + c_2 - m_1 \omega_k^2)(c_2 - m_2 \omega_k^2) - c_2^2} \quad (1.3)$$

Амплитуда возмущающей силы P_o определяется как максимальное значение величины сопротивления перемещению рабочего органа картофелечистки по известным расчетным формулам или по осциллограммам.

– определение критической частоты совпадения изгибных колебаний пластины и воздуха определяется из зависимости (1.3). Критическая частота зависит от толщины стенки корпуса h_n

$$f_{кр} = \frac{c_o^2}{1,8 C_u h_n}, \text{ Гц} \quad (1.4)$$

где $C_u = 5180 \text{ м/с}$ – скорость изгибных колебаний в стальной пластине;
 $c_o = 344 \text{ м/с}$ – скорость звука в воздухе.

Для наиболее распространенных толщин стенок корпусов картофелечисток расчетная величина $f_{кр}$. (табл. 1.5)

Таблица 1.5 – Критическая частота $f_{кр}$

$h_n, \text{ м}$	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005	0,006	0,008	0,01
$f_{кр}, \text{ Гц}$	12690	6345	4230	3172	2538	2115	1586	1269

4. Расчет мощности излучения цилиндрическим корпусом картофелечистки:

при $K_B R_u < 1$:

$$N_u = 0,25 \pi^2 \rho_{c0} l_u K_\varepsilon^3 R_u^4 P_0^2 m_2^2 \theta_P^2 \omega_k^2 (p_1^2 - \omega_k^2)^2 \eta \quad (1.5)$$

– расчет $K_B R_u$; волновое число K_B из табл. 1.6.

Таблица 1.6 – Волновое число K_B

Параметры	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
λ , м	5,46	2,75	1,87	0,68	0,34	0,17	0,086	0,043
K_B	1,15	2,28	4,58	9,24	18,47	36,94	73,02	146,05

где λ – длина звуковой волны в воздухе, м.

при $K_B R_u \gg 1$:

$$N_u = 0,5 \pi \rho_{c0} R_u l_u P_0^2 m_2^2 \theta_P^2 \omega_k^2 (p_1^2 - \omega_k^2)^2 \eta \quad (1.6)$$

– первая и вторая резонансные частоты:

$$p_1^2 = \frac{c_2}{m_2} \quad (1.7)$$

$$p_2^2 = \frac{m_1 c_1 + m_2 c_2}{2m_1 m_2} \pm \sqrt{\frac{(m_1 c_2 + m_2 c_1)^2}{4m_1 m_2} - \frac{c_1 c_2}{m_1 m_2}} \quad (1.8)$$

– коэффициент затрат акустической энергии определяется по отношению амплитуд виброскорости на входе и выходе системы, которые берутся из результатов гармонического анализа осциллограмм процесса нагружения машины;

5. Расчет мощности излучения внутренних источников шума в октавных полосах частот проводится по формуле (1.9), где значения коэффициентов излучения определяются по формуле (1.10)

$$N_M = 2\pi\rho c_0 R^2 P_0^2 m_2^2 \omega_k^2 \theta_P^2 (p_1^2 - \omega_k^2)^2 \sigma_u \eta \quad (1.9)$$

$$\sigma_u = \frac{K_\epsilon^2 R^2}{1 + K_\epsilon^2 R^2} \quad (1.10)$$

6. Расчет звуковой мощности излучения при ударе картофеля о стенки рабочей камеры

$$N_y = m_{np} V_o^2 (1 - l_a^2) / 2t_o, \quad (1.11)$$

где $m_{np} = \frac{m_1 m_2}{(m_1 + m_2)}$ – приведенная масса; l_a – коэффициент восстановления скорости после удара; t_o – период прохождения ударных импульсов.

7. Расчет виброакустических характеристик машин МОК.

Общую звуковую мощность излучения технологического оборудования в октавных полосах частот N_j определяем как сумму мощностей излучения цилиндрическим корпусом машины, внутренних источников шума и излучения при ударе картофеля о стенки рабочей камеры. Расчетный уровень звуковой мощности в октавных полосах частот определяется по формуле (1.12):

$$L_{pi} = 10(IgN_i + 12), \text{ дБ} \quad (1.12)$$

$$|\delta_{oj}| = \frac{L_{pi} - L_{pij}}{L_{pi}} \cdot 100, \% \quad (1.13)$$

Относительная погрешность расчета относительно фактических значений ВАХ, установленных экспериментально

Корректированный уровень звуковой мощности определяется по формуле (1.14).

$$L_{PA} = 10Ig \sum_1^8 10^{0,1(L_{pi} - k_A)} \quad , \text{ дБ} \quad (1.14)$$

где K_A – частотная коррекция по характеристике А шумомера, дБА (табл. 1.7).

Таблица 1.7- Величина K_A

Наименование	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
K_A , дБА	25	16	9	3	0	-1	-1	-1

На основании проведенного аналитического обзора по теме работы, была сформирована структурно-логическая схема исследований, представленная на рисунке 1.16.

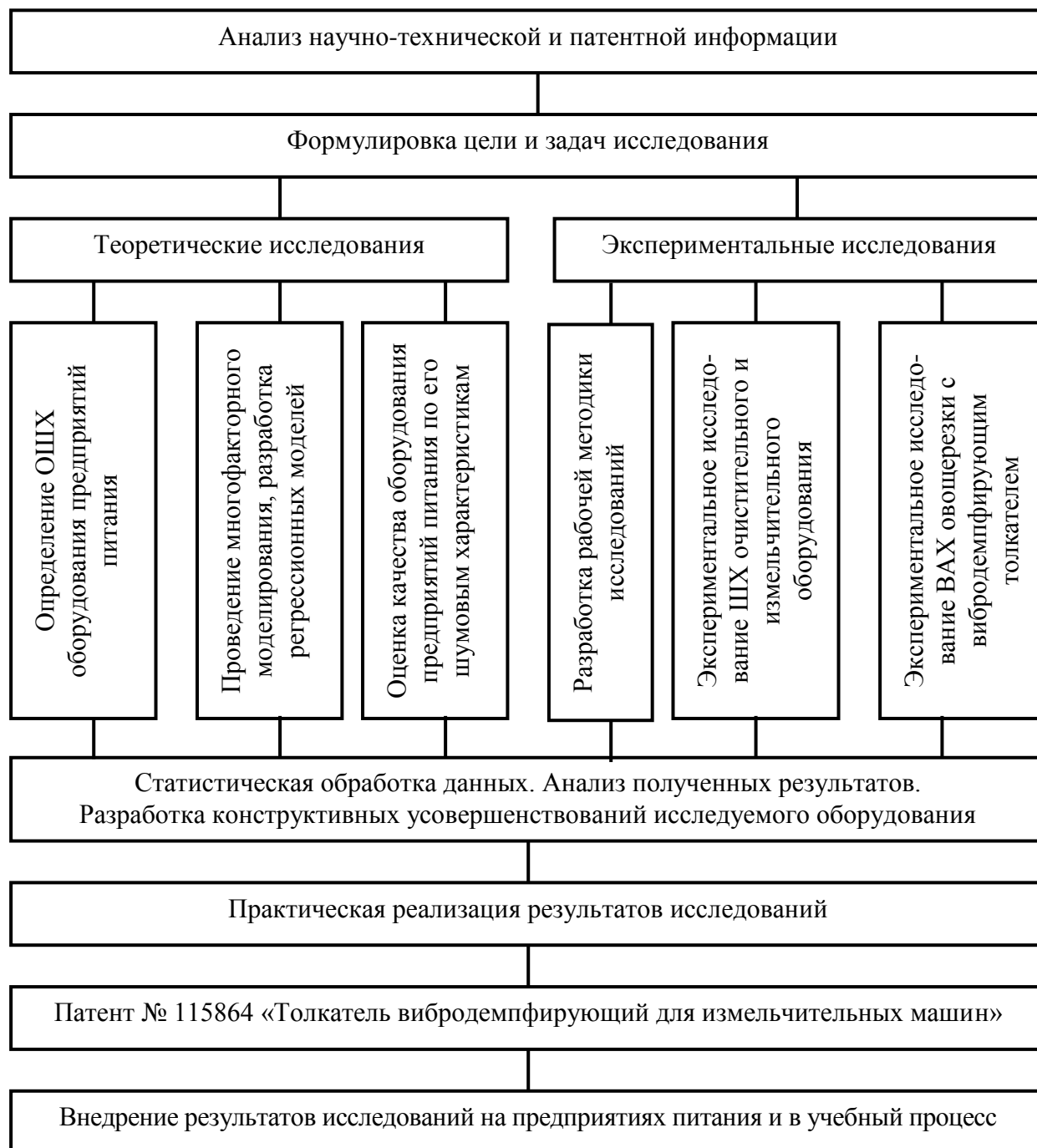


Рисунок 1.16 – Структурно-логическая схема исследований

Выводы по разделу 1:

1. Проведенный аналитический обзор информационных источников по теме, анализ конструкций оборудования, используемого на предприятиях питания, показал, что наибольшее распространение получило очистительное и измельчительное оборудование. Предыдущими исследованиями кафедры оборудования пищевых производств ДонНУЭТ, а также на основании собственных исследований установлено, что ШХ исследуемого оборудования превышают допустимые нормы, в особенности при работе с продуктом.

2. Работники предприятий общественного питания подвергаются повышенному излучению шума, что приводит к возникновению разнообразных профессиональных заболеваний (тугоухость, заболевание сердечно-сосудистой системы, эндокринной системы, заболеваний системы кровообращения).

3. Проведенный анализ представленных на рынке очистительных и измельчительных машин различных производителей показал, что информация о взаимосвязи между ШХ оборудования и показателями качества этого оборудования отсутствует.

4. Для совершенствования конструкций очистительного и измельчительного оборудования предприятий питания и повышения его качества на стадии его проектирования целесообразно учитывать кроме его основных параметров – производительности, массы и мощности электродвигателя также его ШХ.

РАЗДЕЛ 2.

МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Заявлять ШХ по стандарту 30691-2001 [29] или по испытательному коду по шуму ГОСТ 12.1.003-2014 [28] необходимо по результатам испытаний, т.е. по экспериментальным значениям уровней звуковой мощности. Выбор метода определения ШХ машины производится в соответствии с ГОСТ 31252-2004 (ИСО 3740:2000) [31].

Известны точные, технические и ориентировочный методы определения ШХ машин. Выбор метода зависит от необходимой точности измерений, габаритов машины, эксплуатационных и акустических условий, количества испытуемого оборудования, его расстановки, возможной погрешности, перечня определяемых показателей ШХ, класса шумоизмерительной аппаратуры и, даже, субъективных причин [27,28,149,95].

Наличие такого количества факторов негативно сказывается на точности определения экспериментальных величин ШХ машин и возможности их воспроизведения при сертификации оборудования, техническом нормировании, оценке его качества по ШХ, а также сравнении оборудования по ШХ, в частности, для определения конкурентоспособности изделия.

Наиболее простым и хорошо апробированным техническим методом оказался технический метод по ГОСТ 12.1.026-80 [27], ИСО 37431(2)-94.

2.1. Рабочая методика определения виброакустических характеристик оборудования предприятий питания

Используемый при измерениях стандарт устанавливает технический метод определения в помещении или вне его уровней звуковой мощности в полосах

частот, скорректированного по А уровня звуковой мощности, показателя направленности источника шума.

Измерения проводили в условиях существенно свободного звукового поля над звукоотражающей плоскостью с возможным наличием других звукоотражающих плоскостей.

Данный метод применим для источников шума любых размеров, кроме промышленных предприятий с множественными источниками шума, протяженных технических объектов.

Технический метод обеспечивает среднее квадратическое отклонение воспроизводимости измерений σ_R согласно ГОСТ 27408.

Таблица 2.1 – Верхние границы оценки среднего квадратического отклонения воспроизводимости σ_R уровней звуковой мощности

Среднегеометрическая частота октавной полосы, Гц	Среднегеометрическая частота третьоктавной полосы, Гц	Среднее квадратическое отклонение воспроизводимости σ_R , дБ (дБА)
63	50-80	5*
125	100-160	3
250	200-315	2
500-4000	400-5000	1,5
8000	6300-10000	2,5
При измерениях с частотной характеристикой А шумомера		1,5**
* Обычно вне помещений. Многие помещения не удовлетворяют частотной полосе.		
** Для источника шума со сравнительно «плоским» спектром в диапазоне частот 100-10000 Гц (широкополосный шум с относительно равномерным спектром).		

Измерения шума проводились:

- в производственном помещении, специально подготовленном к испытаниям, пригодном к измерениям, доля звукового давления на

измерительной поверхности за счет реверберации была незначительна по сравнению со звуковым давлением непосредственно от источника шума;

- на открытых площадках над звукоотражающей плоскостью.

Для измерений применяли шумомеры 1-го класса по ГОСТ 17187-81 с полосовыми электронными фильтрами по ГОСТ 17168-82.

Микрофон шумомера был предназначен для измерений в свободном звуковом поле.

До и после проведения измерений проводили акустическую калибровку шумомера на одной или нескольких частотах диапазона измерений с применением калибратора звука с погрешностью не более $\pm 0,3$ дБ. Расхождение результатов калибровки было не более чем на 0,2 дБ.

Размеры открытой площадки или пола в помещении были достаточны, чтобы разместить в центре испытуемый источник шума и вокруг него на выбранной измерительной поверхности точки измерения. Площадка или пол по меньшей мере на $\lambda/2$ (λ – длина волны самой низкой частоты шума в заданном диапазоне частот) превышали проекцию измерительной поверхности на площадку или на пол.

Проверку условий свободного звукового поля проводили путем определением показателя акустических условий K_2 . Показатель характеризует степень отличия реального звукового поля, искажаемого за счет отражений звука от границ испытательного помещения и окружающих испытуемый источник шума звукоотражающих объектов.

Стандарт применим, если $K_2 \leq 2$ дБ. Показатель акустических условий определяли для каждой частотной полосы и для измерений с частотной характеристикой A (при корректировании по A).

Если K_2 превышало 2 дБ, то:

- выбирали меньшую измерительную поверхность, но так, чтобы она была вне ближнего звукового поля источника шума (не ближе 0,25 м от огибающего параллелепипеда для измерительной поверхности в виде параллелепипеда) или

- уменьшали звукоотражение от стен и потолка испытательного помещения, увеличив общее звукопоглощение в помещении с помощью звукопоглощающих облицовок и покрытий, или

- выбирали другое испытательное пространство (испытательное помещение и установленные в нем посторонние объекты) – и определяли в каждом случае новое значение показателя акустических условий K_2 .

Если не удавалось обеспечить $K_2 \leq 2$, то результаты измерений использовали для ориентировочной оценки верхней границы уровня звуковой мощности. В этом случае в протоколе испытаний указывали, что для расчета использовано значение K_2 равное 2 дБ, и что действительное значение уровня звуковой мощности равно или меньше определенного.

Усредненный по точкам измерения на измерительной поверхности фоновый шум, например, от аэродинамических потоков вблизи микрофона, воздействия на аппаратуру вибрации, магнитных или электрических полей, других источников шума, кроме испытуемого, был по меньшей мере на 15 дБ – 20 дБ ниже усредненного по измерительной поверхности уровня звукового давления при работающем источнике шума.

Способ и место установки источника шума могут оказывать влияние на его звуковую мощность. Обычно источник шума устанавливают при испытаниях на шум так же, как он устанавливается при типовой эксплуатации.

В силу динамического взаимодействия источника шума с поверхностями опирания, на которое передается вибрация от источника, последние могут излучать значительный низкочастотный шум. Во избежание этого использовали виброизолирующие опоры.

Во время измерений источник шума устанавливали на расстоянии от стен и потолка, достаточном для построения вокруг него измерительной поверхности.

Источники шума, устанавливаемые при эксплуатации на полу перед стеной, испытывали в таком же положении. Если источник шума работал на столе или подставке, то испытание на шум проводили на полу не ближе 1,5 м от любой из стен помещения.

Источник шума перед началом измерений выводили на рабочий режим. Выбирали рабочий режим, характеризуемый наибольшей воспроизводимостью результатов измерений. Допускается проводить испытания на нескольких рабочих режимах с последующим объединением результатов на основе энергетического усреднения, рассчитывая среднее квадратическое значение по данным испытаний на отдельных режимах.

При измерении шум зависел от обрабатываемого продукта.

Для определения измерительной поверхности строили огибающий параллелепипед – воображаемую поверхность, представляющую собой прямоугольный параллелепипед наименьших размеров, полностью вмещающий источник шума и опирающийся на одну (две или три взаимно перпендикулярных) звукоотражающую плоскость. Выступающие части источника шума не включали в огибающий параллелепипед.

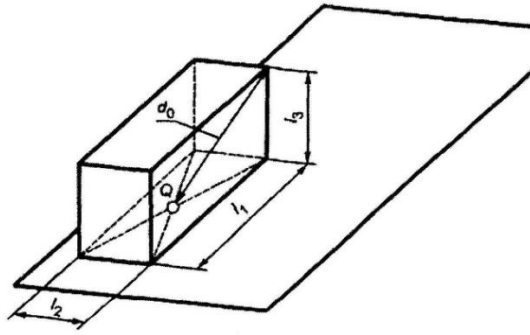
Определяли характеристический размер источника шума d_0 в соответствии с рисунком 2.1. Оси координат параллельны ребрам огибающего параллелепипеда.

Выбрали форму измерительной поверхности в виде прямоугольного параллелепипеда. Измерительная поверхность служила местом размещения точек измерений, охватывала огибающий параллелепипед и опиралась на звукоотражающую плоскость.

Измерительную поверхность в виде параллелепипеда выбирали при измерениях на открытых площадках и в помещениях с неблагоприятными акустическими условиями, когда много звукоотражающих объектов в испытательном пространстве и велик фоновый шум, что предопределяет выбор меньшего измерительного расстояния d .

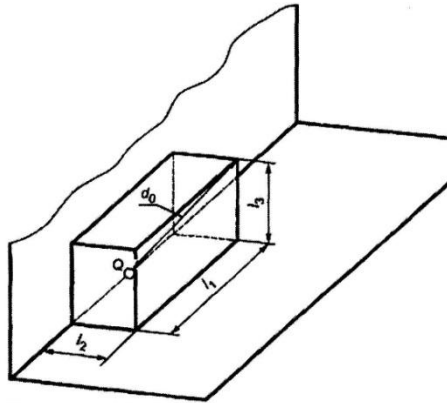
Радиус r был не менее двух характеристических размеров d_0 и выбирался из ряда 1, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16 м.

Измерительное расстояние d измеряли по перпендикуляру между соответствующими гранями измерительной поверхности и огибающего параллелепипеда и выбирали из ряда 0,25; 0,5; 1; 2; 4; 8 м. В результате было выбрано значение $d = 1$ м.



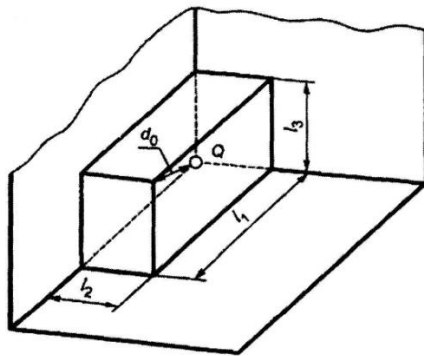
$$d_0 = \sqrt{(l_1/2)^2 + (l_2/2)^2 + l_3}$$

а) Огибающий параллелепипед на одной
звукоотражающей плоскости



$$d_0 = \sqrt{(l_1/2)^2 + l_2^2 + l_3}$$

б) Огибающий параллелепипед на двух
звукоотражающих плоскостях



$$d_0 = \sqrt{l_1^2 + l_2^2} + l_3$$

в) Огибающий параллелепипед на трех
звукоотражающих плоскостях

Рисунок 2.1 – Характеристический размер d_0 и положение начала координат Q в случае одной, двух и трех звукоотражающих плоскостей

Определяли площадь измерительной поверхности.

Площадь измерительной поверхности S , m^2 , в виде параллелепипеда, соответствующей рисункам 2.1, рассчитывали по формуле

$$S = 4(ab + bc + ca) \quad (2.1)$$

где $a=0,5l_1+d$; $b=0,5l_2+d$; $c=l_3+d$;

l_1 , l_2 , l_3 – длина, ширина и высота огибающего параллелепипеда соответственно.

Предварительными измерениями устанавливали вид шума по ГОСТ 12.1.003 и особенности шума источника [28].

Для обнаружения импульсного шума руководствовались приложением стандарта.

Последовательно устанавливали микрофон в точки измерения, каждый раз ориентируя микрофон на источник шума в направлении на центр перпендикуляра к грани измерительной поверхности в виде параллелепипеда или сканирующий микрофон, соблюдая то же правило ориентировки.

Продолжительность измерения при постоянном шуме в частотных полосах со среднегеометрической частотой 160 Гц и ниже была не менее 30с, а в частотных полосах со среднегеометрической частотой 250 Гц и выше – не меньше 10 с.

При постоянном шуме продолжительность измерений на каждом из режимов работы выбирали в специальном исследовании и указывали в протоколе испытаний.

Среднее арифметическое максимального и минимального значений уровня звукового давления за время наблюдения принимали за результат измерения в точке измерения.

В каждой точке измерения или по траектории сканирования измеряли уровень звука L_{pA} или уровень звукового давления в полосах частот при неработающем и работающем источниках шума, используя временную характеристику S шумомера.

Если шум представлял собой единичные звуковые сигналы, то для расчета уровня звукового давления единичного сигнала $L_{p\text{ }ls}$ измеряли эквивалентный уровень звука, используя временную характеристику S шумомера или, при длительности сигнала мене 1с, временную характеристику l .

Продолжительность измерения в этом случае равнялась длительности звучания сигнала, но не более 30 с.

Расстояние между микрофоном и наблюдателем было не менее 0,5 м.

Средний измеренный уровень звукового давления \bar{L}'_p , дБ, на измерительной поверхности (средний уровень звука или средний эквивалентный уровень звука, дБА, или средний уровень звукового давления в частотной полосе) при работающем источнике шума рассчитывали по формуле:

$$L'_p = 10 \lg \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{0,1L'_{pi}} \right] \quad (2.2)$$

где L'_{pi} - уровень звукового давления, измеренный в i -и точке измерения, дБ (дБА); N - число точек измерения.

Средний уровень звукового давления \bar{L}''_p , дБ на измерительной поверхности (средний уровень звука или средний эквивалентный уровень звука, дБА, или средний уровень звукового давления в частотной полосе) при неработающем источнике шума (фоновый шум) рассчитывали по формуле:

$$\bar{L}_p'' = 10 \lg \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{0,1L_{pi}''} \right] \quad (2.3)$$

где L_{pi}'' - уровень звукового давления фонового шума, измеренный i -й точке измерения, дБ (дБА); N - число точек измерения.

Усреднение проводили в предположении, что на каждом участке измерительной поверхности, которому соответствует точка измерения, звуковое давление постоянно.

Уровень звука L_{pA} (или эквивалентный уровень звука $L_{req,T}$), дБА, если он не измерен непосредственно, может быть рассчитан по формуле

$$L_{pA} = 10 \lg \left[\sum_j 10^{0,1(L_{pj} + A_j)} \right] \quad (2.4)$$

где L_{pj} – уровень звукового давления в частотной полосе j ; A_j – согласно табл.2.2.

Если источник шума тональный, то вычисление проводили по результатам измерений в третьоктавных полосах.

Уровень звукового давления единичного звукового сигнала $L_{p,ls}$, дБА, рассчитывали по формуле:

$$L_{p,ls} = L_{req,T} + 10 \lg \left(\frac{T}{T_0} \right) \quad (2.5)$$

где $L_{req,T}$ – эквивалентный уровень звука единичного звукового сигнала;

T – продолжительность измерения, с; $T_0 = 1$ с.

Таблица 2.2 – Значения A_j для октавных и третьоктавных полос

Среднегеометрическая частота октавной полосы, Гц	Среднегеометрическая частота третьоктавной полосы, Гц	Значение A_j , дБ	Среднегеометрическая частота октавной полосы, Гц	Среднегеометрическая частота третьоктавной полосы, Гц
63	50	-30,2	1000	800
	63	-26,2		1000
	80	-22,5		1250
125	100	-19,1	2000	1600
	125	-16,1		2000
	160	-13,4		2500
250	200	-10,9	4000	3150
	250	-8,6		4000
	315	-6,6		5000
	400	-4,8		6300
250	500	-3,2	8000	8000
	630	-1,9		10000

Коррекцию на фоновый шум K_I рассчитывали по формуле:

$$K_I = -10 \lg(1 - 10^{-0,1 \Delta L}) \quad (2.6)$$

где $\Delta L = \bar{L}_p' + \bar{L}_p''$.

Если $\Delta L > 15$ дБ, то коррекцию не рассчитывали, ею пренебрегали. Если $\Delta L \geq 6$ дБ, то измерения обеспечивали точность технического метода. Если $\Delta L < 6$ дБ, то результаты определения уровня звуковой мощности были использованы только для оценки его верхней границы. В этом случае в формулу (2.7) поставили значение K_I равное 1,3 дБ, соответствующее значению $\Delta L = 6$ дБ.

Рассчитывали средний на измерительной поверхности уровень звука или эквивалентный уровень звука, или уровень звукового давления в частотной

полосе с учетом коррекции на фоновый шум и акустические условия окружающей среды \bar{L}_{pf} , дБА или дБ соответственно, по формуле

$$\bar{L}_{pf} = \bar{L}_p' - K_1 - K_2 \quad (2.7)$$

Показатель акустических условий K_2 определяли согласно дальнейшей методики.

Вычисляли уровень звуковой мощности L_W , дБ, по формуле

$$L_W = \bar{L}_{pf} + 10 \lg \left(\frac{S}{S_0} \right) \quad (2.8)$$

где \bar{L}_{pf} - средний на измерительной поверхности уровень звука или эквивалентный уровень звука, или средний на измерительной поверхности уровень звукового давления в частотной полосе;

S – площадь измерительной поверхности, м²; $S_0 = 1$ м²

Результат расчета по формуле (2.8) скорректированного по A уровня звуковой мощности округляли до ближайшего значения, кратного 0,5 дБ.

Показатель акустических условий K_2 определяли по эквивалентной площади звукопоглощения в помещении.

Метод с использованием эквивалентной площади звукопоглощения в помещении.

Рассчитывали показатель акустических условий K_2 , дБ, по формуле

$$K_2 = 10 \lg [1 + 4(S / A)] \quad (2.9)$$

где A – эквивалентная площадь звукопоглощения в помещении, м²;

S – площадь измерительной поверхности, м².

На рисунке 2.2 представлена зависимость K_2 от отношения A/S

Эквивалентную площадь звукопоглощения в помещении A , м^2 , приближенно рассчитывали по формуле

$$A = aS_V \quad (2.10)$$

где a – средний коэффициент звукопоглощения по таблице 2.3 для измерений на характеристике A шумомера;

S_V – площадь ограничивающих поверхностей (стен, потолка, пола) испытательного помещения, м^2 .

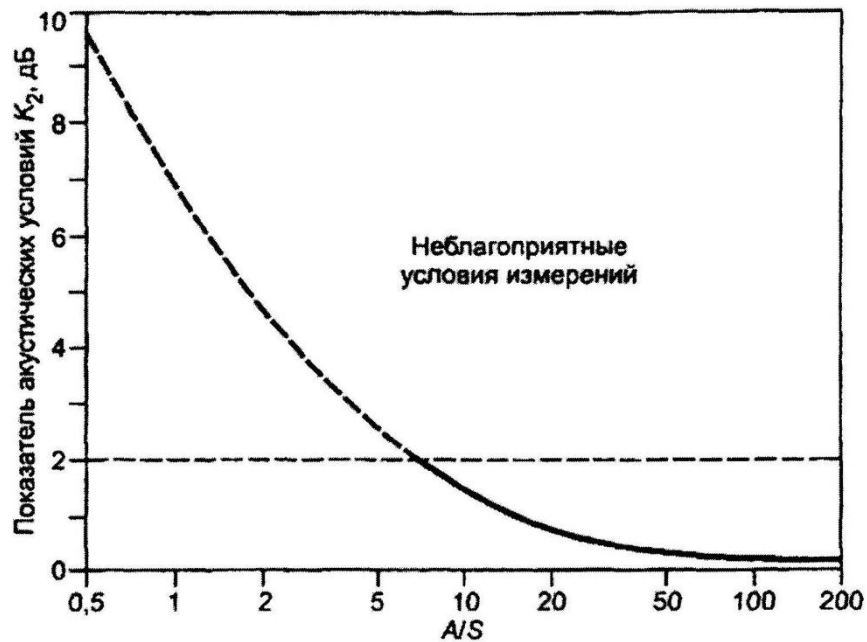


Рисунок 2.2 – Показатель акустических условий K_2

Таблица 2.3 – Приближенные значения среднего коэффициента звукопоглощения a .

Средний коэффициент звукопоглощения a	Описание помещения
0,05	Практически пустое помещение с гладкими жесткими стенами из бетона, кирпича, оштукатуренных или покрытых кафелем
0,1	Частично заполненное помещение; помещение с гладкими стенами
0,15	Помещение с обстановкой, прямоугольный машинный зал, прямоугольное производственное помещение
0,2	Неправильной формы помещение с обстановкой; неправильной формы машинный зал или производственное помещение
0,25	Помещение с обстановкой без обивки, машинный зал или производственное помещение с малым количеством звукопоглощающего материала на потолке или стенах (например частично поглощающий потолок)
0,35	Помещение со звукопоглощающими покрытиями как потолка, так и стен
0,5	Помещение с большими участками звукопоглощающих материалов на потолке и стенах

Для определения K_2 по результатам непосредственного измерения скорректированного по A значения использовали время реверберации измерения в октавной полосе 1000 Гц.

2.2. Планирование эксперимента при определении виброакустических характеристик

Кроме полученных регрессионных уравнений, с помощью которых можно рассчитать ОШХ или ШХ по параметрам технической характеристики с помощью статистического метода Бокса-Уилсона можно получить многофакторные модели [1,17,110,118]. В этих моделях возможно построить регрессионные уравнения, позволяющие оценить одновременное влияние факторов: мощности электродвигателя, массы машины, производительности на ОШХ и ШХ оборудования.

Для реализации поставленной задачи была разработана методика комплексного исследования указанных факторов с применением планирования эксперимента [1,116,140].

Для оценки влияния этих факторов на ШХ машин очистительного и измельчительного оборудования предприятий питания и построения многофакторной модели этого процесса был применен статистический метод Бокса-Уилсона с D-оптимальным планом 2^3 . Использована матрица планирования из восьми опытов. В качестве целевой функции использован обобщенный показатель ОШХ (y).

Матрица планирования эксперимента представлена в таблице 2.4.

Таблица 2.4 – Матрица планирования эксперимента

X ₁	X ₂	X ₃
+	+	-
-	+	+
+	-	+
-	-	-
-	-	+
-	+	-
+	+	+
+	-	-

В результате реализации полного факторного эксперимента уравнение регрессии взаимосвязи факторов имеет вид:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + b_{123}x_1x_2x_3$$

где y – целевая функция;

b_0 – математическое ожидание;

b_1, b_2, b_3 – коэффициенты регрессии варьируемых факторов;

b_{12}, b_{23}, b_{13} – коэффициенты регрессии парного взаимодействия факторов;

b_{123} – коэффициенты регрессии тройного взаимодействия факторов.

Коэффициенты регрессии варьируемых факторов определяли как:

$$b_j = \frac{\sum_{i=1}^N y_i x_{ji}}{N},$$

где $j = 0, 1, 2, \dots; k$ – номер фактора. Ноль записан для вычисления b_0 , N – число опытов в матрице.

Полученные коэффициенты проверяли на значимость, а уравнения регрессии на адекватность. Остаточной дисперсией или дисперсией адекватности называется остаточная сумма квадратов, деленная на число степеней свободы системы и определяется:

$$S_{ad}^2 = \frac{\sum_{i=1}^N \Delta y_i^2}{f}$$

Для проверки гипотезы об адекватности модели использовали F-критерий, критерий Фишера, определяемый по формуле:

$$F = \frac{S_{ad}^2}{S_{\{y\}}^2}$$

где $S_{\{y\}}^2$ - среднее значение квадрата отклонений величины от ее среднего значения, называемое дисперсией, которая определялась по формуле:

$$S_{\{y\}}^2 = \frac{2 \sum_{i=1}^N (y_{ig} - \bar{y})^2}{N}$$

где \bar{y} - среднее значение величины y .

Если рассчитанное значение F- критерия не превышает табличного значения, то с соответствующей доверительной вероятностью модель считается адекватной. При превышении табличного значения эту принятую гипотезу приходится отвергать. Проверка значимости каждого коэффициента проводилась независимо. Ее можно осуществлять двумя способами: проверкой по t – критерию Стьюдента или построением доверительного интервала. Прежде всего необходимо найти дисперсию коэффициента регрессии $s_{\{bj\}}^2$, определяемую из выражения:

$$s_{\{bj\}}^2 = \frac{S_{\{y\}}^2}{N}$$

Доверительный интервал (Δb_j)

$$(\Delta b_j) = \pm t s_{\{bj\}},$$

Здесь t – табличное значение критерия Стьюдента при числе степеней свободы, с которыми определялась $S_{\{y\}}^2$, и выбранном уровне значимости (обычно 0,05); $s_{\{bj\}}$ - квадратичная ошибка коэффициента регрессии $s_{\{bj\}} = +\sqrt{s_{\{bj\}}^2}$.

Критерий Стьюдента равен:

$$t = \frac{|b_j|}{s_{\{b_j\}}}$$

Вычисленное значение t-критерия сравнивалось с табличным значением при соответствующем числе степеней свободы.

2.3. Определение относительных шумовых характеристик оборудования предприятий питания

На основании проведенного аналитического обзора [40-42,102,118,146] было установлено, что наибольший уровень шума создает очистительное и измельчительное оборудование (машины очистки картофеля, свеклы, лука, овощерезательные и протирочные машины различной модификации и фирм-производителей). С механической точки зрения весь ряд оборудования объединяет одинаковая кинематическая схема, включающая двигатель, клиноременную передачу и подшипниковый вал с рабочим органом. Превышение допустимых норм по шуму возникает как по уровню звука, так и по уровню звукового давления в отдельных октавных полосах частот [83,85,51,53].

Наиболее существенное влияние на ВАХ в машинах очистки корнеклубнеплодов оказывает рабочий процесс. В этом оборудовании наиболее высокий уровень шума наблюдается на низких частотах 63-250 Гц в пределах 10-25 дБ. Источником повышенного шума в оборудовании является столкновение корнеклубнеплодов со стенками рабочей камеры машины. Для улучшения ВАХ машин очистки корнеклубнеплодов необходимо предусматривать конструктивные элементы, демпфирующие колебания от ударов продукта о

стенки рабочих камер машин. Несущие конструкции стенок рабочих камер должны иметь достаточную жесткость [35,106,114,128].

На формирование ВАХ овощерезательного оборудования типа МРО существенное влияние также оказывает процесс взаимодействия рабочего органа с продуктом. В овощерезательной машине типа МРО этот процесс наиболее значимый на высоких частотах. Высокочастотные колебания возникают в результате ударов продукта и толкателя о стенки загрузочного приспособления при подаче продукта к вращающимся ножам. Демпфирование этих колебаний возможно при армировании отверстий под толкатели пластмассовыми втулками, материал которых разрешен к контакту с пищевыми продуктами, например из фторопласта. К снижению энергии ударов продукта о стенки загрузочного приспособления приведет и своевременная заточка ножей рабочего органа.

В протирочной машине типа МП влияние процесса протирания на ВАХ оборудования на низких и средних частотах не отмечено и только на высоких частотах это влияние проявилось в машине МП-1000. Источником высоких частот является загрузочное устройство, выполненное в форме полусферы, о поверхности которого ударяются при загрузке куски продукта, вращающиеся лопастным ротором. Подобная форма загрузочного приспособления является звуковым излучателем. С целью улучшения ВАХ этого оборудования необходимо изменить форму загрузочного приспособления, например на коническую, и на лопастной ротор установить ножи предварительного измельчения загружаемого продукта.

При проектировании нового оборудования или совершенствовании существующего возникает задача - спрогнозировать ШХ оборудования, исходя из основных параметров машины: производительности, массы и мощности электродвигателя. Аналитических зависимостей этой связи установить невозможно, поэтому решить ее целесообразно статистическими методами, используя не абсолютные значения ШХ, а относительные (ОШХ) к производительности $\Pi - Q_{\Pi}$, массе $M - Q_M$ и мощности электродвигателя $N - Q_N$ [55-61].

ОШХ были получены как отношение значения скорректированного уровня звуковой мощности (характеристика А) оборудования к основным параметрам оборудования. Для определения ОШХ использовались данные экспериментальных исследований ШХ, проведенные на кафедре оборудования пищевых производств [42].

$$Q_{\Pi} = L_{pA}/Q, \frac{\partial B}{\text{кг/ч}}; \quad (2.16)$$

$$Q_{M} = L_{pA} /m, \frac{\partial B}{\text{кг}}; \quad (2.17)$$

$$Q_{N} = L_{pA} /n, \frac{\partial B}{\text{об/мин}} \quad (2.18)$$

Критерием ранжирования оборудования принималось получение максимальной величины тесноты статистической связи между порядком размещения оборудования и их ОШХ. Теснота связи характеризуется коэффициентом множественной корреляции R^2 . Для обработки данных использовалась программа «Excel». Порядок ранжирования выбран от больших значений ОШХ к меньшим.

В программе были построены диаграммы ОШХ для работы технологического оборудования в двух режимах (холостой, рабочий) по всему диапазону частот и характеристике А.

Была проведена аппроксимация значений ОШХ для получения регрессионных уравнений, которыми описываются статистические зависимости ОШХ от показателей технической характеристики очистительного и измельчительного технологического оборудования [63,66,68].

Используя программы «Excel» и «TableCurve 3D v4.0» строились графики регрессионных моделей изменения ОШХ оборудования по массе, производительности и мощности электродвигателя на средних, высоких и низких частотах в системе 3D.

2.4. Оценка качества оборудования предприятий питания по его шумовым характеристикам

В современной экономике особое значение приобрела проблема повышения качества машиностроительной продукции. Только предприятия, выпускающие продукцию определенного качества, могут в современных конкурентных условиях удовлетворить потребительский спрос, гарантировать высокую эффективность процесса воспроизводства. Таким образом, высокий уровень качества разрабатываемой или выпускаемой продукции – это основа ее конкурентоспособности. Данные экономических исследований свидетельствуют, что прирост прибыли за счет повышения качества выпускаемой продукции на порядок выше, чем за счет увеличения объема ее выпуска.

Техническое совершенство оборудования может оцениваться с различных позиций: с позиции производителя, потребителя, технических служб отрасли, поддерживающих его работоспособность. Все эти составляющие находятся во взаимодействии и взаимовлиянии. В данной работе технический уровень оборудования рассматривается с точки зрения его ШХ.

Методика оценки технического уровня оборудования предполагает получение информации на основе наиболее распространенных (основных) технических характеристик и комплексной оценки, получаемой путем сопоставления с эталонными образцами в результате учета и обобщения паспортных данных, особенностей конструктивного устройства и эксплуатации конкретного вида оборудования [137,2,121].

Качество очистительного и измельчительного оборудования предприятий питания можно рассматривать, как его способность удовлетворять существующие и перспективные потребности. Именно потребности определяют номенклатуру необходимого оборудования.

Основными эксплуатационными показателями качества машиностроительной продукции считаются: производительность, надежность,

ремонтпригодность, уровень автоматизации, удельный расход материалов, энергии на производство продукции на данном оборудовании, условия труда и численность обслуживающего персонала, масса, габариты и транспортабельность машин, перспективная возможность их модернизации, эксплуатационные расходы и т.д. [2].

ШХ оборудования являются одним из показателей его технического уровня и качества изготовления, степени безопасности и санитарно-гигиенических условий применения.

Информация о взаимосвязи между ШХ оборудования и показателями качества этого оборудования отсутствует. Получить данные об этой связи предлагается с помощью методов квалиметрии, применяемыми для количественной оценки качества продукции машиностроения.

Для оценки уровня качества используются дифференциальный, комплексный и смешанный методы, а определение значений показателей качества проводится измерительным, регистрационным и расчетным методами.

Необходимой составляющей работ по улучшению шумовых характеристик оборудования пищевых производств является количественная оценка комплексного показателя их технического уровня и качества при реализации мероприятий по снижению шума. Проведение такой оценки требует разработки методики расчета комплексного показателя для оборудования пищевых производств на основе общих методов количественной оценки качества продукции.

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), протирачные (МП), нарезки овощей (МРО, «Гамма», СL-30а), овощерезательно-протирачные (МПР) и мясорубки (Koncar MEM-12 E, МИМ-250, МИМ-300, МИМ-500). ШХ технологического оборудования определялись экспериментально в соответствии со стандартами ISO [150,27,28,31].

Для оценки применяемого технологического оборудования использованы следующие технические показатели:

- относительная масса машины

$$M_y = \frac{L_{PA}}{m} \text{ [дБА / кг]} \quad (2.19)$$

- относительная мощность двигателя

$$N_y = \frac{L_{PA}}{N} \text{ [дБА/ Вт]} \quad (2.20)$$

- относительная производительность

$$Q_y = \frac{L_{PA}}{Q} \text{ [дБА/(кг/ч)]} \quad (2.21)$$

В качестве L_{PA} принималось значение уровня звуковой мощности, измеренное экспериментально при работе с продуктом и на холостом ходу.

Объединение в одном показателе результатов оценки основных составляющих технического уровня оборудования пищевых производств обеспечивает комплексный метод [137]. С этой целью определены комплексные показатели в виде обобщенного показателя.

$$K_o = \prod_{i=1}^n (q_i)^{\frac{1}{n}} \quad (2.23)$$

где q_i - произведение единичных показателей удельной производительности, мощности и массы.

$$O_{\omega} = \frac{K_{o_{\text{баз}}}}{K_{o_i}} \quad (2.24)$$

Выводы по разделу 2:

1. Для определения уровня звуковой мощности в полосах частот, скорректированного по А уровня звуковой мощности а также показателя направленности источника шума, нами был выбран «Технический метод в существенно свободном звуковом поле над звукоотражающей плоскостью», который применим для источников шума любых размеров, кроме промышленных предприятий с множественными источниками шума и протяженных технических объектов.

2. Для прогнозирования шумовых характеристик оборудования предприятий питания на стадии его проектирования исходя из основных параметров машины: производительности, массы и мощности электродвигателя, целесообразно использовать статистические методы, используя не абсолютные значения ШХ, а относительные (ОШХ) к производительности $P - Q_P$, массе $M - Q_M$ и мощности электродвигателя $N - Q_N$.

3. Разработана методика комплексного исследования основных характеристик оборудования с применением планирования эксперимента для получения многофакторных моделей, в которых возможно получение регрессионных уравнений, описывающих одновременное влияние мощности электродвигателя, массы машины и производительности на ОШХ и ШХ оборудования.

4. Разработана методика оценки качества оборудования предприятий питания по его шумовым характеристикам с помощью комплексного показателя на основе общих методов количественной оценки качества продукции. Для оценки качества применяемого технологического оборудования использованы следующие технические показатели:

- удельная масса машины $M_y = \frac{L_{PA}}{m}$ [дБА /кг];

- удельное потребление электроэнергии $N_y = \frac{L_{PA}}{N}$ [дБА/ Вт];

- удельная производительность $Q_y = \frac{L_{PA}}{Q}$ [дБА/(кг/ч)].

РАЗДЕЛ 3.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ШУМОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ОБОРУДОВАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ПИТАНИЯ

Экспериментальный метод установления значений ШХ оборудования в настоящее время является основным в мировой практике. На основании этих значений международной организацией по стандартизации ИСО "Акустика" разработан стандарт 4671, по которому шумовой характеристикой L_{pA} необходимо даже маркировать оборудование. В связи с выходом на международный рынок ШХ приобретает значимость, как показатель качества конструкции, так и влияния на конкурентоспособность оборудования [27,122,12,104,119,120].

С целью разработки конструктивных мер и рекомендаций, направленных на снижение ШХ оборудования, необходимо дать экспериментальную оценку влияния виброакустических процессов в оборудовании, режимов его работы и источников на ШХ, а также получить их эмпирические модели. Решение этих задач выполняется в соответствии с разработанной методикой. ШХ определены экспериментальным путем техническими методами, в условиях свободного звукового поля, в лабораториях и производственных помещениях в различных режимах работы. Результаты экспериментальных исследований ШХ представлены в виде таблиц с округлением рядов экспериментальных значений до целого числа в связи с тем, что погрешность измерений шумомером составляет \div 1 дБ.

В качестве экспериментального образца для определения ШХ выбраны современная овощерезательная машина Robot Coupe CL-30 и машины для очистки картофеля МОК-150, широко используемые на предприятиях питания.

3.1 Экспериментальное исследование шумовых характеристик очистительного и измельчительного оборудования

Овощерезательная машина RobotCoupe CL-30 (Франция) имеет идентичную конструкцию, кинематически подобна овощерезкам МРО, Хельде. Корпус выполнен из противоударной, виброгасящей пластмассы. Съемное загрузочное устройство имеет корпус с цилиндрическими отверстиями различного диаметра и отверстие серповидной формы с рычажными толкателем для шинковки капусты. Для загрузки машины овощами, имеющими в сечении форму, близкую к окружности, используются цилиндрические толкатели, которыми вручную подаются овощи в зону резания.

В инструкции по эксплуатации данной овощерезки указано лишь, что уровень излучаемого звука при работе без продукта не должен превышать 70 дБА.

Анализ последних публикаций по данной проблеме показал, что ближайшими аналогами овощерезки Robot Coupe CL 30 А являются машины МРО 50-200, МРО-350, Гамма-5. ШХ машин МРО 50-200, МРО-350 и Гамма-5 определены ранее, а овощерезки Robot Coupe CL 30 А не установлены ни на холостом ходу, ни под нагрузкой [40-42].

В аттестованной лаборатории шума и вибрации кафедры оборудования пищевых производств ДонНУЭТ, объемом помещения 100 м³ определялись акустические характеристики машин: овощерезательной - RobotCoupe CL-30А и для очистки картофеля - МОК-150. Машины были установлены в соответствии с требованиями РЭ с использованием ГОСТ 12.1.026-80 "Шум. Определение шумовых характеристик в свободном звуковом поле над звукоотражающей поверхностью. Технический метод". ВАХ машин определялись в рабочем режиме работы при очистке картофеля и свеклы (для МОК-150), при нарезке ломтиками толщиной 2мм сырых овощей: картофеля, свеклы, моркови и шинковке капусты (для RobotCoupe CL-30А), а также определялись акустические характеристики их элементов.

Замер уровня звука производился с помощью точного импульсного шумомера 00023 «Robotron». Микрофон точного шумомера находился на расстоянии 1 м от крайней точки машины согласно ISO 11205:2003.

Обработка результатов измерений проведена на персональном компьютере по специальной программе. Запись виброакустических процессов производилась на персональном компьютере.

За измерительную поверхность был принят параллелепипед, огибающий овощерезку на расстоянии 1 м, как показано на рисунке 3.1. На полу была нанесена координатная сетка, позволяющая исключить возможность неправильной установки микрофона.

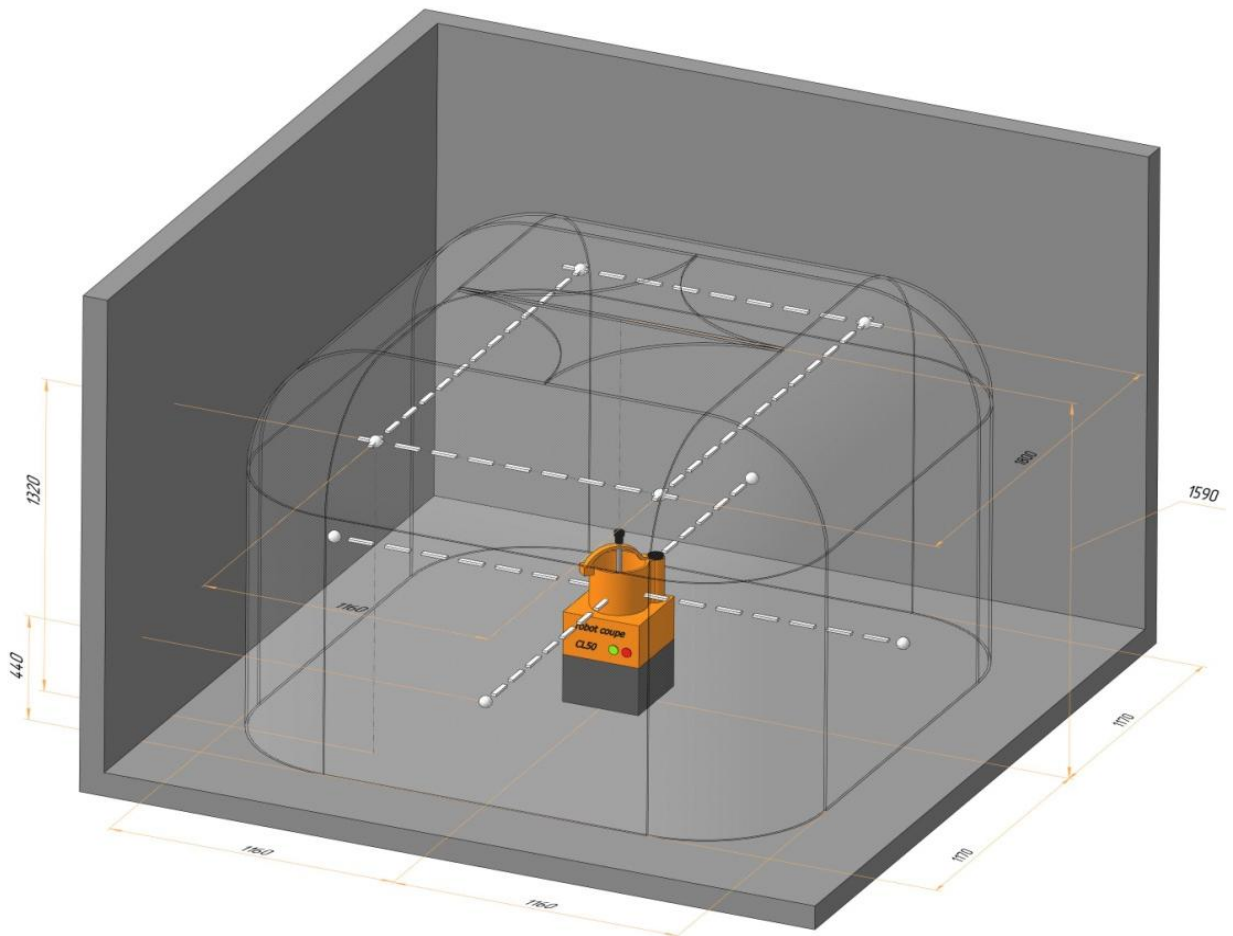


Рисунок 3.1 – Схема расположения точек измерения по ГОСТ 12.1.026-80

Тарировка записанных параметров шумовых и вибрационных характеристик осуществляется по шкале прецизионного шумомера Robotron 00023 RTF и измерителя шума и вибрации ВШВ-00М2. Акустическая и электрическая калибровки шумомера проводились до и после каждого измерения ШХ.

При измерении машина находилась по центру помещения.

Были определены ШХ овощерезки Robot Coupe CL 30 А при разных режимах и сравнение их с ШХ аналогичных машин [51,52,73].

Таблица 3.1 - Уровни звукового давления овощерезки RobotCoupe CL 30А и допустимые нормы шума

Наименование	Среднегеометрические значения октавных частот, Гц								Уровень звука, дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
CL 30 А без продукта	55,6	64,6	66,5	62,5	60,5	51,8	44,87	44,04	64,54
CL 30 А с картофелем	53	60,7	67,8	64,8	65	55,84	47,17	47,7	67,17
CL 30 А со свеклой	53,04	61,7	65,8	65,2	65,87	59,84	53,54	51,54	67,17
CL 30 А с морковью	49	64,2	66,7	67,2	66,04	62,07	56,7	47,7	68,04
CL 30 А с капустой	54	62,3	67,5	62,2	63,40	55,20	50	53,64	67,14
Допустимые нормы шума	75	66	59	54	50	47	45	43	70

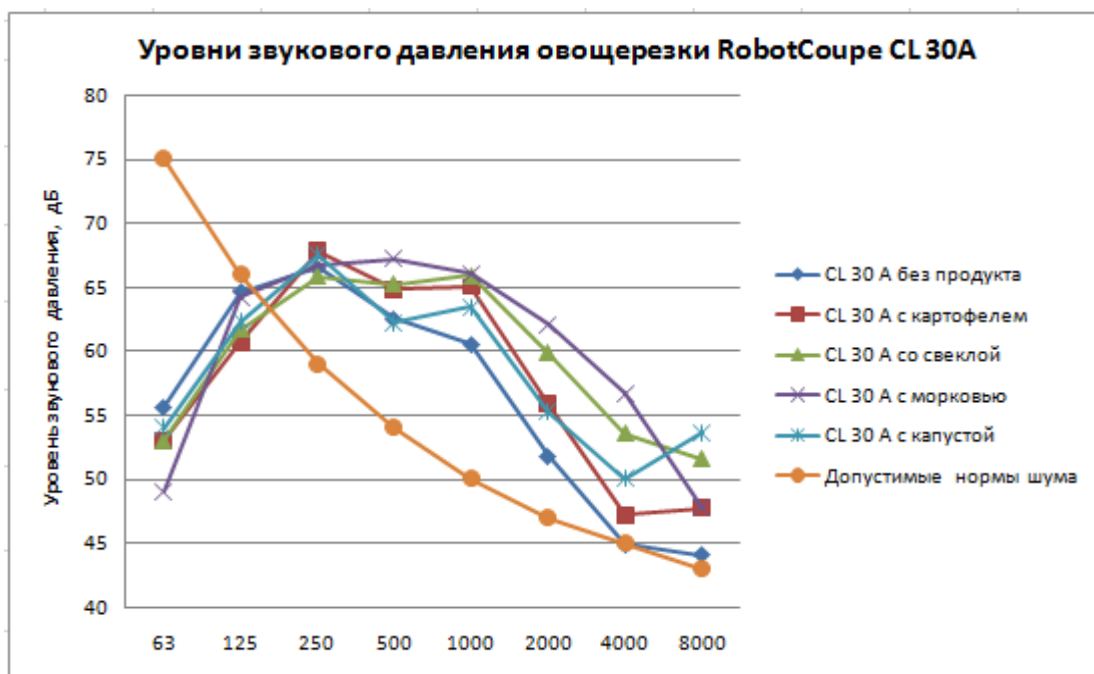


Рисунок 3.2 - Шумовые характеристики овощерезки RobotCoupe CL 30 A

Таблица 3.2 - Уровни звуковой мощности овощерезок

Наименование	Среднегеометрические значения октавных частот, Гц								Корректированный уровень, дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
CL 30 A без продукта	66,5	75,5	77,5	73,5	71,5	62,7	55,8	54,9	75,47
МРО 50-200 без продукта	60	62	67	68	68	63	52	41	70
CL 30 A с картофелем	63,9	71,6	78,8	75,8	75,9	66,77	58,10	58,63	78,1
МРО 50-200 с картофелем	62	77	77	77	76	72	66	64	77
CL 30 A со свеклой	63,9	72,6	76,7	76,1	76,80	70,77	64,47	62,47	78,10
МРО 50-200 со свеклой	60	66	78	77	78	74	64	62	78
CL 30 A с морковью	59,9	75,1	77,6	78,1	76,97	73,00	67,63	58,63	78,97
МРО 50-200 с морковью	62	67	74	75	78	73	68	56	77
CL 30 A с капустой	64,9	73,3	78,5	73,2	74,34	66,14	60,94	64,57	78,07
МРО 50-200 с капустой	64	67	77	78	78	73	73	73	78

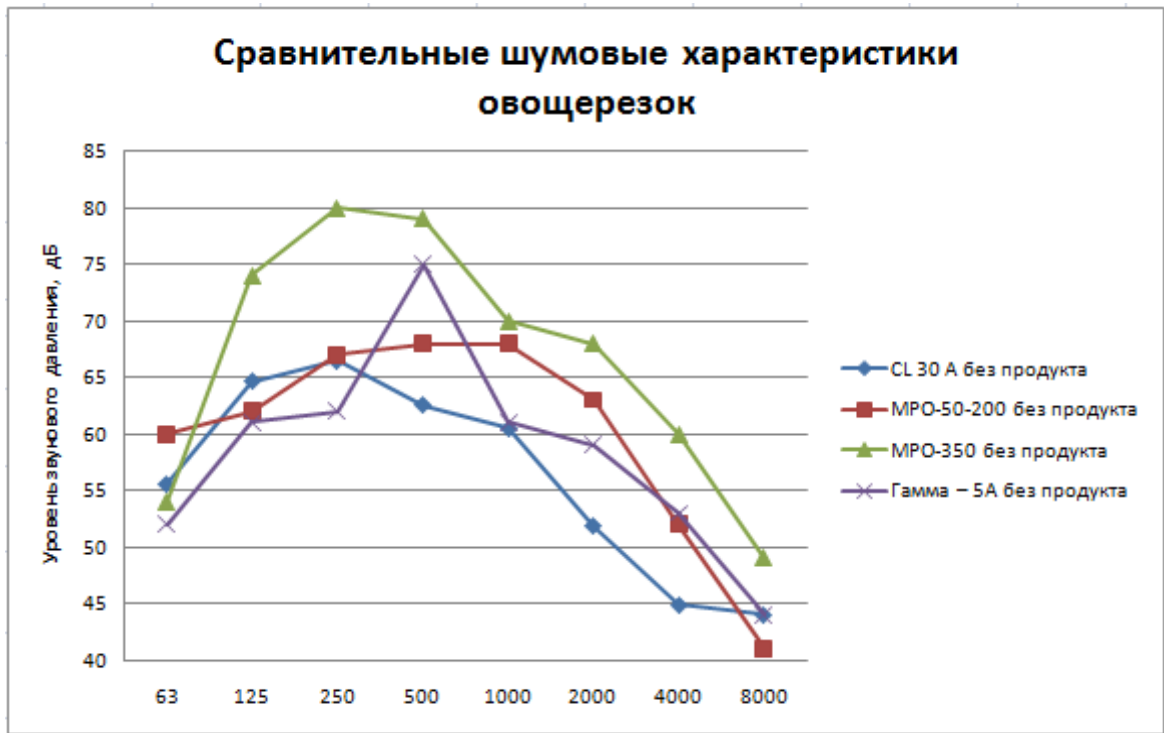


Рисунок 3.3 - Сравнительные шумовые характеристики овощерезок

По результатам проведенных исследований (табл. 3.1) было установлено, что ШХ овощерезки RobotCoupe CL 30 A превышает допустимые нормы в основном на средних и высоких октавных полосах частот в среднем на 8 дБ, что показано на рисунке 3.2. Превышений допустимых норм нет на низких частотах 63 и 125 Гц и по шкале шумомера А.

Сравнивая звуковые мощности овощерезки Robot Coupe CL 30 A и MPO 50-200 (табл. 3.2), видно, что при работе без продукта CL 30 A имеет худшую ШХ, при работе с картофелем лучшую ШХ, при работе со свеклой имеет аналогичную ШХ, при работе с морковью несколько хуже ШХ, и лучшую ШХ при работе с капустой [54-57,76].

Результаты измерения ШХ картофелечистки МОК-150 приведены в таблице 3.3.

У картофелечисток типа МОК-150 ШХ при работе без продукта не превышает допустимых санитарных норм. Наиболее высокий уровень звуковой мощности излучается машиной на низких частотах 125-250 Гц, средних (500-1000) и на частоте 2000 Гц [36,44-46].

Таблица 3.3 – Уровни звуковой мощности МОК-150

Наименование	Среднегеометрические значения октавных частот, Гц								Корректированный уровень, дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
МОК-150 без продукта	54	64	64	61	62	60	53	44	67
МОК-150 без перфорированного цилиндра	57,8	64,8	64,8	61,8	60,0	59,3	51,3	42,3	65,3
Электродвигатель МОК-150	50,8	57,8	57,3	56,8	56,3	57,8	45,8	39,8	61,8
МОК-150, очистка картофеля	74	82	81	74	72	69	61	67	79
МОК-150, очистка свеклы	76	85	85	81	79	74	70	64	86
Допустимые нормы	85	77	72	68	68	63	61	59	80
Превышение норм	-	5	9	6	4	4	2	-	6

Аналогичная картина и у электродвигателя, хотя ШХ электродвигателя ниже на 6 дБ на низких частотах 125-250 Гц, на 4-6 дБ на средних и на 3 дБ на частоте 2000 Гц, на 4-6 дБ – на остальных высоких частотах. По уровню звука – на 5 дБА.

Работа клиноременной передачи повышает ШХ по уровню звука на 3,5 дБА, на низких частотах – на 0,5-5 дБ (5 дБ соответствует частоте 250 Гц) на средних частотах – на 4-6 дБ, на 1,5 – 5 дБ.

Диск рабочего органа возбуждает колебания с частотой 6 Гц. Основными источниками шума при работе без продукта являются: электродвигатель и клиноременная передача с подшипниками.

Существенно ухудшается ШХ машины при работе с продуктами. При очистке картофеля скорректированный уровень звуковой мощности возрастает на – 12 дБА, на низких частотах – на 10-20 дБ, на средних частотах – на 10-13 дБ, на высоких частотах на 7-13 дБ.

Наибольшая звуковая мощность излучается на низких частотах 125-250 Гц. При очистке свеклы ШХ машины ухудшается еще более. Звуковая мощность по сравнению с работой без продукта возрастает на 19 дБА, на низких частотах – 15-22 дБ, на средних частотах – 17-20 дБ, на высоких частотах – на 17-20 дБ. Наибольшая звуковая мощность излучается машиной на низких частотах 125-250 Гц. Ухудшение ШХ машины при работе с продуктом связано с ударным характером взаимодействия продукта с тонким цилиндрическим перфорированным листом рабочей камеры.

При работе машины без продукта ШХ полностью соответствует санитарным нормам, однако при очистке картофеля ШХ превышает нормы на низких частотах 125-250 Гц – на 5-9 дБ, на средних – на 4-6 дБ и на высоких 2000 и 4000 Гц – на 2-4 дБ. При очистке свеклы отмечено превышение над нормами, как по скорректированному уровню, так и по октановым полосам частот, исключая 31,5 Гц. Наибольшая величина превышения отмечается на частотах 250 и 500 Гц. Шумовые характеристики МОК-150 представлены на рисунке 3.4.

Ранее исследователями были определены ШХ картофелеочистительной машины МОК-350. ШХ машины (табл. 3.4) определялись в соответствии с методикой путем последовательного отключения источников шума. Уровни звуковой мощности на средних частотах и частоте 2 кГц превышают допустимые по ТУ, а также по скорректированному уровню в рабочем режиме работы. На частоте 500 Гц превышение наблюдается и при работе машины без продукта.

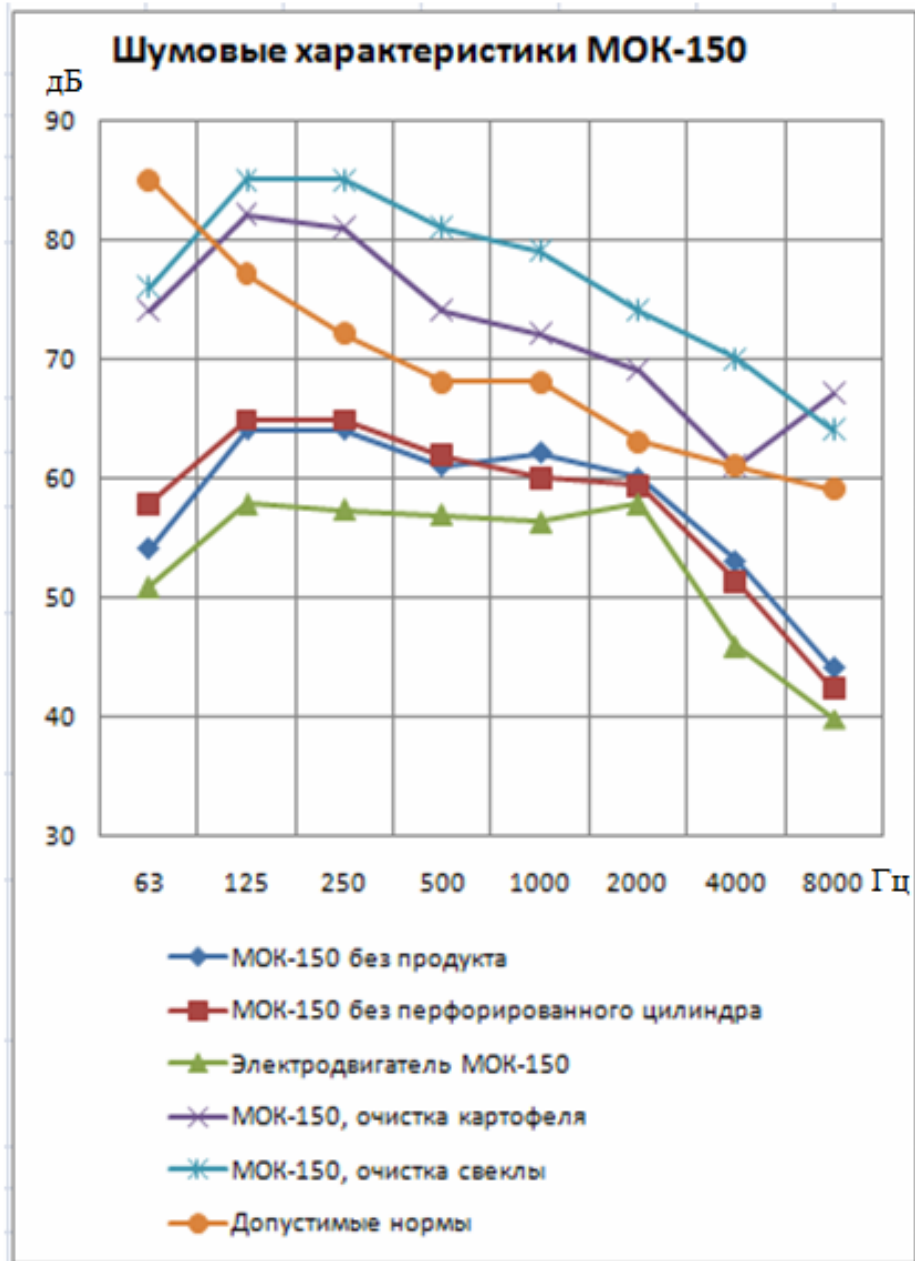


Рисунок 3.4 – Шумовые характеристики МОК-150

Анализ влияния ШХ элементов на ШХ машины при работе без продукта на октавных частотах показал, что на частоте 500 Гц ШХ электродвигателя не оказывает влияния на ШХ МОК-350 [83-86]. Применение звукоизолирующего кожуха на электродвигатель улучшает ШХ последнего на частотах 250, 500 Гц и на высоких частотах. Балансировка рабочего органа приводит к улучшению ШХ на частотах 125-500 Гц на 1-5 дБ и на высоких частотах 2000 и 4000 Гц - на 2-6 дБ. Расхождение в уровне звуковой мощности на частоте 500 Гц на 11 дБ между ШХ электродвигателя и МОК-350 при работе без нагрузки свидетельствует о

преимущественном влиянии на ШХ машины шума, излучаемого подшипниковым узлом. На частоте 1000 Гц уровень звуковой мощности, излучаемой подшипниковым узлом составляет 64 дБ, на частоте 2000 Гц - 55 дБ. Таким образом, на частоте 1000 Гц формирование ШХ машины происходит за счет излучения шума электродвигателем и подшипниковым узлом, а на частоте 2000 Гц – электродвигателем [123,124,107,142].

Таблица 3.4 - Уровни звуковой мощности машины МОК-350 и её элементов

Наименование	Среднегеометрические значения октавных частот, Гц								Корректированный уровень, дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
МОК-350 без продукта	63	66	65	74	67	62	54	58	73
МОК-350 без рабочего органа	62	67	70	73	67	64	52	51	74
Электродвигатель МОК-350 в кожухе	61	56	59	63	65	58	49	40	68
Электродвигатель МОК-350	61	55	61	66	64	62	54	52	69
Эффективность кожуха электродвигателя	-		2	3	-	4	5	12	1
МОК-350 с продуктом	73	78	78	77	72	69	61	57	81
Допустимые уровни	92	83	81	71	68	65	63	62	73
Превышение над нормами	-	-	-	6	4	4	-	-	8

Сравнение ШХ машины при работе с продуктом и без него указывает на то, что взаимодействие продукта с рабочим органом и стенками рабочей камеры ухудшает ШХ на 8 дБА, в т.ч. на низких частотах на 10-13 дБ, на средних - на 3-5 дБ, на высоких – на 7 дБ.

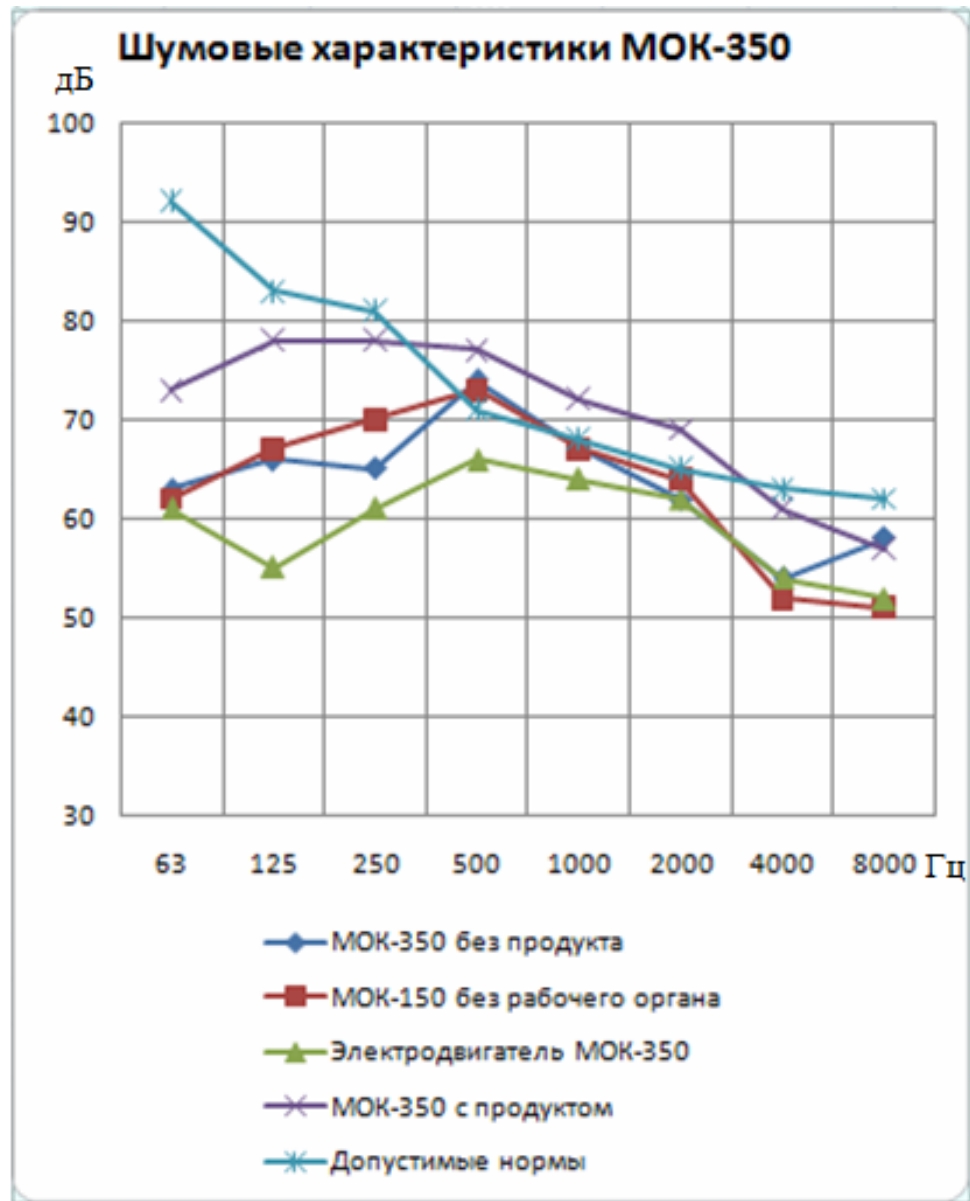


Рисунок 3.5 – Шумовые характеристики МОК-350

Сравнение ШХ типа МОК-150 с МОК-350, показало, что ШХ МОК-150 по сравнению с МОК-350 улучшилась при работе без продукта на 6 дБА по скорректированному уровню и на 1-7 дБ на низких частотах на 5-13 дБ на средних частотах и на 1-4 дБ на высоких частотах. Это свидетельствует о правильном направлении совершенствования конструкции машины и повышении ее качества.

При очистке картофеля ШХ МОК-150 хуже, чем у МОК-350 на низких частотах и на частоте 4000 Гц, но лучше на 2 дБА по скорректированному уровню, на 3 дБ на частоте 500 Гц и на 2 дБ – на 2000 Гц. Сравнение допустимых норм показало, что они ужесточились в октавных полосах частот и увеличились на 7

дБА по скорректированному уровню. При работе МОК-150 с продуктом наблюдалась значительная вибрация верхней части корпуса машины (с амплитудой до 10 мм) в горизонтальном направлении. Вибрационные характеристики ВХ машины типа МОК-150 приведены в таблице 3.5.

Таблица 3.5 - Уровень локальной вибрации МОК-150 в величинах виброскорости, мм·с⁻¹

Наименование режима работы	Точка измерения	
	ручка	корпус
Без продукта	0,25	0,67
Картофель	1,35	1,5
Свекла	6,5	5,1

В результате обработки осциллограмм ВАХ МОК-150 методом гармонического анализа получены эмпирические модели ВАХ. ШХ машины при очистке картофеля:

$$L_pA = 79,79 + 3,18 \sin(\omega t + 50,02) + 5,44 \sin(2\omega t - 40,9) + 3,08 \sin(6\omega t + 63,92) + 4,13 \sin(10\omega t - 29,43), \text{ дБА}, \quad (3.1)$$

при очистке свеклы:

$$L_pA = 82,75 + 1,98 \sin(\omega t + 67,78) + 2,6 \sin(3\omega t + 51,37) + 9,69 \sin(5\omega t - 19,86), \text{ дБА}, \quad (3.2)$$

где $\omega = 264 \text{ с}^{-1}$.

3.2 Экспериментальное исследование вибродемпфирующего толкателя для овощерезательной машины

Несмотря на простоту конструкции загрузочного устройства и удобства пользования ручной способ подачи приводит к целому ряду недостатков. Несимметричное расположение цилиндра загрузочных отверстий относительно

центра вращения рабочего органа приводит к возникновению изгибающего момента при воздействии толкателя на проталкиваемый продукт. Это приводит к изменению плоскости вращения дискового рабочего органа, дополнительному нагружению подшипников вертикального вала машины и, в конечном счете, к ухудшению качества нарезки овощей и надежности машины. Указанные недостатки усугубляются за счет неконтролируемого усилия, приложенного оператором к толкателю. По эргономическим требованиям оно не должно превышать 70 Н. В реальных условиях работы в производственных цехах операторы, стремясь ускорить технологическую операцию, прилагают к толкателю значительно большее усилие.

Наблюдается еще один отрицательный фактор, который возникает при эксплуатации овощерезательных машин. При проталкивании продукта толкателем на руку оператора воздействует вибрация, возникающая от взаимодействия продукта с двумя ножами вращающегося дискового рабочего органа. Основная частота этой локальной вибрации пропорциональна удвоенной частоте вращения рабочего органа и для разных модификаций машин колеблется в пределах 99-100 Гц. На эту частоту накладывается и общая вибрация машины, которая определяется, в основном, конструкцией машины. В связи с этими обстоятельствами шумовые (ШХ) и вибрационные характеристики (ВХ) машины целесообразно определять экспериментальными методами.

Для снижения вибрационной нагрузки на оператора в овощерезательной машине использовался специальный вибродемпфирующий толкатель, амортизирующие свойства которого изменяются путем замены материала вибропоглощения с различными коэффициентами жесткости [96,99,138].

Таким образом, на оператора овощерезательной машины и на машину в целом воздействует сложный виброакустический процесс, который не описан в технической литературе.

Нами проведены экспериментальные исследования по установлению эмпирических закономерностей взаимосвязи шумовых и вибрационных характеристик (ВАХ) овощерезательной машины с величиной нагружения

толкателя, свойствами продукта и жесткостью демпфирующего материала [69-71].

Исследовались ШХ и ВХ современной овощерезки RobotCoupe CL-30 при работе без нагрузки и под нагрузкой, с продуктом. Измерения ШХ проводились в реверберационном помещении в соответствии с ИСО «Акустика» 3743-1-94 и 3743-2-94 аттестованным шумомером RFT 00023, ВХ измерялись датчиком ДН-3, установленным на толкателе машины и на ее корпусе в соответствии с ИСО 10846-1-99. Регистрировались параметры ШХ и ВХ в виде осциллограмм (рис. 3.6) в реальном масштабе времени в памяти ПК через аналого-цифровой преобразователь (АЦП). Для измерения локальной и общей вибрации применялся анализатор шума и вибрации «Ассистент».

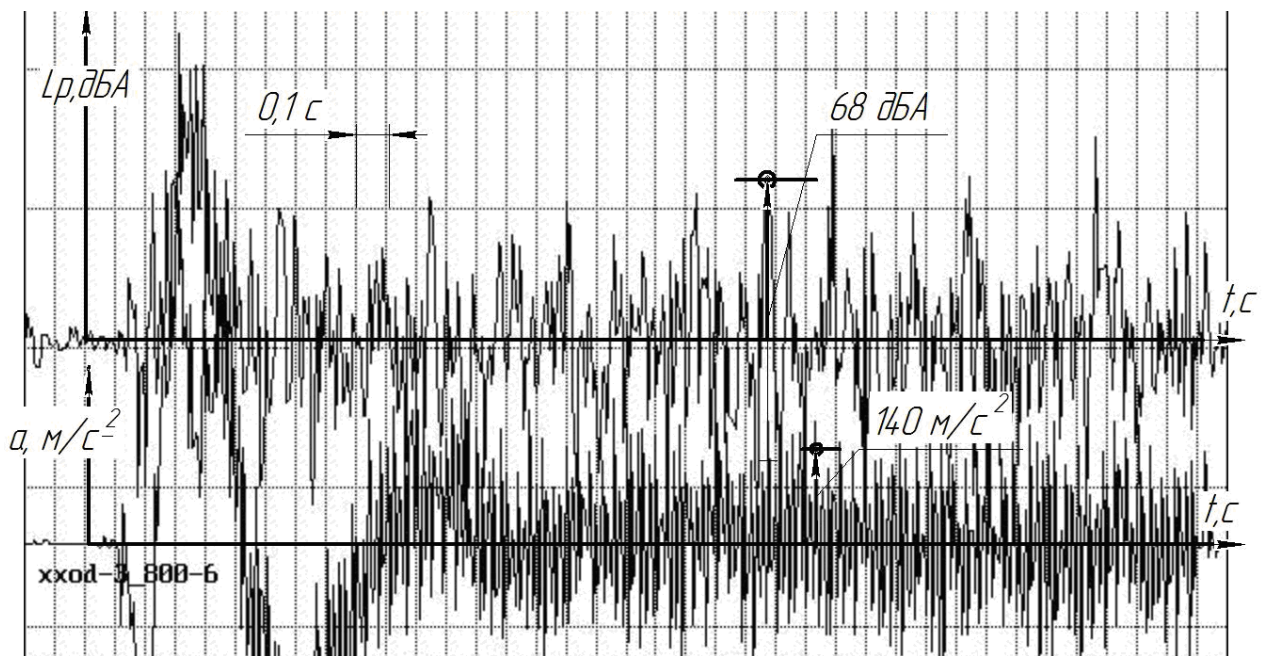


Рисунок 3.6 – Осциллограмма виброакустических процессов овощерезки RobotCoupe CL-30

Для улучшения ВАХ овощерезательной машины предложена оригинальная конструкция вибродемпфирующего толкателя с возможностью изменения усилия воздействия на продукт и величины демпфирования [32].

Конструкция толкателя представлена на рисунке 3.7. Толкатель состоит из корпуса 1, выполненного в форме цилиндра, в который с переходной посадкой

входит поршень 3. Нижней частью поршень упирается на полиэтиленовые шарики 2, которые выполняют роль амортизатора. Чтобы не создавалась воздушная подушка, внизу цилиндра есть специальные отверстия. Корпус толкателя и поршень выполнены из полистирола. В верхней части поршня 3 толкателя устанавливался вибродатчик ДН-3 на резьбе. В процессе работы поршень нагружался набором тарированных грузов, упирающихся в кольцевые упоры поршня 3. Поршень 3 входит в корпус 1 по переходной посадке, обеспечивающей свободное поступательное движение поршня в корпусе.

Локальная вибрация в виде величины виброускорения A регистрировалась аттестованным анализатором шума и вибрации «Ассистент», Россия. Показания прибора через АЦП записывались в память ПК. Эксперимент планировался в виде 2^3 по методу Бокса-Уилсона, который позволяет получить многофакторные модели влияния ряда независимых переменных факторов на величину виброускорения. В качестве переменных факторов использовались усилие на толкателе $S - x_1$, коэффициент жесткости амортизатора $K - x_2$ и модуль упругости продукта $E - x_3$.

Усилие на толкателе варьировалось установкой на поршень толкателя грузов, жесткость амортизатора – заменой демпфирующего материала, а модуль упругости – нарезанием двух продуктов: картофеля с измеренным модулем упругости и свеклы.

Целевой функцией принято локальное виброускорение на толкателе $A_z = f(t)$. В качестве функций отклика использовалась $Y_a(x_1, x_2, x_3)$.

Во всех опытах нарезание продукта производилось спиральными ножами. Уровни факторов и интервалы варьирования приведены в таблице 3.6. Сформулирована матрица эксперимента в кодированных натуральных величинах в таблице 3.7.

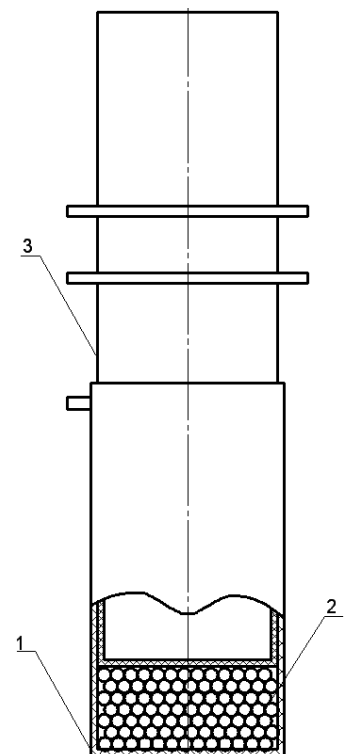


Рисунок 3.7–
Вибродемпфирующий толкатель

Таблица 3.6 – Уровни и интервалы варьирования факторов в процессе резания

Уровни		Факторы		
		Усилие на толкателе, x_1 , Н	Коеф. жесткости амортизатора, x_2 , Н/м	Модуль упругости продукта, x_3 , МПа
Основной	0	45,025	5550	3,5
Верхний	+1	67	8700	4,5
Нижний	-1	23,05	2400	2,5
Интервал варьирования	Δi	43,95	6300	2

Таблица 3.7 – Матрица планирования эксперимента локального виброускорения

№	Факторы			Функция отклика локального виброускорения, m/s^2
	x_1	x_2	x_3	Среднее, $Y_{ср}$
1	+	+	+	127
2	+	-	-	121,5
3	+	+	-	124,3
4	-	-	-	126
5	-	+	+	130,56
6	-	-	+	127,9
7	+	-	+	123,9
8	-	+	-	128

После проверки коэффициентов регрессии и адекватности получена многофакторная регрессионная модель локального виброускорения в кодированных значениях факторов:

$$Y_a(x_1, x_2, x_3) = 126,145 - 1,97 \cdot x_1 + 1,32 \cdot x_2 + 1,195 \cdot x_3 - 0,155 \cdot x_1 \cdot x_2 - 0,08 \cdot x_1 \cdot x_3 + 0,12 \cdot x_2 \cdot x_3 \quad (3.3)$$

Анализ модели позволяет сделать ряд выводов. Наибольшее влияние на величину A оказывает усилие на толкателе S . При увеличении усилия на толкателе значение локального виброускорения снижается. Увеличение коэффициента жесткости амортизатора и модуля упругости продукта приводит к

повышению локального виброускорения. Совместное влияние факторов оказывает несущественное влияние.

Раскодирование переменных выполняется с помощью формул:

$$x_1 = \frac{S - S_{осн}}{\Delta S} = \frac{S - 45,025}{43,95}; x_2 = \frac{K - K_{осн}}{\Delta K} = \frac{K - 5550}{6300}; x_3 = \frac{E - E_{осн}}{\Delta E} = \frac{E - 3,5}{2}. \quad (3.4)$$

Подставим в полученное уравнение раскодированные значения переменных получим уравнение в натуральных переменных:

$$A = 125,38 - 0,051 \cdot S + 0,00015 \cdot K + 0,503 \cdot E, \quad м/с^2 \quad (3.5)$$

где S – усилие на толкателе, Н, K – коэффициент жесткости амортизатора Н/м, E – модуль упругости продукта, МПа.

Если «закрепить» значение $x_3=1$, тогда уравнение в кодированных переменных упрощается в вид:

$$Y_a(x_1, x_2) = 127,34 - 1,89 \cdot x_1 + 1,44 \cdot x_2 + 0,155 \cdot x_1 x_2. \quad (3.6)$$

Поверхность функции отклика уравнения (3.6) графически представлена на рис. 3.8,а. Для более детального анализа зависимости локального виброускорения Y_a был построен контурный график (рис. 3.8, б). На графике видна нелинейная зависимость влияния усилия на толкателе S и коэффициента жесткости амортизатора K на локальное виброускорение Y_a .

Исследование влияния параметров толкателя на локальную вибрацию показало, что к снижению виброускорения на толкателе, как следствие и вибрационной нагрузки на оператора, приводит увеличение усилия на толкателе, уменьшение жесткости амортизатора, а также работа овощерезательных машин с продуктами с более низкими модулями упругости.

Анализ результатов измерения ШХ машины показал, что уровни излучаемой звуковой мощности в октавных полосах частот и скорректированный по А не превышают предельно допустимых значений, а при нарезании овощей имеет место превышение: на низких частотах – до 8 дБ, средних – на 13 дБ, на высоких – на 6-12 дБ, по А – на 3 дБ.

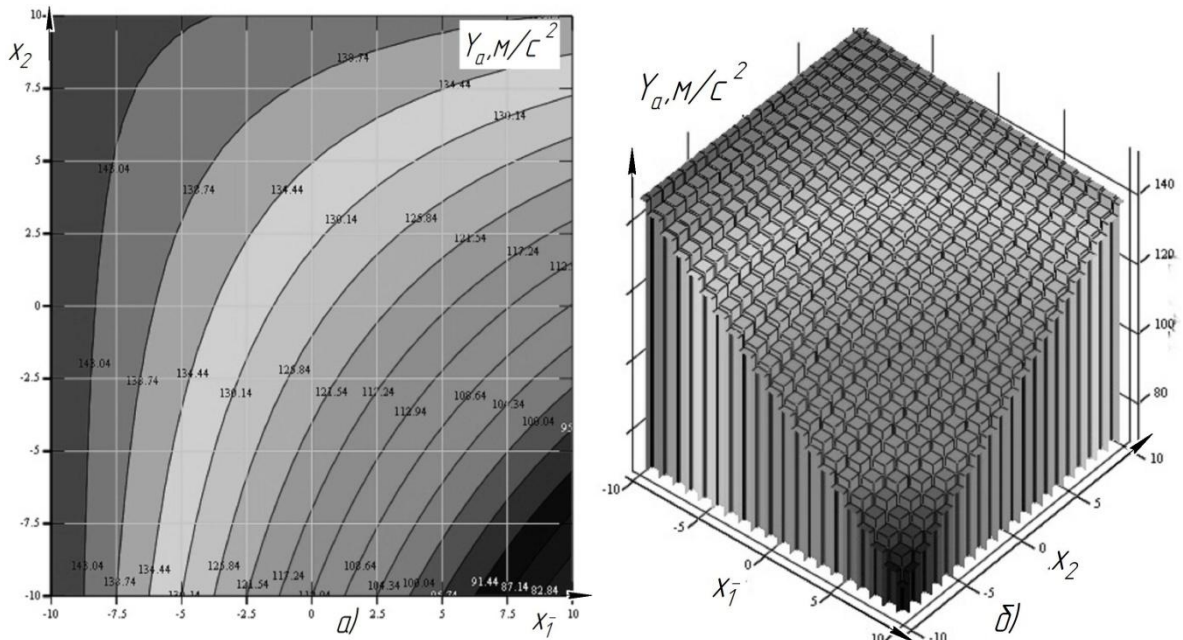


Рисунок 3.8 – График зависимости локального виброускорения Y_a от усилия на толкателе S , Н (x_1) и коэффициента жесткости амортизатора K , Н/м (x_2) при фиксации фактора x_3 : а – линии уровня зависимости $Y_a(x_1, x_2)$; б – диаграмма зависимости локального виброускорения $Y_a(x_1, x_2)$

С целью улучшения ШХ овощерезательной машины проведена оценка влияния трех переменных факторов: усилия на толкателе S (x_1), коэффициента жесткости K (x_2) и модуля упругости продукта E (x_3) на изменение скорректированного по А уровня звуковой мощности (целевая функция Y). Для получения многофакторной модели использована аналогичная предыдущим исследованиям методика Бокса-Уилсона.

Уровни факторов и интервалы варьирования приведены в таблице 3.8.

Регрессионная модель скорректированного уровня звуковой мощности овощерезки при работе с продуктом в кодированных значениях факторов:

$$Y(x_1, x_2, x_3) = 74,5 + 1,437 \cdot x_1 - 0,1875 \cdot x_2 + 2,31 \cdot x_3 - 0,063 \cdot x_1 x_2 - 0,062 \cdot x_1 x_3 - 0,188 \cdot x_2 x_3 \quad (3.7)$$

После оценки коэффициентов регрессии и адекватности получена многофакторная модель скорректированного уровня звуковой мощности в кодированных значениях факторов:

$$Y(x_1, x_3) = 74,5 + 1,437 \cdot x_1 + 2,31 \cdot x_3 \quad (3.8)$$

Таблица 3.8 – Матрица планирования эксперимента по ШХ машины

№	Факторы			Функция отклика уровня звуковой мощности, дБА
	x_1	x_2	x_3	
1	+	+	+	75,19
2	+	-	-	70,19
3	+	+	-	73,19
4	-	-	-	77,19
5	-	+	+	71,19
6	-	-	+	75,69
7	+	-	+	79,19
8	-	+	-	74,19

Подставив в полученное уравнение (3.8) раскодированные значения факторов получим уравнение в натуральных переменных:

$$L_p(S, E) = 69 + 0,033 \cdot S + 1,16 \cdot E, \text{ дБА} \quad (3.9)$$

В результате проведенных исследований можно сделать вывод, что на скорректированный уровень звуковой мощности наиболее существенное влияние оказывает усилие, прилагаемое к толкателю и модуль упругости продукта.

График уравнения (3.9) представлены на рисунках 3.9 (а, б).

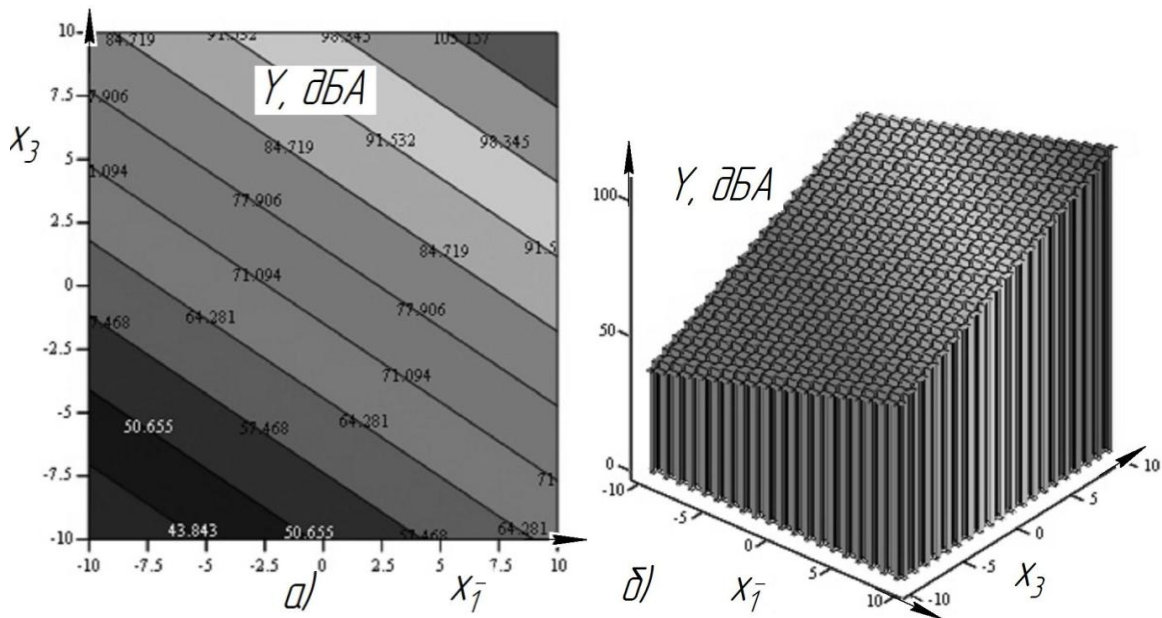


Рисунок 3.9 – Графики зависимости скорректированного уровня звуковой мощности Y овощерезки от усилия на толкателе $S, H (x_1)$ и модуля упругости продукта $E, \text{МПа} (x_3)$: а – линии уровня функции отклика $Y(x_1, x_3)$; б – диаграмма зависимости уровня звуковой мощности функции отклика $Y(x_1, x_3)$

Выводы по разделу 3:

1. В результате исследования установлено, что на вибрационную характеристику овощерезательной машины RobotCoupe CL-30 влияет, в первую очередь, усилие на толкателе и его жесткость, на шумовую характеристику – усилие на толкателе и модуль упругости продукта. Для улучшения вибрационной характеристики целесообразно увеличивать усилие на толкателе и снижать его жесткость, а шумовой характеристики – снижать усилие на толкателе и работать с продуктами с меньшим модулем упругости.

2. Основными источниками шума при работе картофелечистки МОК-150 без продукта являются: электродвигатель и клиноременная передача с

подшипниками. Существенно ухудшается ШХ машины при работе с продуктами. Ухудшение шумовой характеристики машины при работе с продуктом связано с ударным характером взаимодействия продукта с тонким перфорированным листом сетки машины. Для улучшения ВАХ машины целесообразно увеличить жесткость стенки камеры и виброизолировать ее от корпуса машины. Для улучшения виброакустических характеристик машин целесообразно увеличить заполнение рабочей камеры машины, а это, в свою очередь, приведет к повышению нагрузки на привод и электропотребления машины.

3. Противоречивое влияние толкателя на виброакустические характеристики овощерезательной машины свидетельствует о необходимости оптимизации усилия на толкателе, предусматривающие его регулировку в конструкции машины.

3. Предлагаемая конструкция вибродемпфирующего толкателя позволяет регулировать усилие на толкателе, его жесткость и снижает вибрационную нагрузку на оператора овощерезательных машин.

РАЗДЕЛ 4.
ТРАНСФОРМАЦИЯ ШУМОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК
ОБОРУДОВАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ПИТАНИЯ

4.1. Расчет относительных шумовых характеристик оборудования предприятий питания

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. ОШХ рассматриваемого оборудования приведены в таблице 4.1.

Среди многих видов технологического оборудования общественного питания выбрано имеющее одинаковую кинематическую схему. Кинематическая схема состоит из электродвигателя, клиноременной передачи и рабочего органа. К такому ряду относятся: картофелечистки МОК, овощерезки МРО, МПР, СЛ, протирочное оборудование МП.

В таблице 4.1 приведены значения ОШХ в виде дробей, где в числителе указаны значения Q_{Π} , Q_M и Q_N на холостом ходу, а в знаменателе – при работе с продуктом для соответствующего оборудования.

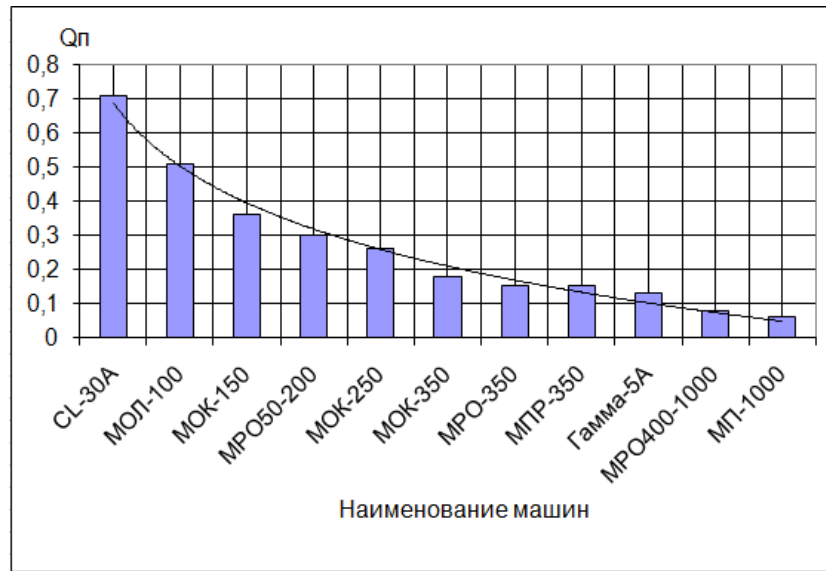
Таблица 4.1 - ОШХ технологического оборудования при работе без продукта и с продуктом

	Часто-та	МОК-150	МОК-250	МОК-350	МОЛ-100	МРО-350	МРО-50-200	CL-30A	Гамма-5A	МП-1000	МПР-350	МРО-400-1000
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Q_{Π}	63	0,36/ 0,49	0,26/ 0,3	0,18/ 0,21	0,51/ 0,74	0,15/ 0,18	0,3/ 0,31	0,71/ 0,67	0,13/ 0,16	0,06/ 0,06	0,15/ 0,17	0,08/ 0,07
Q_M	Гц	0,98/ 1,35	0,66/ 0,77	0,9/ 1,04	0,93/ 1,35	2/ 2,33	2,22/ 2,3	3,81/ 3,63	1,73/ 2,17	1,2/ 1,18	2/ 2,26	1,58/ 1,48
Q_N	63 Гц	145,95/ 200	118,18/ 138,18	114,55/ 132,73	137,84/ 200	145,95/ 170,27	150/ 155	114,2/ 108,8	140,54/ 175,68	80/ 78,67	145,95/ 164,86	105,33/ 98,67

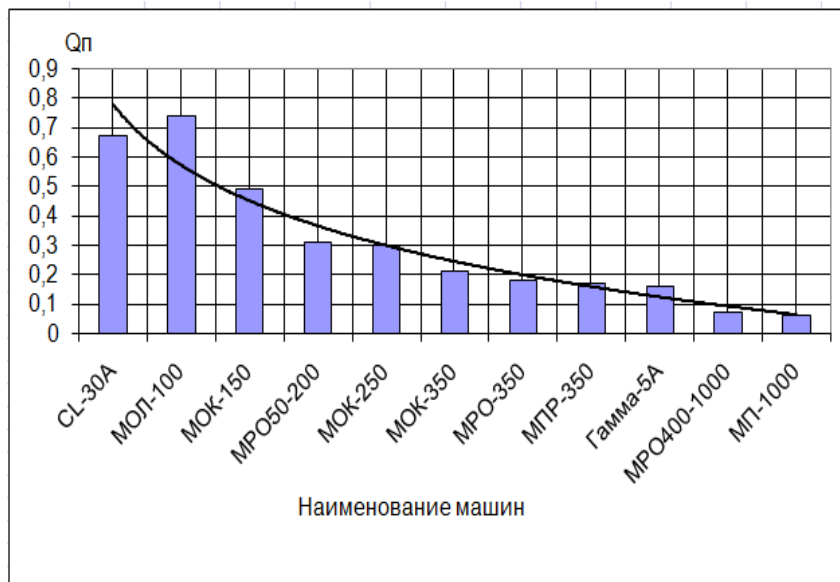
Продолжение таблицы 4.1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Q _{II}	125 ГЦ	0,43/ 0,55	0,3/ 0,34	0,19/ 0,22	0,59/ 0,76	0,21/ 0,19	0,31/ 0,39	0,83/ 0,77	0,15/ 0,2	0,07/ 0,06	0,17/ 0,19	0,08/ 0,07
Q _M		1,16/ 1,49	0,76/ 0,86	0,94 1,11	1,07/ 1,38	2,74/ 2,41	2,3/ 2,85	4,4/ 4,14	2,03/ 2,6	1,32/ 1,26	2,26/ 2,44	1,5/ 1,46
Q _N		172,97/ 221,62	136,36/ 154,55	120/ 141,82	159,46/ 205,41	200/ 175,68	155/ 192,5	132,14/ 124,34	164,86/ 210,81	88/ 84	164,86/ 178,38	100/ 97,33
Q _{II}	250 ГЦ	0,43/ 0,54	0,29/ 0,33	0,19/ 0,22	0,56/ 0,76	0,23/ 0,23	0,34/ 0,39	0,85/ 0,86	0,16/ 0,2	0,07/ 0,07	0,21/ 0,22	0,08/ 0,08
Q _M		1,16/ 1,47	0,73/ 0,83	0,93/ 1,11	1,02/ 1,38	2,96/ 3,04	2,48/ 2,85	4,53/ 4,62	2,07/ 2,6	1,34/ 1,32	2,67/ 2,81	1,54/ 1,56
Q _N		172,97/ 218,92	130,91/ 149,09	118,18/ 141,82	151,35/ 205,41	216,22/ 221,62	167,5/ 192,5	136/ 138,66	167,57/ 210,81	89,33/ 88	194,59/ 205,41	102,67/ 104
Q _{II}	500 ГЦ	0,41/ 0,49	0,25/ 0,3	0,21/ 0,22	0,66/ 0,75	0,23/ 0,24	0,34/ 0,39	0,8/ 0,82	0,19/ 0,22	0,07/ 0,07	0,21/ 0,22	0,08/ 0,08
Q _M		1,11/ 1,35	0,64/ 0,77	1,06/ 1,1	1,2/ 1,36	2,93/ 3,07	2,52/ 2,85	4,27/ 4,42	2,5/ 2,93	1,32/ 1,36	2,74/ 2,81	1,58/ 1,68
Q _N		164,86/ 200	114,55/ 138,18	134,55/ 140	178,38/ 202,7	213,51/ 224,32	170/ 192,5	128/ 132,66	202,7/ 237,84	88/ 90,64	200/ 205,41	105,33/ 112
Q _{II}	1000 ГЦ	0,41/ 0,48	0,27/ 0,29	0,19/ 0,21	0,61/ 0,7	0,2/ 0,22	0,34/ 0,38	0,78/ 0,82	0,15/ 0,2	0,07/ 0,07	0,21/ 0,21	0,08/ 0,08
Q _M		1,13/ 1,31	0,68/ 0,73	0,96/ 1,03	1,11/ 1,27	2,59/ 2,89	2,52/ 2,81	4,13/ 4,43	2,03/ 2,7	1,4/ 1,48	2,67/ 2,78	1,5/ 1,58
Q _N		167,57/ 194,59	121,82/ 130,91	121,82/ 130,91	164,86/ 189,19	189,19/ 210,81	170/ 190	124/ 132,94	164,86/ 218,92	93,33/ 98,67	194,59/ 202,7	100/ 105,33
Q _{II}	2000 ГЦ	0,4/ 0,46	0,26/ 0,27	0,18/ 0,27	0,53/ 0,6	0,19/ 0,21	0,32/ 0,36	0,67/ 0,71	0,15/ 0,19	0,06/ 0,07	0,19/ 0,2	0,07/ 0,08
Q _M		1,09/ 1,25	0,66/ 0,68	0,89/ 0,68	0,96/ 1,09	2,52/ 2,74	2,33/ 2,67	3,55/ 3,82	1,97/ 2,47	1,2/ 1,3	2,52/ 2,56	1,38/ 1,5
Q _N		162,16/ 186,49	118,19/ 121,82	112,73/ 121,82	143,24/ 162,16	183,78/ 200	157,5/ 180	106,6/ 114,6	159,46/ 200	80/ 86,67	183,78/ 186,49	92/ 100
Q _{II}	4000 ГЦ	0,35/ 0,41	0,22/ 0,25	0,15/ 0,17	0,47/ 0,53	0,17/ 0,2	0,26/ 0,33	0,58/ 0,6	0,13/ 0,17	0,06/ 0,06	0,17/ 0,19	0,06/ 0,07
Q _M		0,96/ 1,11	0,57/ 0,63	0,77/ 0,87	0,85/ 0,96	2,22/ 2,59	1,93/ 2,44	3,09/ 3,24	1,77/ 2,3	1,1/ 1,16	2,26/ 2,44	1,16/ 1,38
Q _N		143,24/ 164,86	101,82/ 112,73	98,18/ 110,91	127,03/ 143,24	162,16/ 189,19	130/ 165	92,66/ 97,26	143,24/ 186,49	73,33/ 77,33	164,86/ 178,38	77,33/ 92
Q _{II}	8000 ГЦ	0,29/ 0,45	0,18/ 0,22	0,17/ 0,16	0,53/ 0,51	0,14/ 0,18	0,21/ 0,32	0,57/ 0,61	0,11/ 0,16	0,05/ 0,06	0,15/ 0,16	0,05/ 0,06
Q _M		0,8/ 1,22	0,44/ 0,57	0,83/ 0,81	0,96/ 0,93	1,81/ 2,37	1,52/ 2,37	3,03/ 3,28	1,47/ 2,17	0,9/ 1,1	1,93/ 2,07	1,08/ 1,26
Q _N		118,92/ 181,08	80/ 101,82	105,45/ 103,64	143,24/ 137,84	132,43/ 172,97	102,5/ 160	91/ 98,34	118,92/ 175,68	60/ 73,33	140,54/ 151,35	72/ 84
Q _{II}	A	0,45/ 0,53	0,29/ 0,31	0,21/ 0,23	0,64/ 0,78	0,23/ 0,24	1,4/ 1,54	0,83/ 0,85	0,19/ 0,22	0,07/ 0,08	0,22/ 0,25	0,08/ 0,08
Q _M		1,22/ 1,44	0,73/ 0,79	1,04/ 1,16	1,16/ 1,42	2,93/ 3,07	2,59/ 2,85	4,4/ 4,57	2,47/ 2,97	1,42/ 1,54	2,81/ 3,19	1,52/ 1,64
Q _N		181,08/ 213,51	130,91/ 141,82	132,73/ 147,27	172,97/ 210,81	213,51/ 224,32	175/ 192,5	132/ 137,2	200/ 240,54	94,67/ 102,67	205,41/ 232,43	101,33/ 109,33

На рисунке 4.1 приведены диаграммы ОШХ для работы технологического оборудования в двух режимах на низких частотах.



а)



б)

Рисунок 4.1 - Диаграммы ОШХ по производительности от типа оборудования
а – без продукта; б – с продуктом

Аппроксимацией полученных значений ОШХ получены регрессионные уравнения, которыми корректно описываются статистические зависимости ОШХ от показателей технической характеристики очистительного и измельчительного технологического оборудования, которые приведены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 - Регрессионные зависимости ОШХ от основных параметров оборудования

Частота, Гц	Холостой ход	R ²	С продуктом	R ²
1	2	3	4	5
А	$Q_{\Pi} = 1,255 - 0,52 \ln \Pi$ $Q_M = 4,635 - 0,646M + 0,027M^2$ $Q_N = 224,79 - 8,913N - 0,286N^2$	0,96 0,94 0,97	$Q_{\Pi} = 1,380 - 0,575 \ln \Pi$ $Q_M = 4,767 - 0,586M - 0,021M^2$ $Q_N = 243,34 - 4,745N - 0,812N^2$	0,95 0,92 0,92
63	$Q_{\Pi} = -0,266 \ln \Pi + 0,685$ $Q_M = 0,0025M^4 - 0,067M^3 +$ $+ 0,625M^2 - 2,56M + 5,66$ $Q_N = -0,667N^2 + 1,706N + 147,6$	0,99 0,96 0,95	$Q_{\Pi} = -0,296 \ln \Pi + 0,777$ $Q_M = 0,0009M^4 - 0,0249M^3 +$ $+ 0,259M^2 - 1,317M + 4,518$ $Q_N = -0,031N^6 + 1,41N^5 - 16,31N^4 +$ $+ 113,81N^3 - 401,5N^2 + 660,55N -$ $- 201,94$	0,91 0,91 0,94
125	$Q_{\Pi} = -0,31 \ln \Pi + 0,797$ $Q_M = -0,001M^5 + 0,0317M^4 -$ $- 0,383M^3 + 2,149M^2 - 5,798M +$ $+ 8,38$ $Q_N = -0,375N^2 - 5,277N + 193,77$	0,99 0,99 0,96	$Q_{\Pi} = -0,329 \ln \Pi + 0,863$ $Q_M = -0,0016M^5 + 0,048M^4 -$ $- 0,548M^3 + 2,803M^2 - 6,587M +$ $+ 8,338$ $Q_N = 0,0192N^5 - 0,629N^4 + 7,858N^3 -$ $- 47,487N^2 + 127,06N + 92,663$	0,94 0,93 0,9
250	$Q_{\Pi} = -0,308 \ln \Pi + 0,799$ $Q_M = 0,036M^2 - 0,75M + 4,81$ $+ 0,625M^2 - 2,56M + 5,66$ $Q_N = 0,046N^2 - 12,11 + 220,3$	0,97 0,96 0,98	$Q_{\Pi} = -0,347 \ln \Pi + 0,906$ $Q_M = 0,03M^2 - 0,677M + 4,831$ $+ 0,625M^2 - 2,56M + 5,66$ $Q_N = -1,228N^2 + 1,264N + 219,48$	0,97 0,92 0,92
500	$Q_{\Pi} = -0,303 \ln \Pi + 0,795$ $Q_M = 0,025M^2 - 0,609M + 4,505$ $Q_N = -0,199N^2 - 10,415N + 226,22$	0,96 0,94 0,98	$Q_{\Pi} = -0,327 \ln \Pi + 0,865$ $Q_M = 0,021M^2 - 0,571M + 4,614$ $Q_N = -0,611N^2 - 6,902N + 240,09$	0,95 0,94 0,93
1000	$Q_{\Pi} = -0,296 \ln \Pi + 0,7724$ $Q_M = 0,026M^2 - 0,605M + 4,306$ $Q_N = -0,2594N^2 - 7,251N + 201,98$	0,98 0,94 0,94	$Q_{\Pi} = -0,3215 \ln \Pi + 0,8443$ $Q_M = 0,0209M^2 - 0,5656M + 4,5222$ $Q_N = -0,035N^5 + 1,111N^4 - 12,643N^3 +$ $+ 60,797N^2 - 120,7N + 278,25$	0,97 0,9 0,91
2000	$Q_{\Pi} = -0,255 \ln \Pi + 0,68$ $Q_M = 0,02 M^2 - 0,504 M + 3,834$ $Q_N = -0,238N^2 - 7,923N + 194,79$	0,98 0,96 0,98	$Q_{\Pi} = -0,275 \ln \Pi + 0,742$ $Q_M = 0,0146 M^2 - 0,456 M + 3,98$ $Q_N = -0,809N^2 - 2,307N + 202,3$	0,98 0,9 0,92
4000	$Q_{\Pi} = -0,221 \ln \Pi + 0,59$ $Q_M = 0,018 M^2 - 0,443 M + 3,357$ $Q_N = -0,037N^2 - 9,262N + 176,69$	0,98 0,97 0,98	$Q_{\Pi} = -0,235 \ln \Pi + 0,645$ $Q_M = 0,009 M^2 - 0,368 M + 3,513$ $Q_N = -0,405N^2 - 7,156N + 199,51$	0,97 0,93 0,95

1	2	3	4	5
8000	$Q_{\Pi} = -0,228 \ln \Pi + 0,586$ $Q_M = 0,022 M^2 - 0,462 M + 3,115$ $Q_N = -0,228 N^2 - 5,63 N + 150,17$	0,94 0,93 0,99	$Q_{\Pi} = -0,243 \ln \Pi + 0,65$ $Q_M = -0,002 M^5 + 0,056 M^4 - 0,610 M^3 +$ $+ 2,974 M^2 - 6,453 M + 7,272$ $Q_N = 0,014 N^6 - 0,525 N^5 + 7,585 N^4 -$ $- 52,834 N^3 + 177,22 N^2 - 247,67 N +$ $+ 254,08$	0,95 0,96 0,9

На рисунке 4.2 представлены графики регрессионных моделей изменения ОШХ оборудования по массе на средних частотах в системе 3D.

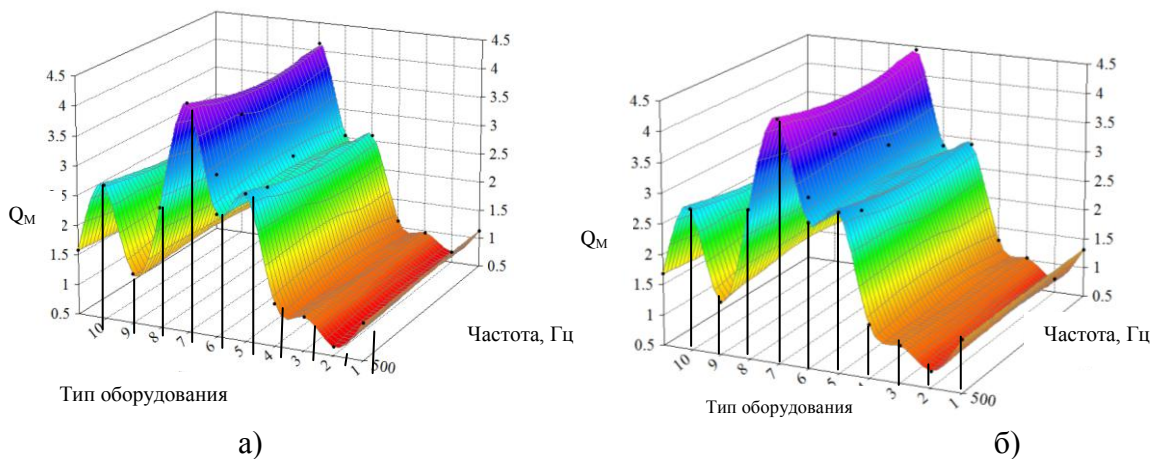


Рисунок 4.2 - Зависимости ОШХ по массе от типа оборудования на средних частотах: а – без продукта; б – с продуктом

1 - МОК-150; 2 – МОК-250; 3 – МОК-350; 4 – МОЛ-100; 5 – МРО-350; 6 – МРО 50-200; 7 – CL 30а; 8 – Гамма-5А; 9 – МП-1000; 10- МПР-350; 11 – МРО 400-1000

Среди исследуемого оборудования наихудшие ОШХ относятся к овощерезательным машинам: CL 30А, МРО-350, МРО 50-200, Гамма-5А, протирачно-резательной машине МПР-350 и очистительному оборудованию МОЛ-100 и МОК-150. Этот вывод относится к работе оборудования как на холостом ходу, так и при работе с продуктом для средних частот [55-61].

В качестве примера на рисунке 4.3 представлены модели ОШХ оборудования по мощности электродвигателя для высоких частот.

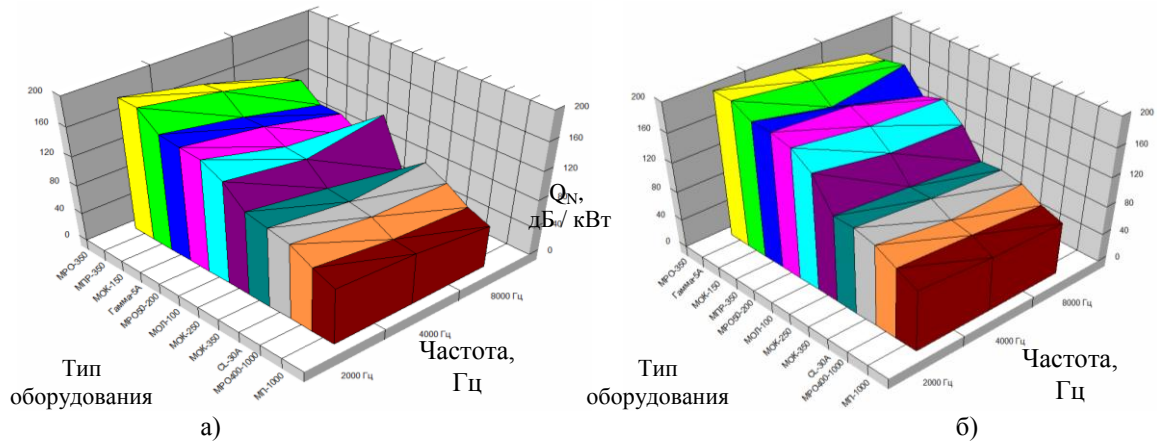


Рисунок 4.3 - Зависимости ОШХ по мощности двигателя от типа оборудования для высоких частот
а – без продукта; б – с продуктом

Анализ базы данных по ОШХ технологического оборудования и построение их моделей в октавных полосах частот и характеристике А свидетельствуют о том, что приведенный в таблице 4.2 вид регрессионных уравнений может использоваться для всех частот, включая характеристику А, с высокой теснотой статистической связи (R^2 не менее 0,9). Тогда регрессионные уравнения можно обобщить и представить ОШХ в виде (4.1-4.3) для работы машин без продукта и с продуктом.

$$Q_{\Pi} = v_{\Pi} - p \ln \Pi \quad (4.1)$$

$$Q_M = v_M - mM + m_2M^2 - m_3M^3 + m_4M^4 - m_5M^5 \quad (4.2)$$

$$Q_N = v_N - nN - n_2N^2 - n_3N^3 + n_4N^4 - n_5N^5 \quad (4.3)$$

Коэффициенты регрессии и свободные члены уравнений сведены в таблицы 4.3 и 4.4.

С помощью уравнений (4.1-4.3) и таблиц 4.1, 4.3 и 4.4 рассчитываются ОШХ и ШХ оборудования при работе его без продукта и с продуктом на основе заданных или подсчитанных основных параметров Π , M , N еще на стадии разработки технического задания при проектировании очистительного и измельчительного технологического оборудования пищевых производств.

Таблица 4.3 - Коэффициенты регрессии уравнений для работы машин без продукта

Октавные полосы частот, Гц, А	Q _П			Q _М							Q _Н			
	В _П	Р	R ²	В _М	m	m ₂	m ₃	m ₄	m ₅	R ²	В _Н	n	n ₂	R ²
63	0,69	0,27	0,96	5,66	2,56	0,62	0,08	0,003	-	0,96	147,6	1,71	0,67	0,95
125	0,8	0,31	0,99	8,38	5,8	2,15	0,38	0,032	0,001	0,99	193,8	5,28	0,38	0,96
250	0,8	0,31	0,97	4,81	0,75	0,036	-	-	-	0,96	220,3	12,11	0,05	0,98
500	0,8	0,3	0,96	4,51	0,61	0,025	-	-	-	0,94	226,2	10,42	0,2	0,98
1000	0,77	0,3	0,98	4,3	0,61	0,026	-	-	-	0,98	202,0	7,25	0,26	0,94
2000	0,68	0,26	0,98	3,83	0,5	0,02	-	-	-	0,96	194,8	7,92	0,24	0,98
4000	0,59	0,22	0,98	3,36	0,44	0,018	-	-	-	0,97	176,7	9,26	0,04	0,98
8000	0,59	0,23	0,94	3,51	0,37	0,009	-	-	-	0,93	150,2	5,63	0,23	0,99
А	1,26	0,52	0,96	4,64	0,64	0,027	0,94	-	-	0,94	224,8	8,91	0,29	0,97

Таблица 4.4 - Коэффициенты регрессии уравнений для работы машин с продуктом

Октав- ные полосы частот, Гц, А	Q _П					Q _М					Q _Н						
	В _П	Р	R ²	В _М	m	m ₂	m ₃	m ₄	m ₅	R ²	В _Н	n	n ₂	n ₃	n ₄	n ₅	R ²
63	0,78	0,3	0,91	4,52	1,32	0,26	0,025	0,001	-	0,91	201,9	660,6	401,5	113,8	16,3	1,41	0,94
125	0,86	0,33	0,94	8,34	6,59	2,8	0,55	0,048	0,002	0,93	92,66	127,1	47,49	7,86	0,63	0,019	0,9
250	0,91	0,35	0,97	4,63	0,68	0,03	-	-	-	0,92	219,48	1,26	1,23	-	-	-	0,92
500	0,87	0,33	0,95	4,61	0,57	0,02	-	-	-	0,94	240,1	6,9	0,61	-	-	-	0,93
1000	0,84	0,32	0,97	4,52	0,57	0,02	-	-	-	0,9	278,3	120,7	60,8	12,64	1,11	0,035	0,91
2000	0,74	0,28	0,98	3,98	0,46	0,015	-	-	-	0,9	202,3	2,31	0,81	-	-	-	0,92
4000	0,65	0,24	0,97	3,51	0,37	0,01	-	-	-	0,93	199,5	7,16	0,41	-	-	-	0,95
8000	0,65	0,24	0,95	7,27	6,45	2,97	0,61	0,06	0,002	0,96	254,1	247,7	177,2	52,83	7,59	0,53	0,91
А	1,38	0,58	0,95	4,77	0,59	0,021	-	-	-	0,92	243,3	4,75	0,81	-	-	-	0,92

Среди исследуемого оборудования худшие ОШХ относятся к овощерезательным машинам СЛ-30А, МРО 50-200, МРО-350 и картофелечистке МОК-150, ее модификации МОЛ-100. Достаточно высокие ОШХ приходятся и на овощерезательно-протирающую 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.

4.2 Многофакторные модели относительных шумовых характеристик оборудования предприятий питания

В качестве основных факторов, влияющих на ШХ машин очистительного и измельчительного оборудования предприятий питания, приняты: относительная мощность электродвигателя Q_N ($\frac{\text{дБА}}{\text{кВт}}$); относительная масса Q_M ($\frac{\text{дБА}}{\text{кг}}$) и относительная производительность Q_{II} ($\frac{\text{дБА}}{\text{кг/час}}$). Пределы варьирования факторов выбраны, исходя из проведенного предварительного анализа.

В качестве искомой функции (у) принят скорректированный уровень звуковой мощности L_{pa} (дБА) [152-154].

Уровни независимых факторов при работе машин на холостом ходу и под нагрузкой приведены в таблицах 4.5 и 4.6.

Таблица 4.5 - Уровни независимых факторов

Наименование	$X_1, \frac{\text{дБА}}{\text{кг/час}}$	$X_2, \frac{\text{дБА}}{\text{кВт}}$	$X_3, \frac{\text{дБА}}{\text{кг}}$
Верхний уровень	0,83	0,21	4,4
Нижний уровень	0,09	0,07	0,87
Основной уровень	0,46	0,14	2,64
Интервал варьирования	0,37	0,07	1,77
Обозначение	Q_{II}	Q_N	Q_M

Кодированные значения факторов приведены ниже.

$$X_1 = \frac{Q_{II} - 0,46}{0,37}; X_2 = \frac{Q_N - 0,14}{0,07}; X_3 = \frac{Q_M - 2,64}{1,77} \quad (4.4)$$

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

После проверки значимости коэффициентов регрессии и адекватности, получили многофакторную модель в кодированных значениях

$$Y_{(xx)} = 71.25 - 2.5x_1 - 3x_2 + 2.75x_2x_3 \quad (4.5)$$

С учетом этого анализа уравнение (4.5) в натуральных единицах имеет вид:

$$L_{pa} = 67,87 - 6,75Q_{II} - 42,8Q_N + 60,8 Q_NQ_m \quad (4.6)$$

Анализ полученной модели позволяет сделать ряд выводов. На величину скорректированного уровня звуковой мощности наибольшее влияние оказывает относительная мощность электродвигателя, в равной степени оказывают влияние факторы относительной производительности и совместное влияние двух факторов мощности и массы машины [50,62,64].

Таблица 4.6 - Уровни независимых факторов

Наименование	$\frac{\text{дБА}}{X_1, \text{ кг/час}}$	$\frac{\text{дБА}}{X_2, \text{ кВт}}$	$\frac{\text{дБА}}{X_3, \text{ кг}}$
Верхний уровень	0,86	0,24	4,57
Нижний уровень	0,09	0,07	0,87
Основной уровень	0,48	0,16	2,72
Интервал варьирования	0,39	0,09	1,85
Обозначение	Q_{II}	Q_N	Q_M

Кодированные значения факторов приведены ниже.

$$X_1 = \frac{Q_{II} - 0,48}{0,39}; \quad X_2 = \frac{Q_N - 0,16}{0,09}; \quad X_3 = \frac{Q_m - 2,72}{1,85} \quad (4.7)$$

Уравнение в кодированных значениях для работы оборудования с продуктом:

$$Y_{(px)} = 79.58 - 2.58 X_1 + 3.68 X_3 + 2.67 X_1 X_2 - 2.67 X_1 X_3 \quad (4.8)$$

В натуральных единицах:

$$L_{pa} = 72,54 - 6,6Q_{II} + 1,98Q_m + 201,28Q_{II}Q_N - 9,8 Q_{II}Q_m \quad (4.9)$$

Анализ полученной многофакторной модели позволяет сделать следующие выводы. Существенным фактором, влияющими на скорректированный уровень звуковой мощности является относительная масса машины. Парное взаимодействие факторов влияют в меньшей степени [65,67].

На основании проведенных исследований можно прийти к следующим заключениям.

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

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

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

Многофакторные модели ОШХ дают возможность оценить влияние основных параметров оборудования на его ШХ [72,80].

4.3. Учет коэффициента потерь колебательной энергии в расчетах виброакустических характеристик оборудования пищевых производств

В расчетах ВАХ машин с использованием динамико-акустического метода значительное влияние на точность расчетов оказывает коэффициент потерь колебательной энергии [49].

Динамическая модель оборудования пищевых производств представляется в виде одно или двухмассовых линейных систем, связанных упругими элементами. На первую массу воздействует периодическая возмущающая сила, изменяющаяся по гармоническому закону. В качестве последнего упругого элемента принимается пищевой продукт. Жесткость продукта, по нашим исследованиям, приближается к удельному сопротивлению перемещения рабочего органа в продукте. Диссипативные свойства системы учитываются коэффициентом потерь.

Акустическая модель машины представляется монопольным источником излучения. Синтез динамической и акустической моделей позволяет получить уравнения для расчета уровня звуковой мощности излучения в октавных полосах частот и скорректированного уровня по А для внутренних источников шума и корпуса машины, а также машины в целом.

Коэффициент потерь в работах по виброакустике теоретически определяется как отношение амплитуды виброскорости на выходе V_2 системы к виброскорости на ее входе V_1 .

Расчеты показывают, что теоретическая величина коэффициента потерь вносит большие отклонения расчетного уровня звуковой мощности от экспериментальных значений. Погрешность в определении ВАХ может достигать более 20%, что приводит к потере практической значимости расчета.

Для определения действительного коэффициента потерь были проведены на стенде экспериментальные исследования картофелечисток 1 – МОК-150 и 2 – МОК-350. Вибродатчики ДН-3 устанавливались на электродвигателе (3) и корпусе (4) картофелечисток. Стенд представлен на рисунке 4.4.



Рисунок 4.4 – Стенд для измерения вибрационных характеристик картофелечисток

Измерялись виброскорости колебаний в горизонтальной плоскости одновременно двумя приборами 5 – ВШВ-М2. Картофелечистки работали без нагрузки. Один измерял виброскорость электродвигателя V_1 (вход в механическую систему), другой – виброскорость корпуса машины V_2 (выход).

Результаты измерений виброскоростей V_1 и V_2 , а также графики аппроксимирующих функций в октавных полосах частот от 1 до 8000 Гц представлены на рисунках 4.5 и 4.6.

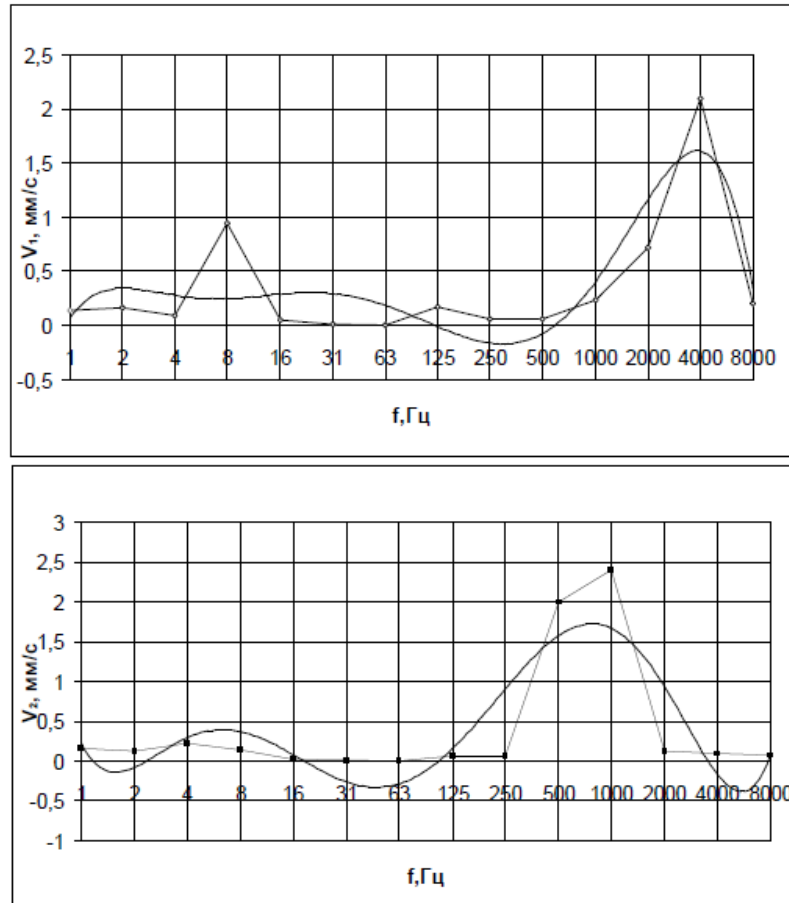


Рисунок 4.5 – Графики изменения виброскоростей картофелечистки МОК-150

Анализ графиков 4.6 и 4.7 показывает, что на низких частотах ВХ для обеих машин близки. Равенство или близость величин виброскоростей электродвигателей и корпусов машин на этих частотах свидетельствует о практически полном демпфировании возмущающей силы несущими конструкциями машин, а коэффициент потерь близок к 1, если машины работают без нагрузки. Электродвигатель машины МОК-150 с частотой вращения 950 об/мин (15,8Гц) имеет две резонансных частоты на 8 и 4000Гц, электродвигатель машины МОК-350 с частотой вращения 1410 об/мин (23,5Гц) имеет резонансные частоты на 1, 1000 и 4000Гц.

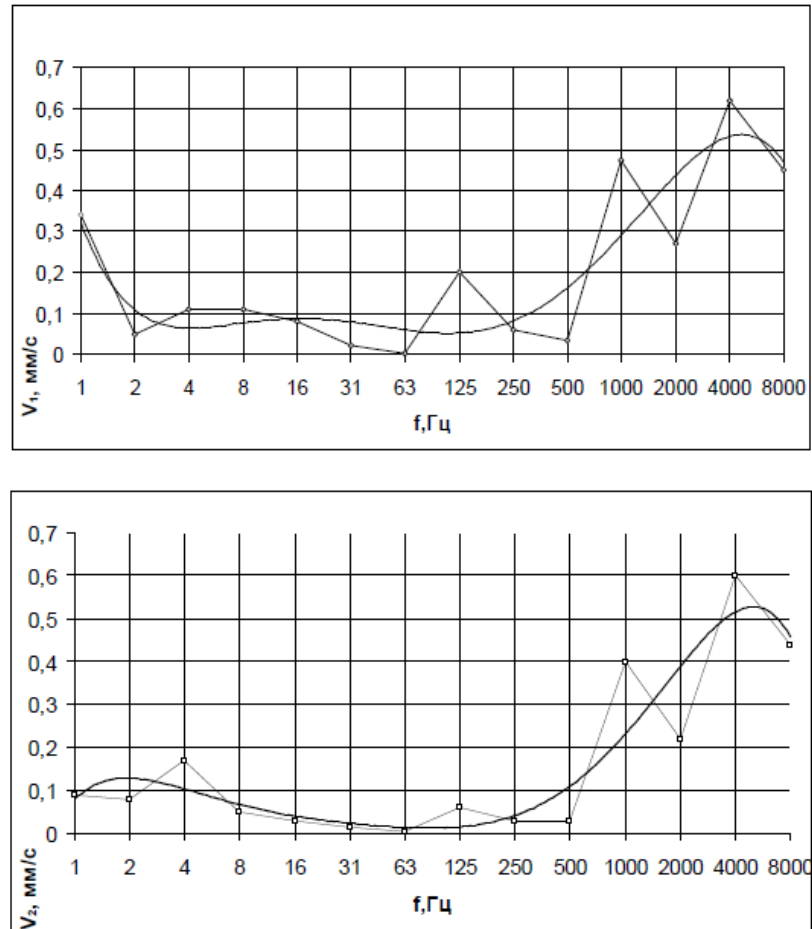


Рисунок 4.6 - Графики изменения виброскоростей картофелечистки МОК-350

Резонансные частоты электродвигателей в области низких частот достаточно хорошо демпфируются несущими конструкциями, о чем свидетельствуют графики изменения виброскоростей корпусов машин V_2 . Однако на средних и высоких частотах влияние резонансных частот, создаваемых электродвигателями остается достаточно значимыми. У машины МОК-150 эти резонансные частоты электродвигателя на корпусе машины сдвигаются в область средних частот. В машине МОК-350 высокие частоты практически не демпфируются.

На рисунках 4.5 и 4.6 приведена графическая интерпретация аппроксимирующих функций изменения виброскоростей V_1 и V_2 , представленных полиномами шестой степени.

Машина МОК-150:

$$V_1 = -5 \cdot 10^{-9} \cdot f^6 + 0,0037f^5 - 0,0575f^4 + 0,4269f^3 - 1,6032f^2 + 2,8507f - 1,5589; R^2 = 0,69 \quad (4.10)$$

$$V_2 = 0,0002f^6 - 0,0083f^5 + 0,1353f^4 - 1,0458f^3 + 3,9238f^2 - 6,5456f + 3,76; R^2 = 0,69 \quad (4.11)$$

Машина МОК-350:

$$V_1 = 10^{-6} \cdot f^6 - 0,0002f^5 + 0,0045f^4 - 0,0541f^3 + 0,3121f^2 - 0,8349f + 0,8955; R^2 = 0,761 \quad (4.12)$$

$$V_2 = -10^{-5} \cdot f^6 + 0,0004f^5 - 0,0066f^4 + 0,0536f^3 - 0,2286f^2 + 0,4483f - 0,1894; R^2 = 0,83 \quad (4.13)$$

где f – среднегеометрическое значение октавной частоты в Гц;

R^2 – коэффициент множественной корреляции.

Полученные статистические зависимости обладают достаточной теснотой связи для использования в инженерных расчетах.

Анализируя графики изменения ВАХ картофелечисток, обращает на себя то обстоятельство, что они имеют две зоны: одна – относительной стабильности на низких частотах и вторая – волнообразного изменения на средних и высоких частотах. В связи с этим целесообразно интерпретировать эти зоны отдельными аппроксимирующими функциями (4.14-4.21).

Для машины МОК-150

на низких частотах

$$V_1 = 0,0004f^6 - 0,0149f^5 + 0,2083f^4 - 1,4251f^3 + 4,8583f^2 - 7,4452f + 3,9836; R^2 = 0,45 \quad (4.14)$$

$$V_2 = 0,0001f^6 - 0,0034f^5 + 0,0438f^4 - 0,2719f^3 + 0,8277f^2 - 1,1313f + 0,6224; R^2 = 0,81 \quad (4.15)$$

на средних и высоких частотах

$$V_1 = -0,1975f^4 + 2,07f^3 - 7,3225f^2 + 10,61f - 5,1; R^2 = 0,99 \quad (4.16)$$

$$V_2 = -0,2979f^4 + 3,7975f^3 - 16,675f^2 + 28,303f - 13,13; R^2 = 0,99 \quad (4.17)$$

Для машины МОК-350

на низких частотах

$$V_1 = 0,0002f^6 - 0,0071f^5 + 0,0973f^4 - 0,6616f^3 + 2,3071f^2 - 3,8479f + 2,4543; R^2 = 0,88 \quad (4.18)$$

$$V_2 = 0,0001f^6 - 0,0034f^5 + 0,0438f^4 - 0,2719f^3 + 0,8277f^2 - 1,1313f + 0,6224; R^2 = 0,81 \quad (4.19)$$

на средних и высоких частотах

$$V_1 = -0,0947f^4 + 1,1463f^3 - 4,8333f^2 + 8,3357f - 4,52; R^2 = 0,99 \quad (4.20)$$

$$V_2 = -0,0922f^4 + 1,107f^3 - 4,6138f^2 + 7,847f - 4,22; R^2 = 0,99 \quad (4.21)$$

В результате увеличилась теснота связи между исследуемыми параметрами и повысилась точность расчета ВХ.

Действительный коэффициент потерь K_d колебательной энергии картофелечисток определяется по результатам экспериментальных исследований

V_1 и V_2 . Оказалось, что его величина может быть не только меньше 1, но на ряде частот и более 1. Это свидетельствует о том, что исследуемая механическая система не только может демпфировать колебания, но и возбуждать их. Изменение величины K_d в октавных полосах частот для картофелечисток представлено на рисунках 4.7 и 4.8 вместе с аппроксимацией. Уравнения аппроксимации 4.22 и 4.23 приведены ниже.

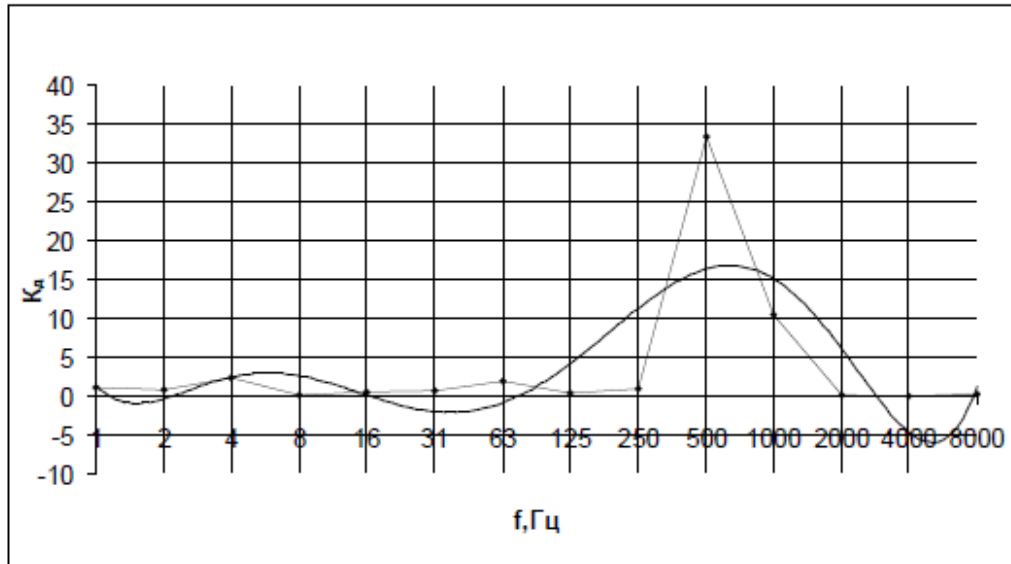


Рисунок 4.7 – График изменения действительного коэффициента потерь в октавных полосах частот машины МОК-150

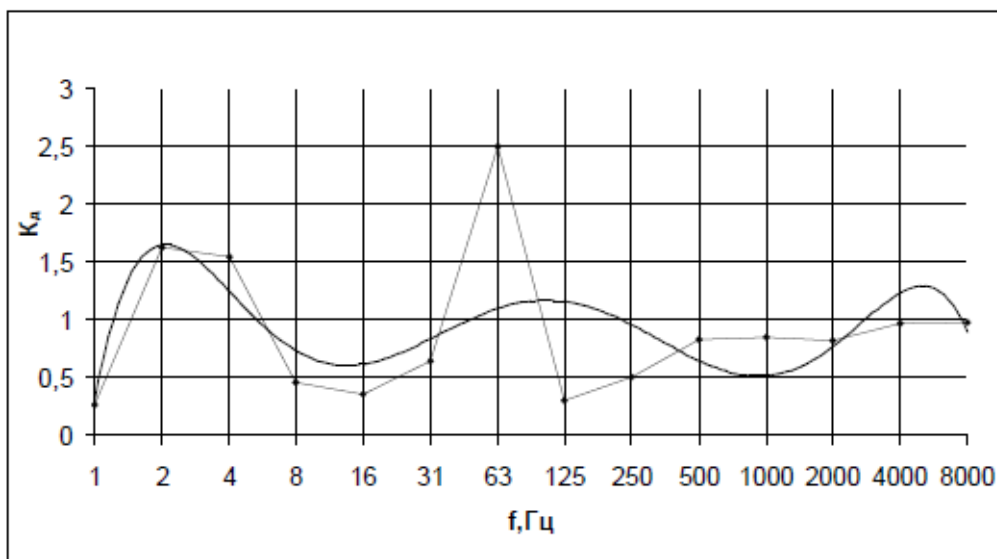


Рисунок 4.8 – График изменения действительного коэффициента потерь в октавных полосах частот машины МОК-350

$$K_{\delta} = 0,0017f^6 - 0,0729f^5 + 1,1567f^4 - 8,6516f^3 + 31,349f^2 - 50,504f + 28,223; R^2 = 0,5 \quad (4.22)$$

$$K_{\delta} = -0,0002f^6 + 0,0075f^5 - 0,1357f^4 + 1,1959f^3 - 5,285f^2 + 10,652f - 6,1456; R^2 = 0,32 \quad (4.23)$$

Для машины МОК-150 на низких частотах 4, 63 Гц и на средних частотах 500 и 1000 Гц действительный коэффициент потерь составляет соответственно 2; 2,3; 33,3 и 10,4. Величина K_{δ} для машины МОК-350 превышает единицу на низких частотах 2,4 и 63 Гц и составляет, соответственно 1,06; 1,7 и 2,5.

Полученные результаты означают, что указанные частоты носят резонансный характер и целесообразно применить в конструкции машин демпфирующие устройства. Особенно это касается машины МОК-150 на средних частотах. Конструкция машины МОК-350 оказалась более виброустойчивой, чем машины МОК-150.

Идентификация источников высокого уровня вибрации машин МОК-150 и МОК-350 указывают, что она возникает на низких частотах от неуравновешенности рабочего органа – конического абразивного диска, на средних частотах (МОК-350) – от подшипникового узла.

4.4. Расчет оценки качества пищевого оборудования по его шумовым характеристикам

Для определения технического уровня и качества очистительного и измельчительного оборудования по его шумовым характеристикам был проведен

предварительный анализ. Выбрано 16 моделей оборудования различной производительности и назначения, по которым имелась информация о его ШХ для проведения анализа.

Оценка технического уровня проводилась в соответствии с технической документацией на оборудовании и по методике, описанной в литературе [137,2,121], путем определения удельных показателей качества оборудования относительно главного параметра. Технические данные исследуемого оборудования приведены в таблице 4.7.

Таблица 4.7 - Технические данные исследуемого технологического оборудования

Наименование машины	Производительность Q, кг/ч	Мощность электродвигателя N, Вт	Масса машины m, кг	Корректированный уровень звуковой мощности, дБА	
				х.х	р.х
Консар МЕМ-12 Е	100	350	11	79,7	74,1
МИМ-250	250	1100	56	84	84
МИМ-300	300	1900	55	87	87
МИМ-500	500	2200	140	81	84
МОК-250	250	550	99	72	78
МОК-350	350	550	70	73	81
МОК-150	150	370	55	67	79
МОЛ-100	100	370	55	64	78
МРО 50-200	200	400	27	70	77
МРО-350	350	370	27	79	83
Гамма-5А	400	370	30	74	89
RobotCoupe CL-30А	80	500	15	66	68,6
МПР-350М	350	370	27	76	88
МП-800	800	1100	85	74	74
МП-1000	1000	750	50	71	77
МРО 400-1000	1000	750	50	76	82

Результаты расчета единичных относительных показателей массы, производительности и мощности исследуемого технологического оборудования приведены в таблице 4.8.

Таблица 4.8 - Единичные относительные показатели исследуемого технологического оборудования

Наименование машины	Q _y [кг/ч / дБА]		N _y , [дБА/ Вт]		M _y , [дБА /кг]	
	х.х.	р.х.	х.х.	р.х.	х.х.	р.х.
Консар МЕМ-12 Е	0,80	0,74	0,23	0,21	7,25	6,74
МИМ-250	0,34	0,34	0,08	0,08	1,50	1,50
МИМ-300	0,29	0,29	0,05	0,05	1,58	1,58
МИМ-500	0,16	0,17	0,04	0,04	0,58	0,60
МОК-250	0,29	0,31	0,13	0,14	0,73	0,79
МОК-350	0,21	0,23	0,13	0,15	1,04	1,16
МОК-150	0,45	0,53	0,18	0,21	1,22	1,44
МОЛ-100	0,64	0,78	0,17	0,21	1,16	1,42
МРО 50-200	0,35	0,39	0,18	0,19	2,59	2,85
МРО-350	0,23	0,24	0,21	0,22	2,93	3,07
Гамма-5А	0,19	0,22	0,20	0,24	2,47	2,97
RobotCoupe CL-30А	0,83	0,86	0,13	0,14	4,40	4,57
МПП-350М	0,22	0,25	0,21	0,24	2,81	3,26
МП-800	0,09	0,09	0,07	0,07	0,87	0,87
МП-1000	0,07	0,08	0,09	0,10	1,42	1,54
МРО 400-1000	0,08	0,08	0,10	0,11	1,52	1,64

Одним из этапов исследования технического уровня и качества является выбор базового образца и сопоставление показателей качества оцениваемого образца с его показателями. Из выбранного ряда оборудования предприятий питания наиболее конкурентоспособной машиной для предприятий питания по приведенным данным является протирочная машина МП-1000. В связи с этим данная машина была принята в качестве базового образца. Базовому образцу присвоен коэффициент 1. Результаты расчета обобщенных показателей качества машин по ШХ приведены в таблице 4.9.

Таблица 4.9 - Обобщенные показатели качества исследуемого оборудования по ШХ на холостом ходу и в рабочем режиме

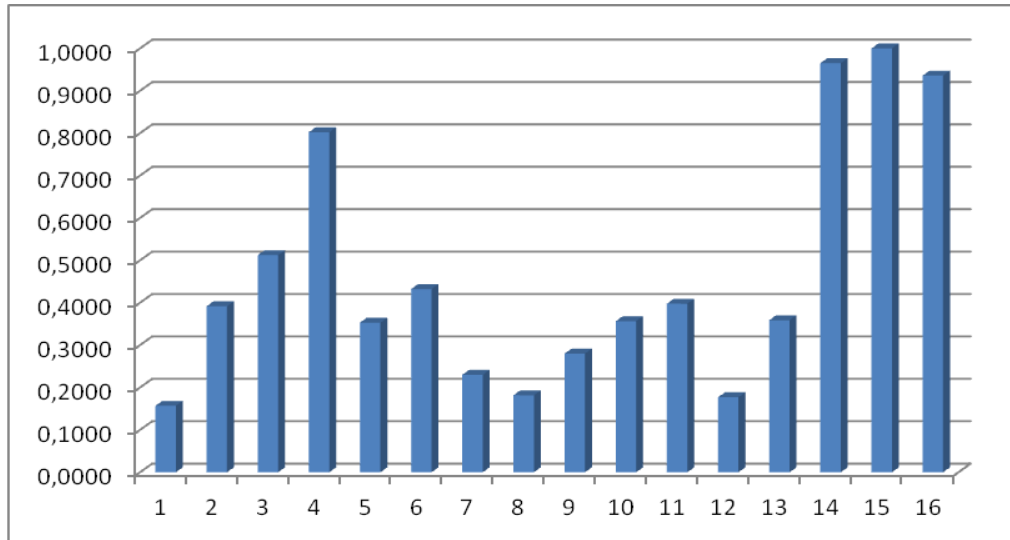
Наименование машины	Ко		Оц	
	х.х.	р.х.	х.х.	р.х.
Консар МЕМ-12 Е	0,512	1,019	0,1936	0,2258
МИМ-250	0,205	0,338	0,6283	0,6814
МИМ-300	0,157	0,276	0,7688	0,8338
МИМ-500	0,100	0,157	1,4037	1,4679
МОК-250	0,227	0,327	0,7034	0,7042
МОК-350	0,186	0,340	0,6915	0,6758
МОК-150	0,349	0,545	0,4593	0,4224
МОЛ-100	0,442	0,616	0,4200	0,3737
МРО 50-200	0,287	0,596	0,3917	0,3862
МРО-350	0,225	0,547	0,4075	0,4207
Гамма-5А	0,202	0,541	0,4711	0,4248
RobotCoupe CL-30А	0,454	0,813	0,2711	0,2828
МПР-350М	0,224	0,580	0,4236	0,3968
МП-800	0,083	0,176	1,2078	1,3098
МП-1000	0,080	0,230	1,0000	1,0000
МРО 400-1000	0,086	0,245	0,9342	0,9390

Соответственно, если величина обобщенного показателя больше 1, можно утверждать, что ее технический уровень выше, чем у принятой за базу машины.

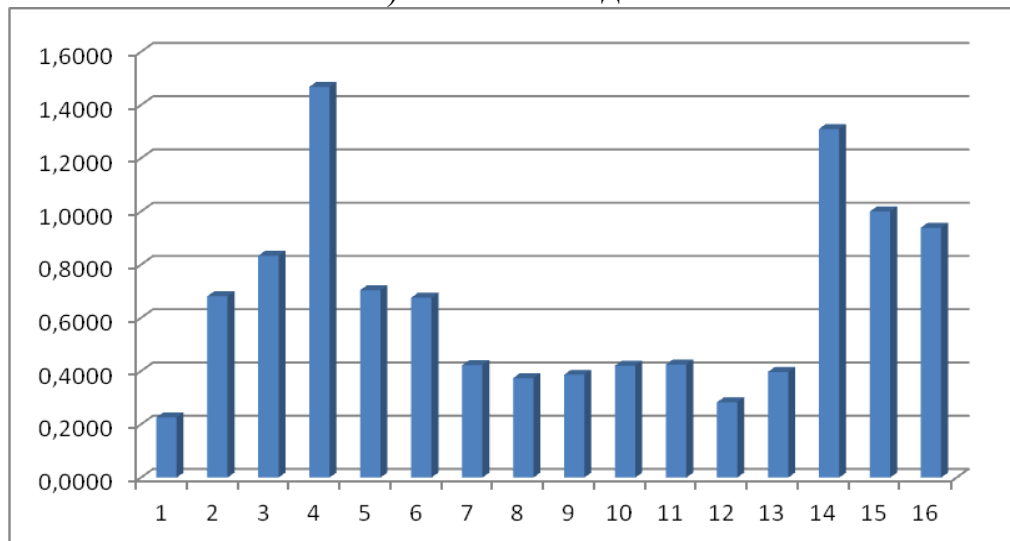
Анализ результатов таблицы 4.9 показал, что комплексные показатели качества для исследуемой выборки машин довольно существенно отличаются от обобщенного показателя за исключением, как и полагается, базового образца.

Среди исследуемого оборудования в условиях эксплуатации наилучшими показателями качества по ШХ при работе без нагрузки обладают машины МП-800 и МРО 400-1000 (не превышают уровня базового образца), под нагрузкой превышают уровень базового образца машины МП-800 и МИМ-500 [115,77].

Графическая интерпретация обобщенных показателей качества оборудования по ШХ при работе без продукта и с продуктом представлены на рисунке 4.8 в виде гистограмм.



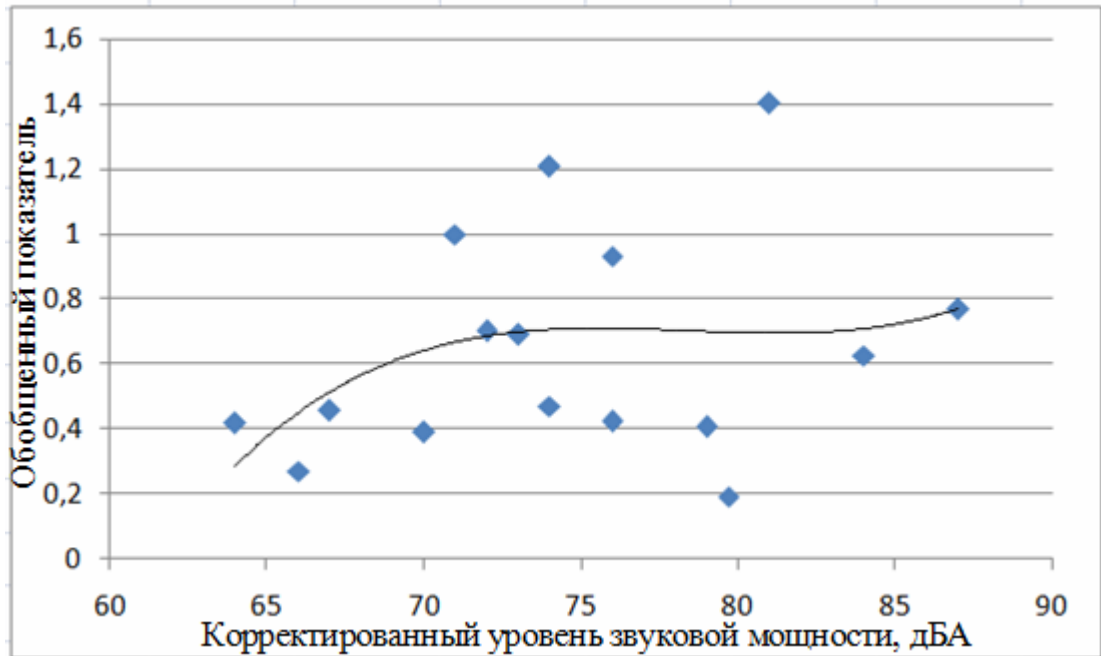
а) холостой ход



б) с продуктом

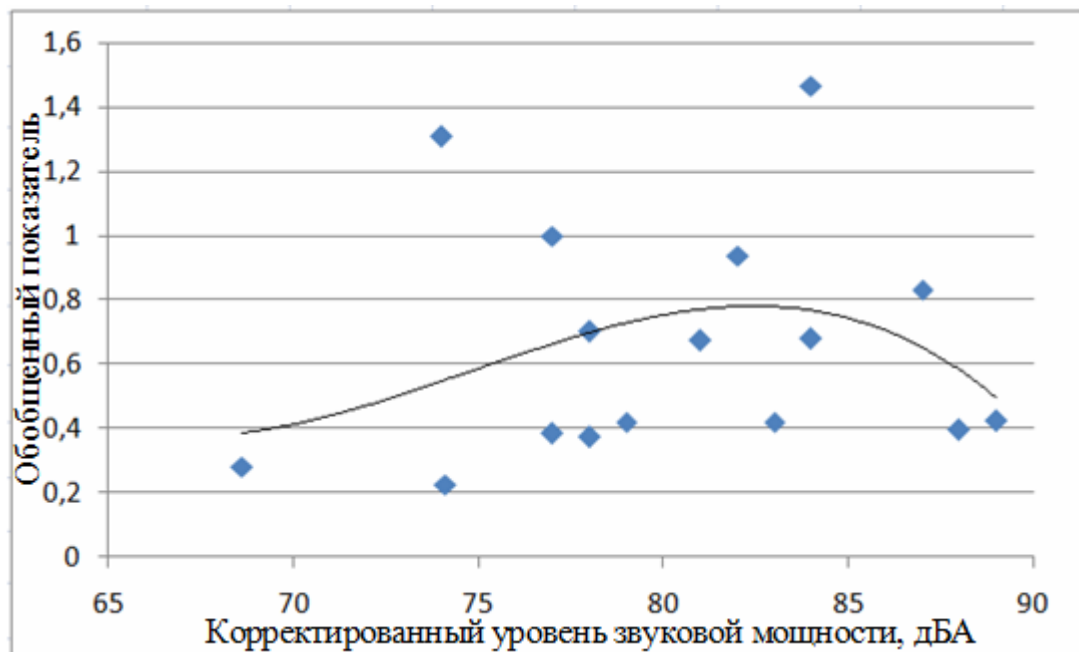
Рисунок 4.8 - Гистограмма обобщенного показателя качества
 1 - Консар МЕМ-12 Е; 2 - МИМ-250; 3 - МИМ-300; 4 - МИМ-500; 5 - МОК-250;
 6 - МОК-350; 7 - МОК-150; 8 - МОЛ-100; 9 - МРО 50-200; 10 - МРО-350;
 11 - Гамма-5А; 12 - RobotCoupe CL-30А; 13 - МПР-350М; 14 - МП-800;
 15 - МП-1000; 16 - МРО 400-1000

На основании полученных результатов был построен график зависимости влияния скорректированного уровня звуковой мощности исследуемых машин к обобщенному показателю качества (рис. 4.9).



а) холостой ход

МИМ-300; МИМ-250; МИМ-500; Консар МЕМ-12 Е; МРО-350; МПР-350М; МРО 400-1000; МП-800; Гамма-5А; МОК-350; МОК-250; МП-1000; МРО 50-200; МОК-150; RobotCoupe CL-30А; МОЛ-100



б) с продуктом

Гамма-5А; МПР-350М; МИМ-300; МИМ-250; МИМ-500; МРО-350; МРО 400-1000; МОК-350; МОК-150; МОК-250; МОЛ-100; МП-1000; МРО 50-200; Консар МЕМ-12 Е; МП-800; RobotCoupe CL-30А

Рисунок 4.9 - График зависимости влияния скорректированного уровня звуковой мощности исследуемых машин к обобщенному показателю качества

Статистическая зависимость влияния скорректированного уровня звуковой мощности исследуемых машин на обобщенный показатель качества для двух режимов представлена в виде функций (4.24) и (4.25). Для сглаживания их использована функция Гаусса.

Холостой ход

$$y = 0,613 - 0,0029x + 0,113 \sin(0,433 * (x - 61,635)), R^2 = 0,986 \quad (4.24)$$

С продуктом

$$y = 3,949 + 0,00095e^{\frac{x}{11,826}} - 0,875e^{\frac{x}{49,593}}, R^2 = 0,9518 \quad (4.25)$$

Графическая интерпретация выражений (4.24) и (4.25) указывает на то, что зависимость между уровнем звуковой мощности и качеством машин носит довольно сложный характер. Попытка описать эту закономерность более простыми функциями не увенчалась успехом. Коэффициент множественной корреляции R^2 не превышал 0,2, что свидетельствует о слабой статистической связи исследуемых объектов. Следует также отметить, что R^2 при работе машин без нагрузки выше, чем с нагрузкой. Полагаем, что это связано с влиянием на ШХ машины процесса взаимодействия рабочего органа с продуктом. Сглаживающая функция характеризует тенденцию влияния ШХ машин на качество их конструкции.

Таким образом, была установлена приемлемая к использованию статистическая зависимость влияния ШХ машин на качество их конструкции. В расчетах предпочтение следует отдавать данным по ШХ машин при работе без нагрузки. С возрастанием уровня шума машин их качество монотонно ухудшается [74,75,82].

Выводы по разделу 4:

1. Установленные ОШХ технологического оборудования с одинаковой кинематической схемой позволяют оценить влияние основных параметров оборудования – производительности, массы и мощности электродвигателя на ШХ оборудования на всем диапазоне октавных частот и скорректированному по А уровню звуковой мощности.

2. Полученные статистические зависимости ОШХ от основных параметров оборудования позволяют определить ОШХ и ШХ оборудования на стадии его проектирования.

3. Влияние рабочих процессов на ВАХ зависит от вида технологического оборудования, спектральных характеристик источников шума, действующих нагрузок, вида обрабатываемого продукта. С увеличением нагрузки на оборудование ВАХ ухудшаются.

4. Полученные однофакторные модели позволяют идентифицировать источники шума и вибрации, определить амплитудно-частотные характеристики ВАХ, нагрузки на машину, установить наиболее нагруженные режимы работы. Многофакторные эмпирические модели, получаемые осциллографированием виброакустических и рабочих процессов в оборудовании в реальном масштабе времени, дает не только количественную оценку влияния отдельных факторов на целевую функцию, но и определяют их взаимное влияние.

5. В машинах очистки картофеля типа МОК обнаружено наличие резонансных явлений на низких октавных частотах 4 и 63Гц, связанных с неуравновешенностью рабочего органа, также у машины МОК-350 еще и с работой подшипникового узла на средних частотах.

6. Полученные эмпирические зависимости машин МОК могут использоваться для инженерного расчета ВАХ в октавных полосах частот.

7. Для повышения точности расчета ВАХ целесообразно корректировать теоретический коэффициент потерь колебательной энергии по результатам действительного коэффициента, полученного экспериментальным путем.

8. Среди исследуемого оборудования в условиях эксплуатации наилучшими показателями качества по ШХ при работе без нагрузки обладают машины МП-800 и МРО 400-1000 (не превышая уровня базового образца), под нагрузкой превышают уровень базового образца машины МП-800 и МИМ-500.

РАЗДЕЛ 5.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

На основании проведенных исследований взаимосвязи ШХ и ВАХ овощерезательной машины RobotCoupe CL-30A предложены следующие рекомендации по проектированию устройства толкателя для овощерезательных машин.

Изобретение относится к пищевой промышленности и может быть использовано для проталкивания овощей в дисковых овощерезках, для нарезки сырых и вареных овощей (картофеля, свеклы, моркови, лука, репы, брюквы, огурцов, помидоров и др.) на частички различной геометрической формы, используемых на предприятиях пищевой и перерабатывающей промышленности и ресторанного хозяйства с целью уменьшения вибрации, передаваемой на руку оператора, снижения виброакустических характеристик и нагрузки на подшипниковые опоры, увеличения надежности и долговечности работы машины.

На рисунке 5.1 показана принципиальная схема толкателя для овощерезательных машин.

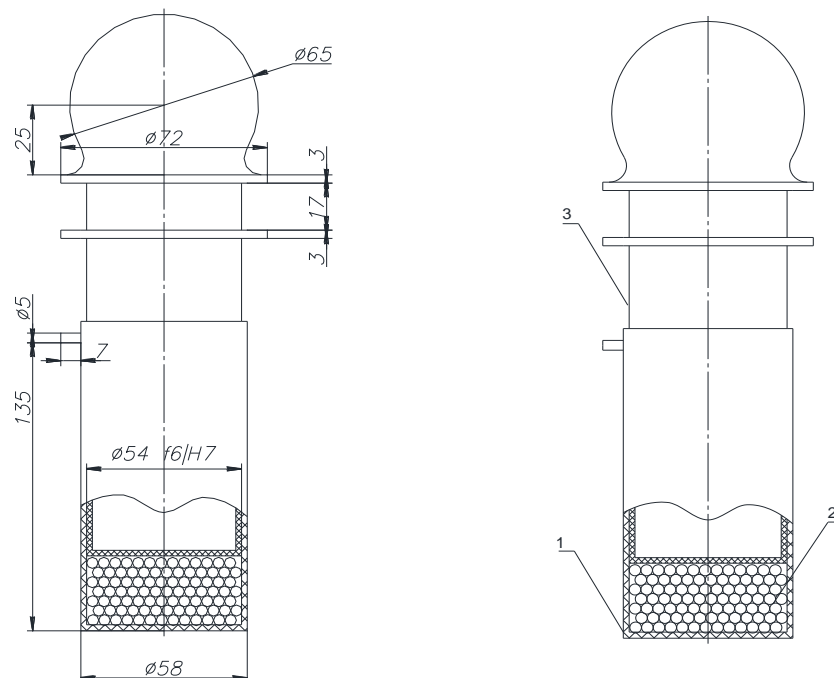


Рисунок 5.1 - Вибродемпфирующий толкатель

Вибродемпфирующий толкатель для измельчающих машин состоит из цилиндрического корпуса 1, в который с переходной посадкой входит поршень 3. Нижней частью поршень упирается в полиэтиленовые шарики 2, которые выполняют роль амортизатора. Чтобы не создавалась воздушная подушка, внизу цилиндра есть специальные отверстия. Корпус толкателя и поршень выполнены из полистирола [32,69-71].

На данное усовершенствование толкателя получен патент на полезную модель № 115864, Бюл. № 8, 25.04.2017 «Толкатель вибродемпфирующий для измельчительных машин».

Усовершенствованная конструкция машины RobotCoupe CL-30A внедрена в частной компании «Укрпрогресс» и ЖК «Журавлиный» (приложения Б и В).

Результаты исследований, представленные в диссертационной работе, используются в учебном процессе при изложении дисциплины «Компьютерные технологии в машиностроении», добавлен раздел «Методы повышения качественных характеристик проектируемого оборудования» для студентов технических специальностей. Использование в учебном процессе результатов данной диссертационной работы является целесообразным для повышения уровня подготовки студентов в направлении более углубленного овладения материала по определению качества конструкций оборудования предприятий питания по его шумовым характеристикам (приложение Г).

Для ускорения процесса проектирования новых измельчительных и очистительных машин по результатам проведенных исследований была создана программа для расчета ОШХ оборудования предприятий питания и оценки качества оборудования предприятий питания по его шумовым характеристикам. Алгоритм программы приведен на рисунке 5.2. Интерфейс программного продукта представлен в приложении Д.

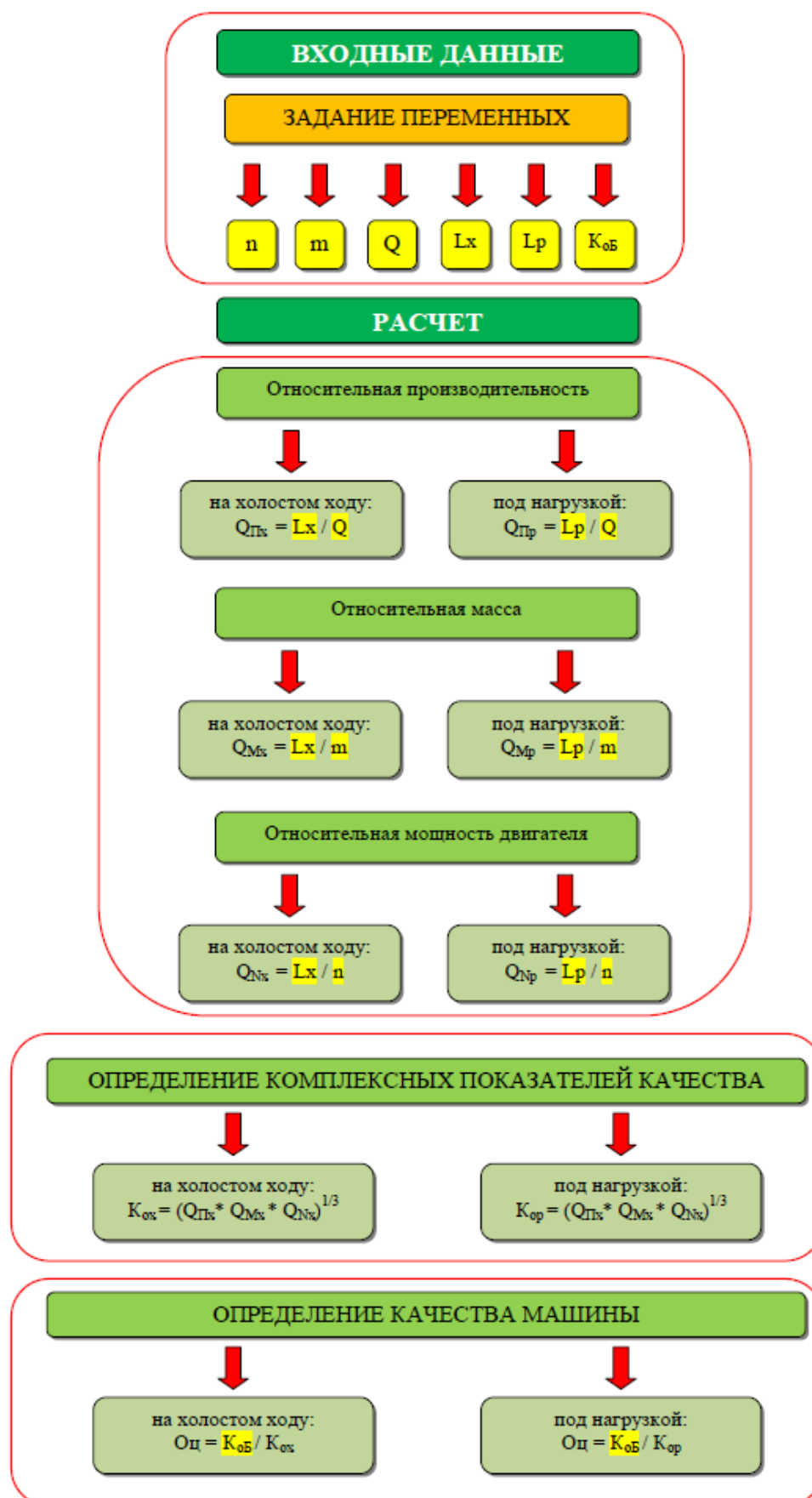


Рисунок 5.2 – Программа расчета ОШХ оборудования предприятий питания и оценки качества оборудования предприятий питания по его ШХ

Выводы по разделу 5:

1. С целью уменьшения вибрации, передаваемой на руку оператора, снижения виброакустических характеристик и нагрузки на подшипниковые опоры, увеличения надежности и долговечности работы овощерезательной машины спроектирован и запатентован вибродемпфирующий толкатель для овощерезательных машин.
2. С целью практической реализации результатов исследований разработана программа расчета ОШХ оборудования предприятий питания и оценки качества оборудования предприятий питания по его шумовым характеристикам.

ВЫВОДЫ

1. Анализ состояния ВАП в оборудовании предприятий питания, обзор существующего оборудования и обзор научно-технической информации по теме исследований подтвердили актуальность темы и позволили выявить конструктивные особенности, влияющие на его виброакустические характеристики.
2. Разработанная рабочая методика проведения экспериментальных исследований ВАХ ряда очистительного и измельчительного оборудования позволила определить ВАХ машин, сравнить с допустимыми санитарно-гигиеническими нормами и установить величину их превышения.
3. Проведенные экспериментальные исследования ШХ машин очистки корнеплодов МОК позволили установить основные источники шума, величины превышения ПДШХ по характеристике А и в октавных полосах частот и предложить для снижения ВАХ увеличить жесткость стенки камеры и виброизолировать ее от корпуса машины, также целесообразно увеличить заполнение рабочей камеры машины, а это, в свою очередь, приведет к повышению нагрузки на привод и электропотребления машины.
4. В результате исследования овощерезательной машины RobotCoupe CL-30 установлено, что на ВХ влияет, в первую очередь, усилие на толкателе и его жесткость, на ШХ – усилие на толкателе и модуль упругости продукта. Для улучшения ВХ целесообразно увеличивать усилие на толкателе и снижать его жесткость, а ШХ – снижать усилие на толкателе и работать с продуктами с меньшим модулем упругости.
5. Установлены относительные шумовые характеристики технологического оборудования, позволяющие оценить влияние основных параметров оборудования – производительности, массы и мощности электродвигателя на его ШХ (на всем диапазоне частот и характеристике А).

6. Полученные статистические зависимости ОШХ от основных параметров оборудования позволили разработать методику прогнозирования виброакустических характеристик очистительного и измельчительного оборудования предприятий питания на стадии проектирования.
7. Определены показатели качества ряда оборудования предприятий питания по его шумовым характеристикам.
8. Установлена статистическая зависимость влияния ШХ машин на качество их конструкции.
9. Разработаны технические предложения по совершенствованию конструкции устройства толкателя для овощерезательных машин. Использование данного толкателя позволит уменьшить вибрации, передаваемые на руку оператора, при проталкивании продукта в зону резания, а также снизить виброакустические характеристики и нагрузки на подшипниковые опоры, увеличить надежность и долговечность работы машины.
10. Усовершенствованная конструкция машины RobotCoupe CL-30A внедрена в частной компании «Укрпрогресс» и ЖК «Журавлиный».
11. Результаты исследований, представленные в диссертационной работе, используются в учебном процессе при изложении дисциплины «Компьютерные технологии в машиностроении», добавлен раздел «Методы повышения качественных характеристик проектируемого оборудования» для студентов технических специальностей. Использование в учебном процессе результатов данной диссертационной работы является целесообразным для повышения уровня подготовки студентов в направлении более углубленного овладения материала по определению качества конструкций оборудования предприятий питания по его шумовым характеристикам.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Адлер, О. П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / О.П.Адлер, Е.В.Маркова, Ю.В.Грановский – М.: Наука, 1976. – 276 с.
2. Азгальдов, Г.Г. Количественная оценка качества продукции – квалиметрия (некоторые актуальные проблемы) / Г.Г. Азгальдов. – М.: Знание, 1986. – 116 с.
3. Анистратенко, В.А. Виброакустические модели шумовой характеристики технологической машины / В.А. Анистратенко, И.Н. Заплетников // Изв. Вузов. Машиностроение. - 1992. - №4-6.– С.143-147.
4. Аністратенко, В.О. Розрахунок деяких передаточних функцій віброакустичних систем технологічних машин / В.О.Аністратенко, І.М.Заплетніков // Наукові праці УДУХТ. – К.: 1994. – №2. – С.25-31.
5. Артоболевский, И.И. Введение в акустическую динамику машин [Текст] / И.И.Артоболевский, Ю.И.Бобровницкий, М.Д.Генкин – М.: Наука, 1979.– 295с.
6. Артоболевский, И.И. Задачи акустической динамики машин и конструкций / Артоболевский И.И., Генкин М.Д., Сергеев В.И. // Сб.: Акустическая динамика машин и конструкций. – М.: Наука, 1973.– С.3-5.
7. А.с. 836654. МКИ ЮКП/00. Устройство для подавления шумов /В.П.Гусев, А.И.Осиновский. СССР. – Бюл. № 21.– 1981 конф. Л.21-23 мая 1990.- Л.: 1990. С.56-57.
8. А.с. 836655. МКИ ЮКП/00. Устройство для подавления шумов. /Р.С.Овсепян.(СССР). - Бюл.№ 21. – 1982.
9. Балицкий, Ф.Я. О математическом моделировании колебаний прямозубых колес в связи с задачей их акустической диагностики / Ф.Я.Балицкий, М.Д.Генкин, А.А.Кобринский, В.И.Сергеев, А.Г.Соколова // Сб.: Акустическая динамика машин и конструкций. – М.: Наука, 1973.– С.14-19.
10. Бейзельман, Р.Д. Подшипники качения / Р.Д.Бейзельман, Б.В.Цыпкин,

Л.Я.Перель. – М: Машиностроение, 1975. – 574 с.

11. Беневоленская, Н.П. Социально-гигиенические аспекты проблемы борьбы с шумом / Н.П.Беневоленская, В.А.Щербаков // Проблемы улучшения акустических характеристик машин: тез.докл. Всесоюз.совещ. АН СССР.27-29 октября 1978.-Звенигород Моск. обл.– М.:1988. С.6-11.

12. Бобровицкий, Ю.И. Распространение изгибных волн по пластине с периодической сосредоточенной нагрузкой / Ю.И.Бобровицкий, М.В.Васильев, М.Д. Генкин //Сб.тр. ин-та «Динамика и акустика машин». Ин-т машиноведения АН СССР.–М: Наука, 1971.– С.24-34.

13. Боголепов, И.И. Звукоизоляция на судах / И.И.Боголепов, Э.И. Авферинок - Л.: Судостроение,1970. – 192с.

14. Борисов, Л.П. Звукоизоляция в машиностроении/ Л.П.Борисов, Д.Р. Гужас. – М.: Машиностроение, 1990. – 254 с.

15. Борьба в шумом на предприятиях угольной промышленности / Н.И.Рассолов и др. – К.: Техника, 1983.– 80с.

16. Борьба с шумом на производстве: Справочник/ Под общ.ред. Е.Я.Юдина. – М.: Машиностроение, 1985.– 393с.

17. Бронштейн, И.Н. Справочник по математике / И.Н.Бронштейн, К.А.Самендяев – М.: Наука, 1964.– 60с.

18. Вибрации в технике: Справочник. В 6т. /Под ред. Болотина В.Б. М.:Машиностроение, 1978. – т.1. – 362с.

19. Вибрации в технике: Справочник: В 6т. /Под ред. М.Д.Генкина.-М: Машиностроение. 1981 т.5. – 496с.

20. Вибрации в технике: Справочник. В 6т. /Под ред. Ф.М.Диментберга, К.С.Колесникова. – М.: Машиностроение, 1980.– т.3.– 554с.

21. Вибрация и шум электрических машин малой мощности/ Л.К.Волков, Р.Н.Ковалев, Г.Н.Никифорова и др.– Л.: Энергия, 1979.– 196с.

22. Воскун, М.Д. Основные результаты и перспективы развития ассортимента шумозащитных материалов / М.Д.Воскун, И.И.Ефрейторова, Н.Ф.Гаффнер и др. //Тез. докл. Всесоюз научно-практ. конф.: Акустическая

экология-90, 21-23 мая 1990.– Л., 1990.– С.78-79.

23. Вышелесский, А.Н. Внимание шум / А.Н.Вышелесский, А.И. Черенков //Общественное питание. - 1974. – №4. - С.6-8.

24. Генкин, М.Д. Теоретические основы и принципы проектирования малошумных механизмов машин и их узлов // Методы вибрации машин и присоединенных конструкций. - М.: Наука, 1976. – С.3-11.

25. ГОСТ 27409-97 Шум. Нормирование шумовых характеристик стационарного оборудования. Основные положения. Введ. 21.08.99. - М.: Изд-во стандартов, 1998.

26. ГОСТ 30530-97 Методы расчета предельно допустимых шумовых характеристик стационарных машин.

27. ГОСТ 12.1.026-80 Шум. Определение шумовых характеристик источников шума в свободном звуковом поле над звукоотражающей поверхностью. Введ. с 01.07.81, М: Изд-во стандартов.

28. ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности.

29. ГОСТ 30691-2001 (ИСО 4871-96) Шум машин. Заявление и контроль значений шумовых характеристик

30. ГОСТ 27950-88. Оборудование для механической обработки продуктов питания. Общие технические требования. Введ. с. 01.01.90.М.: Изд-во стандартов,1989.

31. ГОСТ 31252-2004 (ИСО 3740:2000) Шум машин. Руководство по выбору метода определения уровней звуковой мощности

32. Гура А.В., Заплетников И.Н., Севаторова И.С., Ревякин Д.А. Толкатель вибродемпфирующий для измельчительных машин / Патент на полезную модель №115864, Украина, МПК, В26D 3/26, А23N 15/00, В02С 21/02; заявл. 08.12.2016; опубл. 25.04.2017, Бюл.№8. – 4с.: ил.

33. Дейниченко, Г.В. Обладнання підприємств харчування: Довідник. в 3-х ч. / Г.В.Дейниченко, В.О.Єфімова, Г.М. Постанов. – Харків: ДП Редакція „Мир техніки и технологии”, 2003. –Ч.2. – 380с.

34. Дідковський, В.С. Основи акустичної екології: Навч. пос. / В.С. Дідковський, В.Я. Акіменко, О.І. Запорожець - Кіровоград: ПВЦ ТОВ Імекс ЛТД, 2002. - 520с.

35. Динамика машин и управление машинами: Справочник/ Под ред. Крейнина Г.В. Машиностроение 1988.– 239 с.

36. Жидков, Ю.В. Дослідження процесу руху бульби у картоплечистках // Труды 71-ї наукової конференції молодих вчених, аспірантів і студентів "Наукові здобутки молоді - вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті", 18-19 квітня 2005р. - У 2ч.-К.: НУХТ, 2005.–Ч.2.– С.42.

37. Заплетников, И.Н. О моделировании шумовых характеристик машин/ И.Н. Заплетников // Изв.вузов. Машиностроение.-1985.-№ 3.- С.154-157.

38. Заплетников, И.Н. Снижение шума торгово-технологического оборудования / И.Н. Заплетников. – К.: Вища школа, 1990. - 150 с.

39. Заплетников, І.М. Методологічні основи моніторингу технологічного обладнання харчових виробництв / І.М. Заплетников, // Обладнання та технології харчових виробництв. – Донецьк: ДонДУЕТ, 1999. - Вип. 3. - С. 87-92.

40. Заплетников, И.Н. Моделирование виброакустических процессов технологического оборудования пищевых производств / И.Н. Заплетников. – Донецк: ДонГУЭТ, 2001. – 141с.

41. Заплетников, И.Н. Виброакустические характеристики оборудования предприятий питания и методы их улучшения: монография / И.Н. Заплетников.- Донецк: ДонГУЭТ, 2005.-265с.

42. Заплетников, И.Н. Виброакустика оборудования пищевых производств: монография / И.Н. Заплетников. – Харків: Вид-во НТМТ, 2015. – 542 с. ISBN 978-617- 578-223-1.

43. Заплетников, И.Н. Улучшение шумовых характеристик овощерезательных машин / И.Н.Заплетников, И.Н.Лебедев, М.Я.Павлов // Тем.сб. Торговля и общественное питание в новых условиях хозяйствования. – Донецк: Ин-т сов.торг., 1990.– С.131-132.

44. Заплетніков, І.М. Механіка руху бульб у машині для очищення картоплі / І.М.Заплетніков, Ю.В. Жидков // Обладнання та технології харчових виробництв: Темат.зб.наук.пр. - Донецьк: ДонДУЕТ, 2005. – Вип.12, т.1 – С.46-52

45. Заплетников, И.Н. О движении клубней картофеля в камерных картофелечистках / И.Н.Заплетников, Ю.В. Жидков // Тезисы докл. V Междунар. научно-техн.конф. "Техника и технология пищевых производств». – Минск: ИЦБГУ, 2005. – С.172-173.

46. Заплетніков, І.М. Вільне переміщення бульб картоплі у робочій камері картоплечисток / І.М.Заплетніков, Ю.В.Жидков // Обладнання та технології харчових виробництв: Темат.зб.наук.пр. – Донецьк: ДонДУЕТ, 2005.– Вип.13, т.2. – С.32-37.

47. Заплетников, И.Н. Виброакустика машин очистки корнеклубнеплодов с перфорированной стенкой рабочей камеры / И.Н.Заплетников, Ю.В.Жидков, И.С.Божок (Севаторова) // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. Володимира Даля: Наук.журнал. – Луганск: СУНУ, 2005.– Вип.11(93). – С.158-161.

48. Заплетніков, І.М. Віброакустичні характеристики машин очищення корнебульбоплодів періодичної дії і методи їх поліпшення / І.М.Заплетніков, Ю.В.Жидков, І.С.Божок (Севаторова) // Нові ресурсо- та енергозберігаючі технології харчових виробництв. Матер. Всеукр. наук.-пр. конференції. Полтава: ПУСК, 1-2 березня, 2007.

49. Заплетніков, І.М. Учет коэффициента потерь колебательной энергии в расчетах виброакустических характеристик оборудования пищевых производств / І.М.Заплетніков, Ю.В.Жидков, І.С.Севаторова // II Всероссийская научно-практ. конф. с междунар. участием «Защита населения от повышенного шумового воздействия», 17-19 марта 2009г, Санкт-Петербург. – С.290-296.

50. Заплетніков, І.М. Про вибір прогнозуючих моделей для ідентифікації віброакустичних характеристик технологічного обладнання / І.М.Заплетніков, Ю.В.Жидков, І.С.Севаторова // Обладнання та технології харчових виробництв: Темат.зб.наук. пр. – Донецьк: ДонНУЕТ, - 2009.– Вип. 20. – С.98-105.

51. Заплетніков, І.М. Исследование шумовых характеристик овощерезки Robot Coupe CL 30 A / В.А.Кириченко, И.С.Севаторова // Техника и технология пищевых производств: тез. докл. VII Междунар. науч. конф. студентов и аспирантов, 22-23 апреля 2010 г., – Могилев: УО «МГУП», 2010. - Ч.2. – С.100.

52. Заплетніков, І.М. Порівняльний аналіз шумових характеристик технологічного обладнання підприємств харчування / І.М.Заплетніков, Ю.В.Жидков, І.С.Севаторова // Обладнання та технології харчових виробництв: темат.зб.наук.пр. –Донецьк: ДонНУЕТ, 2010. – Вип. 23. – С.18-23.

53. Заплетніков, І.М. Визначення порівняльних шумових характеристик овочерізок / І.М.Заплетніков, В.О.Кіріченко, І.С. Севаторова // Наукові праці ОНАХТ. Технічні науки. – Одеса: ОНАХТ, 2010. – Вип. 37. – С. 303-307.

54. Заплетніков, І.М. Моделювання шумових характеристик овочерізок/ І.М.Заплетніков, І.С. Севаторова, В.О.Кіріченко // Обладнання та технології харчових виробництв. Темат. зб. наук. пр. – Донецьк: ДонНУЕТ, 2011. – Вип. 26. – С. 58-63.

55. Заплетніков, І.М. Дослідження відносних шумових характеристик технологічного обладнання на середніх частотах / І.М.Заплетніков, І.С. Севаторова, В.О.Кіріченко // Обладнання та технології харчових виробництв. Темат. зб. наук. пр. – Донецьк: ДонНУЕТ, 2011. Вип. 26. – С. 63-68.

56. Заплетніков, І.М. Дослідження відносних шумових характеристик технологічного обладнання на низьких частотах / І.М.Заплетніков, І.С. Севаторова, В.О.Кіріченко // Вісник ДонНУЕТ. Серія «Технічні науки». – Донецьк: ДонНУЕТ, 2011. - №1 (49). – С. 12-16.

57. Заплетніков, І.М. Дослідження відносних шумових характеристик технологічного обладнання на високих частотах / І.М.Заплетніков, І.С. Севаторова // Обладнання та технології харчових виробництв: темат. зб. наук. пр. – Донецьк: ДонНУЕТ, 2011. Вип. 27. – С. 66-71.

58. Заплетніков, І.М. Залежності шумових характеристик обладнання ресторанного господарства від його основних параметрів / І.М.Заплетніков,

І.С.Севаторова, Ю.В. Жидков // Наукові праці ОНАХТ. – Одеса: ОНАХТ, 2011. – Вип. 39. – С. 121-125.

59. Заплетніков, І.М. Дослідження відносних шумових характеристик технологічного обладнання на середніх частотах / І.М.Заплетніков, І.С.Севаторова // Науковий вісник ВНЗ Укооспілки «Полтавський ун-т економіки і торгівлі» (серія «Технічні науки»), м. Полтава, 2011. – С. 94-101.

60. Заплетніков, І.М. Дослідження відносних шумових характеристик очищувального та подрібнювального обладнання ресторанного господарства / І.М.Заплетніков, І.С.Севаторова, В.О.Кіріченко // Обладнання та технології харчових виробництв: темат. зб. наук. пр. – Донецьк: ДонНУЕТ, 2011. – Вип. 26. – С. 63-68.

61. Заплетніков, І.М. Використання відносних шумових характеристик для устаткування ресторанного господарства у високочастотному діапазоні / І.М.Заплетніков, І.С.Севаторова, Ю.В.Жидков // Тезиси докладов на международной научно-технической конференции. – Харьков, 2011. – С. 43-44.

62. Zapletnikov, I.N. Calculation of noise characteristics of technological equipment by its technical characteristics/ I.N. Zapletnikov, I.S.Sevatorova, A.A. Shubin // The 19th International congress on sound and vibration. – Vilnius: Lithuania, July 08-12, 2012. – P.2212-2220.

63. Заплетніков, І.М. Дослідження залежностей відносних шумових характеристик очищувального та подрібнювального обладнання ресторанного господарства від його технічних характеристик / І.М.Заплетніков, І.С.Севаторова // Вісник ДонНУЕТ науковий журнал. Серія Технічні науки. – Донецьк: ДонНУЕТ, 2012. – №1 (53). – С. 14-18.

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

65. Заплетников, И.Н. Моделирование относительных шумовых характеристик оборудования пищевых производств / И.Н.Заплетников,

И.С.Севаторова // Прогресивні технології і системи машинобудування. Міжнародний збірник наукових праць. – Донецьк:ДонНТУ, 2012. – Вип. 1, 2 (44). – С. 99-103.

66. Заплетніков, І.М. Дослідження залежностей відносних шумових характеристик обладнання ресторанного господарства від його технічних характеристик/ І.М.Заплетніков, І.С.Севаторова // Актуальні проблеми розвитку харчових виробництв, ресторанного та готельного господарства і торгівлі. Тези доповідей всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених і студентів, 25 квітня, 2012 року. – Харків: ХДУХТ, 2012. – Ч.2. – С. 69.

67. Zapletnikov, I.N. Cercetarea caracteristicilor relative de zgomot ale utilajelor tehnologice fata de parametrii de baza la frecvente medii/ I.N. Zapletnikov, I.S.Sevatorova // The 19h “George Baritiu” University. International conference on control, development and applied informatics in business and economics “The scale of the global crisis – quality and performance”. – Brasov, Romania, 22-23 November, 2012. – P.201-206

68. Заплетніков, І.М. Використання основних параметрів обладнання ресторанного господарства для визначення його шумових характеристик/ І.М.Заплетніков, І.С.Севаторова // Вісник ДонНУЕТ. Серія «Технічні науки». – Донецьк: ДонНУЕТ, 2013. – №1 (57).– С. 10-15.

69. Заплетніков, І.М. Вібродемпфуючий штовхач до овочерізальних машин / І.М. Заплетніков, І.С.Севаторова, Д.А. Ревякін // Нові технології і обладнання харчових виробництв: матеріали міжвуз.наук.-практ.семінару. – Полтава: ПУЕТ, 20.03.2014. – С.5-6.

70. Заплетніков, І.М. Штовхач для овочерізок / Д.А. Ревякін, І.М. Заплетніков, І.С.Севаторова // Інноваційні технології розвитку у сфері харчових виробництв, готельно-ресторанного бізнесу, економіки та підприємства: наукові пошуки молоді: зб. тез доп. Всеукр. наук.-практ. конф. молод. учених і студ. – Харків: ХДУХТ, 03.2014. – С. 342.

71. Заплетников, И.Н. Усовершенствование конструкции овощерезательных машин предприятий питания / И.Н.Заплетников, И.С.Севаторова, А.К.Пильненко,

А.В.Гордиенко, Д.А.Ревякин // Сучасне обладнання та автоматизація виноробних, м'ясних, консервних, молочних, хлібопекарних, зернопереробних, харчоконцентратних і кондитерських виробництв: зб.наук.пр. Серія «Технічні науки». – Одеса: ОНАХТ, 2014. – Вип. 45. – Том 3. – С. 22-25

72. Заплетников, И.Н. Трансформация виброакустических характеристик оборудования предприятий питания / И.Н.Заплетников, И.С. Севаторова // Повышение эффективности процессов и аппаратов в химической и смежных отраслях промышленности. Сб.науч. тр. Международной научно-технической конференции. - М.: ФГБОУ ВО МГУДТ, 2016. – Т.2 – С. 337-341.

73. Заплетников, И.Н. Мониторинг шумовых характеристик овощерезок / И.Н.Заплетников, В.А.Кириченко, И.С. Севаторова //Явления переноса в процессах и аппаратах химически и пищевых производств. Матер. II Междунар. науч.-практ. конф. – Воронеж: ВГУИТ, 2016. – С. 539-543.

74. Заплетников, И.Н. Квалиметрическая оценка шумовых характеристик оборудования пищевых производств / И.Н.Заплетников, И.С.Севаторова // Машиностроение и техносфера XXI века. Сб. тр. XXIII международной научно-технической конференции в г.Севастополе. – Донецк: МСМ, 2016. – Т.1. – С. 132-135.

75. Заплетников, И.Н. Оценка качества оборудования по его шумовым характеристикам / И.Н.Заплетников, И.С.Севаторова // Материалы VI Всерос. научно-практ.конф. с международным участием «Защита от повышенного шума и вибрации», 21 – 23 марта 2017 г., Санкт-Петербург. – С.264-270.

76. Заплетников, И.Н. Рекомендации по проектированию оборудования с улучшенными виброакустическими характеристиками / И.Н.Заплетников, И.С.Севаторова, С.В. Канибер // Оборудование и технологии пищевых производств: темат. сб. науч. раб. – Донецк: ДонНУЭТ, 2017. – Вып. 2(35). – С.16-22.

77. Заплетников, И.Н. Шумовые характеристики оборудования общественного питания и показатели его качества / И.Н.Заплетников, И.С.Севаторова, А.К. Пильненко // Научный журнал NOISE Theory and Practice, -

ООО "ИАК" при БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова. - Том 3, №2. – 2017. – С.17-24.

78. Заплетников, И.Н. Эволюция уровней звуковой мощности мясорубок для предприятий питания / И.Н.Заплетников, И.С.Севаторова, О.Д. Квилинский // Оборуд. и технол. пищ. пр-тв: темат. сб. науч. раб. – Донецк: ДонНУЭТ, 2018. – Вып. 4(37). – С.68-77.

79. Заплетников, И.Н. Исследование влияния конструкции мясорубок напольного типа на их виброакустику / И.Н.Заплетников, И.С.Севаторова, О.Д.Квилинский, С.М.Савченко // Оборуд. и технол. пищ. пр-тв: темат. сб. науч. раб. – Донецк: ДонНУЭТ, 2018. – Вып. 5(38). – С.4-10.

80. Заплетников, И.Н. Расчет и трансформация шумовых характеристик пищевого оборудования : монография / И.Н.Заплетников, И.С. Севаторова. – ГО ВПО "Донец. нац. ун-т экономики и торговли им. Михаила Туган-Барановского. – Донецк : ФОРМ Мезина В. В., 2017 . – 243 с.

81. Заплетников, И.Н. Снижение шума и вибрации овощерезательных машин / И.Н.Заплетников, А.К.Пильненко, А.В.Гордиенко, И.С.Севаторова // Защита от повышенного шума и вибрации: V Всерос. научно-практич. конф. с междунар. участ., 2015 г., 18-20 марта, г. Санкт-Петербург [тезисы докл.] / редкол. Н.И. Иванов [и др.] – СПб, 2015. – С. 193–201.

82. Заплетников, И.Н. Квалиметрическая оценка оборудования пищевых производств по его шумовым характеристикам/ И.Н. Заплетников, И.С. Севаторова // Техника и технология пищевых производств: тез.докл. XI Междунар. науч.-технич. конф., 20-21 апреля 2017г, Могилев: МГУП, 2017. – С.456.

83. Заплетников, И.Н. Комплексное исследование виброакустических процессов оборудования очистки корнеклубнеплодов / Заплетников И.Н., Жидков Ю.В. // Машиностроение и техносфера XXI века: Сб.тр.XII Междунар.научно-техн.конф., 12-17 сентября 2005г. г. Севастополь. – Донецк: ДонНТУ, 2005. – Т2.– С.12-15.

84. Заплетніков, І.М. Експериментальне дослідження машини очищення корнебульбоплодів МОК-150 / І.М.Заплетніков, Ю.В.Жидков, В.О.Кіріченко // Матеріали ІХ Міжнар.наук.-техн.конф. "Нові технології та технічні рішення в харчовій та переробній промисловості: сьогодні і перспективи" у 2ч., 17-19 жовтня 2005р.– К.: НУХТ, 2005.– С.31-32.

85. Заплетніков, І.М. Дослідження поведінки бульби у робочій камері картоплечисток / І.М.Заплетніков, Ю.В.Жидков, С.В.Громов, Д.А. Афанасьєв // Тези доп. Міжнар.наук.-техн.конф. 8-9 вересня 2005р. Святогірськ. – Донецьк: ДонДУЕТ, 2005.– С.64-65.

86. Заплетніков, І.Н. Моделі взаємодія продукта с робочей камерой картофелечисток / І.Н.Заплетніков, Ю.В.Жидков, С.В.Громов // Прогресивні технології і системи машинобудування: Міжнар.зб.наук.пр. – Донецьк: ДонНТУ, 2005. – Вип.32.– С.115-120.

87. Заплетніков, І.М. Моделі силових та віброакустичних характеристик машини очищення корнеплодів МОК-150/ І.М.Заплетніков, Д.О.Єрьоменко, Ю.В.Жидков, Д.С.Афенченко // Обладнання та технології харчових виробництв: темат.зб.наук.пр.-Донецьк: ДонДУЕТ, 2006.– Вип.14. – С.126-132.

88. Заплетніков, І.М. Щодо питання покращення віброакустичних характеристик овочерізальних машин підприємств харчування / І.М.Заплетніков, Д.О.Єрьоменко // Обладнання та технології харчових виробництв: темат.зб.наук.пр. - Донецьк: ДонГУЕТ, 2005.– Вип.12 – С.52-57.

89. Заплетніков, І.М. Віброакустичні характеристики машин очищення корнеклубнеплодів періодичної дії і методи їх поліпшення/ І.М.Заплетніков, Ю.В.Жидков, І.С. Божок (Севаторова) //Зб. тез доп. Всеукраїнський наук.пр.конф. "Нові ресурсо- та енергозберігаючі технології харчових виробництв" 1-2 березня 2007р. м.Полтава.– Полтава: ПУСК, 2007.-С.35.

90. Заплетніков, І.М. Методика розрахунку шумових характеристик картоплечисток підприємств харчування / І.М.Заплетніков, Д.О.Єрьоменко, Ю.В. Жидков // Обладнання та технології харчових виробництв: темат.зб.наук.пр. – Донецьк: ДонДУЕТ, 2007. – Вип.16.– С.222-226.

91. Заплетников, И.Н. О формировании шумовой характеристики технологической машины/ И.Н.Заплетников, С.А.Соколов, М.Я.Павлов // Тем. сб. Торговля в условиях перехода к рыночным отношениям. – Донецк: ДИСТ, 1991. – С.161-162.

92. Иванов, Н.И. Техническая акустика транспортных машин: Справочник /Под ред. Н.И. Иванова.– СПб.: Политехника, 1992.– 365 с.

93. Иванов, Н.И. Прогнозирование эволюции виброакустических характеристик очистительного оборудования/ Н.И.Иванов, И.Н.Заплетников, В.А.Кириченко // Новое в теоретической и прикладной акустике: Сборник трудов школы-семинара с международным участием. – СПб.: БГТУ, 2007.

94. Иванов, Н.А. Создание системы автоматического проектирования комплекса шумозащиты транспортных машин/ Н.А.Иванов, М.Н.Кайдалова, Г.Д.Курцев // «Акустическая экология-90».Тез.докл. Всесоюз.научно-практ.конф. – Л.: 1990. – С.56-57.

95. Ильков, В.К. Принципы оптимизации виброакустических характеристик сложных, активных колебательных систем/ В.К.Ильков, Н.Кузнецов, В.И.Попков //Сб.: Акустическая динамика машин и конструкций. – М.: Наука, 1973. – С.29-36.

96. Карпов, В.В. Применение зубчатых колес с демпфирующим слоем для снижения шума в приводах полиграфических машин/ В.В.Карпов, Э.Т. Козлов // Матер. семин. «Борьба с шумом и звуковой вибрацией». – М.: МДНТП, 1984. – С.47-52.

97. Кацнельсон, М.У. Снижение шума машин пищевых производств / М.У.Кацнельсон, В.А.Селивестров, И.Е.Цукерников. – М.:Агропроимиздат,1986. –256с.

98. Кіріченко, В.О. Методика прогнозування еволюції віброакустичних характеристик картоплечисток підприємств харчування / В.О. Кіріченко // Обладнання та технології харчових виробництв: темат. зб. наук. пр. - Донецьк: ДонНУЕТ, 2008.– Вип.19. – С.131-135.

99. Климов, Б.И. Современные тенденции развития вибро и звукозащитных систем полиграфических машин/ Б.И.Климов. – М: Книга, 1983. – 48 с.

100. Клюкин, И.И. Борьба с шумом и звуковой вибрацией на судах / И.И.Клюкин. – Л.: Судостроение, 1971.– 416 с.
101. Клюкин, И.И. Акустические измерения а судостроении/ И.И.Клюкин, А.Е.Колесников. – Л: Судостроение, 1982.– 518с.
102. Контроль шума в промышленности: Пер.с англ. /Под ред. Дж. Д.Вабба.- Д.: Судостроение, 1981.– 312с.
103. Лагунов, Л.Ф. Борьба с шумом в машиностроении/ Л.Ф. Лагунов, Г.Л. Осипов.– М.: Машиностроение, 1980. –150 с.
104. Лопашев, Д.З. Методы измерения и нормирования шумовых характеристик / Д.З.Лопашев, Г.Л.Осипов, Е.Н.Федосеева. – М.: Изд. стандартов,1983. – 232с.
105. Маркуш, Ш. О свойствах новых чехословацких виброзащитных фольг „Виброфол” Борьба с шумом и вибрацией/ Ш.Маркуш, И.Мудрик, С.Данчак и др. //Информационный бюллетень координационного центра стран - членов СЭВ по проблеме "борьба в шумом и вибрацией". – Будапешт ВНР, 1988. – С.101-113.
106. Маслов, Г.С. Крутильные колебания валов/ Г.С.Маслов. – М.: Машиностроение,1980. – 149 с.
107. Медведев, А.М. Опыт применения новых защитных пленочных покрытий / А.М.Медведев, А.М.Медведев, Н.И. Бородин //Тез.докл. Всесоюз научно-практ. конф.: акустическая экология-90. – Л., 1990. – С.79-81.
108. Морз, Ф. Колебания и звук: Пер. с англ. – М.: ГИТТЛ, 1949.– 496с.
109. Мякшин, В.Н. Борьба с шумом и вибрацией на предприятиях пищевой промышленности/ В.Н.Мякшин. – К.: Техника, 1983 - 141 с.
110. Налимов, В.В. Статические методы планирования экстремальных экспериментов/ В.В.Налимов, Н.А.Чернова. – М.: Наука, 1965. – 340с.
111. Обладнання підприємств переробної і харчової промисловості / І.С. Гулий, М.М. Пушанков, Л.О. Орлов, В.Г. Мірончук / Під ред. Гулого І.С. – Вінниця: Нова книга, 2001. – 576с.

112. Оборудование предприятий общественного питания. В 3ч. Ч.1. Механическое оборудование: учебник для студ. Высш.учеб.заведений / В.Д. Елхина, М.И. Ботов. – М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 416с.

113. Определение шумовых характеристик машин линии розлива пищевых жидкостей /М.У. Кацнельсон, И.Е. Цукерников, Б.А. Сильвестров, Ю.И. Білоусов // Тр. Ин-та/ ВНИИЭКИ продмаш,1983. – № 59. – С.157-165.

114. Орликов, М.Л. Динамика станков/ М.Л.Орликов. – К.: Вища школа, 1989.–265с.

115. Пильненко, А.К. Анализ шумовых характеристик и показателей качества оборудования общественного питания / А.К.Пильненко, И.Н.Заплетников, И.С. Севаторова // «Инновационные перспективы Донбасса». Материалы 4-й Международной научно-практической конференции. – Том 3. Инновационные технологии проектирования, изготовления и эксплуатации промышленных машин и агрегатов. – Донецк, 22-25 мая 2018 года. – С.66-70.

116. Пискунов, Н.С. Дифференциальное и интегральное исчисления: В 2т. – М.: Наука, 1985. – Т.2 – 560с.

117. Поболь, О.Н. Шум в текстильной промышленности и методы его снижения/ О.Н.Поболь.– М.: Легпромбытиздат, 1987. – 144с.

118. Попков, В.И. Виброакустическая диагностика блокировочных агрегатов / В.И. Попков // Сб.: Акустическая динамика машин и конструкций. – М.: Наука, 1973. – С.25-31.

119. Порядков, В.И. Виброакустические расчеты на этапе разработки машины/ В.И. Порядков //Борьба с шумом и звуковой вибрацией; матер. семин.– 0-во Знание РСФСР. МДНТП.– М.: 1989. – С.121-126.

120. Приборы и системы для измерения вибрации, шума и удара: Справочник в 2-х кн./Под ред. В.В.Клюева. – М.: Машиностроение, 1978. – кн. 1. – 448 с., кн.2.–560с.

121. Прохоров, Ю.К. Управление качеством: учебное пособие / Ю.К. Прохоров. – СПб: СПбГУИТМ, 2007. – 144с.

122. Рагульскис, В.М. Вибрация подшипников / В.М.Рагульскис, А.Ю.Юркаускас. – Л.: Машиностроение, 1987. – 242 с.

123. Робоча камера картоплечистки. Патент України на корисну модель №18596, А23№7/00, А23№15/00/ Шубін О.О., Заплетніков І.М., Єрьоменко Д.О., Жидков Ю.В.-200605293; Заявл.15.05.2006; Опубл. 15.11.2006, Бюл. №11, 2006.-4с.

124. Робоча камера картоплечистки періодичної дії. Патент України на корисну модель №18702, А23№7/00, А23№15/00/ Заплетніков І.М., Кіріченко В.О., Жидков Ю.В.-200605821; Заяв. 26.05.2006; Опубл. 15.11.2006, Бюл. №11, 2006.-4с.

125. Савченко, С.М. Расчет динамических параметров картофелечистки МОК по линейным колебаниям / С.М.Савченко, И.Н.Заплетников, И.С. Севаторова // Образование, наука и молодежь – 2017 [Электронный ресурс]: сборник трудов по материалам научно-практических конференций ФГБОУ ВО «КГМТУ» 2017г. Часть 2. – Керчь: ФГБОУ ВО «КГМТУ», 2017. – С.286-293.

126. Самойлюк, Е.П. Борьба с шумом и вибрацией в промышленности/ Е.П.Самойлюк, В.В.Сафонов. – К.: Вища школа, 1990. –167с.

127. СанПиН 2.2.4.3359–16. Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах: [URL:htt://docs.cntd.ru/dokument/420362948](http://docs.cntd.ru/dokument/420362948).

128. Скучик, Е. Простые и сложные колебательные системы / Е. Скучик. – М.: Мир, 1971. –560с.

129. Скучик, Е. Основы акустики/ Е.Скучик. – М.: Мир, 1976. – Т.2. – 520с.

130. Снижение шума в зданиях и жилых районах / Под ред. Г.Л. Осипова, Е.Я. Юдина. – М.: Стройиздат, 1987. – 558с.

131. Соколов, В.И. Основы расчета и конструирования машин и аппаратов пищевых производств/ В.И. Соколов. – М.: Машиностроение, 1983. – 447 с.

132. Соколов, С.А. Оценка уровня шума, излучаемого технологическим оборудованием на рабочих местах предприятий массового питания/ С.А.Соколов, С.И. Панчук // Тем.сб. Торговля и рынок Украины. – Донецк: Донецкий коммерческий институт, 1993. – С. 175-176.

133. Справочник по технической акустике. Пер. с нем. /Под ред. М.Хекла и Х.А. Мюллера. – Л.: Судостроение, 1980 – 437 с.
134. Тензометрия в машиностроении / Под ред. Р.А. Макарова. М.: Машиностроение, 1975. – 287с.
135. Технологическое оборудование предприятий общественного питания/ Под общ. ред. М.И. Беяева. – К.: Высш. шк., 1989. – 550с.
136. Гольский, В.Е. Виброакустика автомобиля/ В.Е.Гольский. –М.: Машиностроение, 1988. – 139с.
137. Топольник, В.Г. Количественная оценка качества оборудования общественного питания/ В.Г.Топольник. – Донецк: Кассиопея, 1998. – 196с.
138. Утепов Е.Б. Разработка низколегированных конструкционных сталей с повышенными демпфирующими свойствами / Е.Б. Утепов, В.А. Муравьев, М.Г.Залазинский //Проблемы улучшения акустических характеристик машин: Тез.докл. Всесоюз.совещ. АН СССР 27-29 октября 1988г. Звенигород Моск.обл.– М.: 1988.– С. 160-161.
139. Фавстов, Ю.К. Сплавы высокого демпфирования - эффективное средство борьбы с шумами и вибрациями / Ю.К.Фавстов //Сб.: Борьба с шумом и звуковой вибрацией. – М.: МДНТП, 1982.– С.79-80.
140. Федоров, В.В. Теория оптимального эксперимента/ В.В.Федоров. – М.: Наука, 1971.– 312с.
141. Флавицкий, Ю.В. Защита от шума и вибрации на предприятиях угольной промышленности/ Ю.В.Флавицкий, Л.А.Гешлин, И.Г. Резников и др. - М.: Недра, 1990.–368с.
142. Харламов, С.В. Конструирование технологических машин пищевых производств/ С.В. Харламов. – Д.: Машиностроение, 1979.– 224с.
143. Цукерников, И.Е. Метод нормирования шумовых характеристик производственного оборудования/ И.Е.Цукерников, Б.А. Селивестров // Техническая акустика,– 1992. – Т.1, – вып. 1.
144. Цукерников, И.Е. К расчету вклада отраженного звука при определении шумовых характеристик машин в условиях эксплуатации/ И.Е.Цукерников,

В.А.Селивестров, М.А.Розенберг //Матер.семина. Борьба с шумом и звуковой вибрацией. – М.:МДНТП, 1989. – С.29-36.

145. Цукерников, И.Е. Расчет шумовых характеристик продовольственных машин на ЭВМ/ И.Е. Цукерников, В.К. Тобольцев //Тр. ин-та ВНИИКИпродмаш, 1983, -№ 59. -С.134-138.

146. Чиликин, М.Г. Общий курс электропривода/ М.Г.Чиликин, А.С.Сандлер. – М.: Энергия, 1981. – 576с.

147. Шенк, Х. Теория инженерного эксперимента. Пер., с англ. – М.: Мир, 1972. -381с.

148. Шутов, И.Г. Шум и вибрация электрических машин / И.Г. Шутов. – Л.: Энергоатомиздат, 1986. – 284с.

149. Intersity Sound. Bruel i Kjaer Application Note. – 1989. – 57р.

150. ISO 3740-3746 Determination of Sound Power Levels of Noise Sources. See also ANSI S.131-36.

151. Thanagasundram S., Schlindwein Autoregressive Order Selection for Rotating Machinery //International Journal of Acaustics and Vibration, 2006.– №3.– P.144-154.

152. Zapletnikov, I.N. Evolution of noise performances of technological equipment. International Ecological Congress. Advances in ecology and environmental safety. - St. Petersburg. - Russia, June 14-16. 2000. - P.158-160.

153. Zapletnikov, I. Parametric models of vibroacoastic performances of technological equipment. Forth international congress on sound and vibration/ I.Zapletnikov, M.Pavlov. - St. Petersburg. - Russia, June 24-27. 1996. - P.757-758.

154. Zapletnikov, I. Vibroacoustic's characteristics of technological equipment transformation in exploitation conditions / I. Zapletnikov, A. Chubin, V. Gidkov. // Proc. International Congr. on Sound and Vibration XII - Lisbon Portugal.– 2005.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Патент на полезную модель



Акт внедрения в частную компанию «Укрпрогресс»

Согласовано

Ректор (проректор) ДонНУЭТ

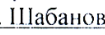
 Е.М. Азарян
« » 2015 г.

М.П.



Утверждаю

Руководитель организации

 Р.А. Шабанов

«30» 10 2015 г.

М.П.

АКТ ВНЕДРЕНИЯ

результатов научно – исследовательских, опытно – конструкторских и
технологических работ в высших учебных заведениях

Заказчик

Частная Компания «Укрпрогресс»

(наименование организации)

Директор Р.А. Шабанов

(Ф.И.О. руководителя организации)

настоящим актом подтверждается, что результаты работы по

НИР Д-2013-1 Виброакустика оборудования пищевых производств. Теория, эксперимент, эволюция.

выполненной Донецким национальным университетом экономики и торговли

имени Михаила Туган - Барановского

стоимость нет тыс. грн.

(цифрами прописью)

выполняемой 01.2013–31.12.2015 г.

внедрены в производственном цеху ЧК «Укрпрогресс»

(наименование предприятия, где осуществляется внедрение)

1. Вид внедрение результатов Модернизация конструкции овощерезательной машины Robotron CI-30, хлеборезки Sinnag SL-302, универсальной кухонной машины УКМ.

(эксплуатация изделий, работы, технология)

2. Характеристика масштаба внедрения единичное

3. Форма внедрения

Методика (метод) Изменение конструкции механического оборудования ресторанный хозяйство

4. Новизна результатов научно-исследовательских работ Модернизация существующих разработок

(пионерское, принципиально новое, качественно новое)

5. Опытно промышленная проверка Акты испытаний №12 от 10.04.2014 г., № 7 от 23.03.2015 г., №10 от 15.06.2015 г.

(указать номер и дату актов испытаний)

ЧК «Укрпрогресс».

01.2013–31.12.2015 г.

(наименование предприятия, период)

6. Внедрены:

- в промышленное производство в производственном цехе ЧК «Укрпрогресс»

(участок, цех, процесс)

- в проектные работы _____

7. Годовой экономический эффект

- ожидаемый чистая прибыль 92,7 тыс. грн (185,4 тыс. рублей).

- фактический 92,7 тыс. грн. (185,4 тыс. рублей).

в том числе долевое участие ДонНУЭТ – 80% - 74,16 тыс. грн. (семьдесят четыре тысяч сто шестьдесят грн.); 148,32 тыс. руб. (сто сорок восемь тысяч триста двадцать рублей).

(%о, цифрами и прописью)

8. Удельная экономическая эффективность внедрения результатов _____

9. Объем внедрения 3 машины УКМ, 1 машина Robotron CI-30, 1 машина Sinnag SL-302

10. Социальный и научно – технический эффект _____

Улучшение санитарно-гигиенических условий труда обслуживающего персонала


(охрана окружающей среды, подр. улучшение и оздоровление условий труда, совершенствование структуры управления и т.д.)

от ДонНУЭТ

Нач. НИСа  Н.Ю. Возиянова

Руководитель НИР  И.Н. Заплетников

Отв. исполнитель  А.К. Пильшенко,

 И.С. Севаторова

От предприятия ЧК «Укрпрогресс»

Гл. инженер  А.В. Маки

Гл. бухгалтер  А.В. Кодолова

Акт внедрения в ЖК «Журавлиный»

Согласовано

Ректор (проректор) ДонНУЭТ

« » 201 г.

М.П.



Утверждаю

Руководитель организации

А. А. Жаран

«12» 01 2016 г.

М.П.



АКТ ВНЕДРЕНИЯ
результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и
технологических работ в высших учебных заведениях

Заказчик ЖК «Журавлиный»

(наименование организации)

Директор А. А. Жаран

(Ф.И.О. руководителя организации)

настоящим актом подтверждается, что результаты работы по
НИР Д-2013-1 Виброакустика оборудования пищевых производств. Теория, эксперимент, эволюция.

выполненной Донецким национальным университетом экономики и торговли
имени Михаила Туган - Барановского

СТОИМОСТЬ нет тыс. грн.
(цифрами прописью)

выполняемой 01.2013–31.12.2015 г.

внедрены в ЖК «Журавлиный»
(наименование предприятия, где осуществляется внедрение)

1. Вид внедрение результатов Модернизация конструкции универсальной кухонной машины УКМ, хлеборезки Sinmag SL-302, овощерезательной машины Robotcoup CL-30.
(эксплуатация изделий, работы, технология)

2. Характеристика масштаба внедрения единичное

3. Форма внедрения _____

Методика (метод) Изменение конструкции механического оборудования ресторанного хозяйства

4. Новизна результатов научно-исследовательских работ Модернизация существующих разработок
(пионерское, принципиально новое, качественно новое)

5. Опытно-промышленная проверка Акты испытаний №5 от 10.09.2014 г., № 8 от 15.06.2015 г., №12 от 10.04.2015 г.
(указать номер и дату актов испытаний)

ЖК «Журавлиный».01.2013–31.12.2015 г

(наименование предприятия, период)

6. Внедрены:

- в промышленное производство ЖК «Журавлиный»
(участок, цех, процесс)

- в проектные работы _____

7. Годовой экономический эффект

- ожидаемый _____ чистая прибыль 83,4 тыс. грн (166,8 тыс. рублей).

- фактический 83,4 тыс. грн. (166,8 тыс. рублей).

в том числе долевое участие ДонНУЭТ – 80% - 66,72 тыс. грн. (шестьдесят шесть тысяч семьдесят две грн.); 133,44 тыс. руб. (сто тридцать три тысячи сорок четыре рубля).
(%, цифрами и прописью)

8. Удельная экономическая эффективность внедрения результатов _____

9. Объем внедрения 1 машины УКМ, 3 машины Robotcoup CL-30, 1 машина Sinmag SL-302

10. Социальный и научно – технический эффект _____

Улучшение санитарно-гигиенических условий труда обслуживающего персонала
(охрана окружающей среды, недр, улучшение и оздоровление условий труда, совершенствование структуры управления и т.д.)

от ДонНУЭТ

Нач. НИСа _____

Н.Ю. Возиянова

Руководитель НИР _____

И.Н. Заплетников

Отв. исполнитель _____

А. В. Гордиенко.

И.С. Севаторова

От предприятия ЖК «Журавлиный»

Гл. инженер _____

А.В. Маки

Гл. бухгалтер _____

ЖИЛИЦКА К.М.В.Кодолова



Справка о внедрении результатов исследований в учебный процесс



Министерство образования и науки
ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ

Государственная организация высшего профессионального образования
**«Донецкий национальный университет экономики и торговли
 имени Михаила Туган-Барановского»**

ул. Щорса 31, г. Донецк, 283050 Тел.:342-90-40 Факс: (062)304-83-16 Эл. почта:info@donnuet.education

04.04.2019 № 08.18/931
 на № _____ от _____ Диссертационный совет Д 01.025.02
 г _____ при ГО ВПО «Донецкий национальный
 Университет экономики и торговли
 имени Михаила Туган-Барановского»

СПРАВКА

о внедрении результатов исследований диссертационной работы
 Севаторовой И.С. на тему «Трансформация виброакустических характеристик
 оборудования предприятий питания», представленную на соискание ученой
 степени кандидата технических наук по специальности 05.18.12 – Процессы и
 аппараты пищевых производств

Результаты исследований, которые представлены в диссертационной работе
 Севаторовой И.С., используются в учебном процессе при изложении дисциплины
 «Компьютерные технологии в машиностроении», добавлен раздел «Методы
 повышения качественных характеристик проектируемого оборудования» для
 студентов направления подготовки 15.04.02 «Технологические машины и
 оборудование» очной и заочной форм обучения. Использование в учебном
 процессе результатов данной диссертационной работы является целесообразным
 для повышения уровня подготовки студентов в направлении более углубленного
 овладения материала по определению качества конструкций оборудования
 предприятий питания по его шумовым характеристикам.



Л.А. Омелянович

Исполнитель
 Севаторова И.С. 0713758060

Программа расчета относительных шумовых характеристик и оценка качества оборудования по его ШХ

Расчет ОШХ и оценка качества оборудования по его шумовым характеристикам

Введите данные для расчета:

Мощность двигателя, кВт	750	<input checked="" type="checkbox"/>
Масса машины, кг	50	<input checked="" type="checkbox"/>
Производительность, кг/ч	1000	<input checked="" type="checkbox"/>
Гра(хх)	71	<input checked="" type="checkbox"/>
Гра(рх)	77	<input checked="" type="checkbox"/>

Результаты расчета:

Относительная производительность:	$Q_{п} = L_{рА} Q$	Хол. ход	0,07	Раб. ход	0,08
Относительная масса:	$Q_M = L_{рА} / m$		1,42		1,54
Относительная мощность двигателя:	$Q_N = L_{рА} / n$		0,09		0,1
Определение единичных оценок:	$(K_i = \{(\Phi_i / P_i^{0,5})\})$		0,23		0,17
Определение комплексных показателей качества:	$K_o = \prod_{i=1}^n (q_i)^{\frac{1}{n}}$		0,080		0,230
Качество оборудования:	$O_{ш} = \frac{K_o_{эм}}{K_o}$		1,0		1,0