

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ  
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ВЫСШЕЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ  
«ПРИДНЕПРОВСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ  
СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ»**

На правах рукописи

**ПАРАЩИЕНКО ИРИНА НИКОЛАЕВНА**

УДК 628.517.2

**СНИЖЕНИЕ ШУМА В ФОРМОВОЧНЫХ ЦЕХАХ ПРЕДПРИЯТИЙ ПО  
ПРОИЗВОДСТВУ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ**

Специальность 05.26.01 – охрана труда

Диссертация на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Научный руководитель

Богданов Юрий Владимирович,

кандидат технических наук, доцент

Днепропетровск – 2015

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	5
Раздел 1. Анализ условий труда на предприятиях по производству ЖБИ. Практика борьбы с шумом при производстве ЖБИ .....	10
1.1. Обзор состояния профессиональной заболеваемости в мире и Украине ..	10
1.2. Анализ условий труда на предприятиях ЖБИ .....	12
1.3. Основные источники шума в формовочных цехах заводов ЖБИ и их характеристики .....	19
1.4. Виброагрегаты и их основные источники шума .....	21
1.5. Нормирование шума на постоянных рабочих местах .....	25
1.6. Анализ существующих методов и средств борьбы с шумом на заводах, изготавливающих сборные железобетонные изделия .....	28
1.7. Выводы по разделу 1 .....	39
Раздел 2. Снижение шума виброагрегата за счет демпфирования механиче- ских колебаний его поверхностей .....	40
2.1. Теоретические исследования по снижению шума демпфированием ме- ханических колебаний .....	40
2.2. Мастика полимерная виброзвукопоглощающая «Вибромаст» .....	45
2.3. Натурные измерения по определению акустической эффективности при- менения демпфирования мастикой «Вибромаст» виброагрегата .....	49
2.4. Анализ акустических условий труда в формовочном цехе ООО «Балов- ский завод ЖБИ» до и после применения демпфирования виброагрегата ....	53
2.5. Выводы по разделу 2 .....	59
Раздел 3. Снижение шума виброагрегата, расположенного в приямке, за счет устройства камерно-экранного глушителя .....	60
3.1. Теоретические исследования снижению шума методом звукопоглоще- ния .....	60
3.1.1. Вклад отраженной составляющей в суммарные уровни звука и звуко- вого давления .....	60

3.1.2. Распространение звуковой энергии, выходящей из приемка под виброагрегатом .....	65
3.2. Камерно-экранный глушитель для виброагрегатов по уплотнению бетонной смеси .....	66
3.3. Методика расчета снижения уровней звукового давления за счет устройства камерно-экранный глушителя .....	68
3.4. Исследование снижения уровней звукового давления на рабочем месте формовщика путем устройства камерно-экранный глушителя методом прямого физического моделирования .....	75
3.5. Методика обработки экспериментальных данных .....	78
3.6. Экспериментальные исследования эффективности камерно-экранный глушителя .....	81
3.6.1. Исследование влияния размеров акустического зазора на параметры уровня звукового давления в различных направлениях распространения звука в рабочую зону оператора .....	81
3.6.2. Исследование влияния размеров акустического зазора при облицовке стенок глушителя и фрагмента виброагрегата мастикой полимерной виброзвукопоглощающей «Вибромаст» на параметры уровня звукового давления в различных направлениях распространения звука в рабочую зону оператора.....	95
3.7. Натурные исследования снижения уровней звукового давления в зоне оператора при работе виброагрегата с установленным камерно-экранный глушителем .....	103
3.8. Оценка социально-экономической эффективности применения камерно-экранный глушителя для снижения шума на рабочем месте формовщика на ОДО «Полтавтрансбуд».....	105
3.9. Выводы по разделу 3 .....	112
Раздел 4. Определение производственного риска от шумового воздействия в формовочных цехах предприятий по производству ЖБИ .....	113

4.1. Системный стохастический подход к определению воздействия опасных и вредных факторов .....	113
4.1.1. Общие положения о рисках на производстве .....	113
4.1.2. Стохастический подход к определению воздействия опасных и вредных факторов .....	115
4.1.3. Формализация нормативных требований к воздействию на человека опасных и вредных производственных факторов и производственный риск от их нарушения .....	119
4.1.4. Методика оценки производственного риска по данным натурных измерений .....	122
4.2. Анализ данных экспериментальных измерений и оценка эффективности применения разработанного глушителя экранно-камерного типа по критерию производственного риска от шумового воздействия .....	124
4.2.1. Статистическая обработка экспериментальных данных .....	124
4.2.2. Оценка производственного риска в рабочей зоне .....	134
4.3. Выводы по разделу 4 .....	137
Общие выводы .....	140
Список используемых литературных источников .....	142
Приложения .....	158



## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы.** Одной из особенностей, характеризующих современный этап развития населенных мест в Украине, является резкое увеличение объемов строительства, реконструкции и ремонта зданий и сооружений, в перспективе – возведение недорогого социального жилья. Можно утверждать, что это именно та ниша, которая должна быть занята железобетонными изделиями (ЖБИ) в ближайшее время. Уже сейчас многие компании заинтересовались строительством жилья в более низкой ценовой категории. Технологическое решение этой задачи – возврат к технологиям с широким применением железобетонных изделий. Прогнозируется, что данный вид строительства будет существенно модернизирован. Поэтому уже в ближайшие годы следует ожидать динамичного развития рынка железобетонных изделий [1]. Это подчеркивает актуальность проведения более детальных исследований условий труда работников предприятий по производству ЖБИ с целью их существенного оздоровления.

Анализ ситуации шумового и вибрационного режимов в строительной индустрии показывает, что известные на сегодня технические, технологические и организационные возможности для снижения вредного воздействия этих факторов на человека используются недостаточно. Причиной является недооценка ущерба от вредного воздействия шума и связанных с этим экономических потерь.

Постоянное воздействие шума является причиной многих заболеваний главных систем жизнеобеспечения человеческого организма – нервной и сердечно-сосудистой. В условиях шумовой нагрузки повышается нервное напряжение, падает творческая активность, снижаются производительность труда и эффективность отдыха [2, 3]. Все это делает шум большим и весьма агрессивным социальным злом.

Таким образом, эффективная борьба с шумом на предприятиях строительной индустрии, в частности на предприятиях по производству ЖБИ, есть своевременной и актуальной задачей.

**Связь работы с научными программами, планами, темами.** Работа выполнялась в соответствии с Общегосударственной целевой программой улучшения состояния безопасности, гигиены труда и производственной среды на 2012 – 2016 годы (распоряжение Кабинета Министров Украины от 31 августа 2011 № 889-р.); Общегосударственной социальной программой улучшения состояния безопасности, гигиены труда и производственной среды на 2014 – 2018 годы (Закон Украины № 178 от 04.04.2013); Декларацией Европейского Союза «Об оценке шума в окружающей среде» и тесно связана с госбюджетной научно-исследовательской работой кафедры безопасности жизнедеятельности ГВУЗ «Приднепровская государственная академия строительства и архитектура» на тему: «Безпека об'єктів при виникненні надзвичайних ситуацій, безпека та охорона праці в різних сферах життєдіяльності людини», номер государственной регистрации 0111U006481 (2011 – 2015 гг.).

**Цель и задачи исследования.** Целью работы является улучшение условий труда в формовочных цехах на предприятиях по производству ЖБИ путем комплексного подхода к снижению шума работающих виброагрегатов.

Для достижения этой цели необходимо решить следующие задачи:

- разработать и теоретически обосновать комплекс шумозащитных мероприятий применительно к формовочным цехам предприятий по производству ЖБИ;
- выполнить экспериментальные исследования для определения акустической эффективности предлагаемых в работе мероприятий;
- определить производственный риск от воздействия повышенных уровней шума на рабочем месте формовщика, в рабочей зоне формовочного цеха до применения комплекса шумозащитных мероприятий и после;
- определить экономический эффект от снижения шума на рабочем месте формовщика после внедрения диссертационных разработок.

**Объект исследований** – шумовой режим формовочного цеха предприятий по производству ЖБИ.

**Предмет исследований** – шумозащита в формовочном цехе предприятий по производству ЖБИ.

**Методы исследования:** теоретические и лабораторно-натурные исследования шумового режима формовочного производства предприятий ЖБИ; математическая обработка результатов исследований, которые базируются на планировании многофакторных экспериментов и представлены в виде математических и эмпирических зависимостей, гистограмм, таблиц и графиков.

**Научная новизна полученных результатов** заключается в следующем:

- впервые обоснована и подтверждена целесообразность применения демпфирования для снижения шума, излучаемого виброагрегатами;
- установлена эмпирическая зависимость снижения уровней звука и звукового давления от толщины слоя демпфирующего покрытия мастикой полимерной виброзвукопоглощающей «Вибромаст»;
- для снижения шума виброагрегатов, размещенных в прямках, впервые разработан камерно-экранный глушитель и экспериментально подтверждена его эффективность;
- установлена эмпирическая зависимость снижения уровня звукового давления от ширины зазора между стенкой прямка и виброагрегатом;
- при помощи стохастического подхода впервые был определен производственный риск от шумового воздействия на рабочем месте, в рабочей зоне формовочного цеха до внедрения камерно-экранного глушителя и после.

**Практическая ценность полученных результатов:**

- разработана и защищена двумя патентами Украины на полезную модель мастика виброзвукопоглощающая «Вибромаст» с улучшенными виброзвукопоглощающими свойствами;
- впервые разработана конструкция камерно-экранного глушителя в прямке под виброагрегатом, что имеет существенную шумозащитную эффективность;

– результаты диссертационной работы внедрены на ООО «Баловский завод железобетонных изделий» и ОДО «Полтавтрансбуд», что позволило значительно снизить уровни шума на рабочих местах формовочного производства.

**Личный вклад соискателя.** Научные идеи и положения, изложенные в диссертационной работе, получены лично соискателем на базе выполненного анализа существующих средств и мероприятий борьбы с шумом формовочного производства предприятий ЖБИ. Основные результаты теоретических и экспериментальных исследований, которые получены во время выполнения диссертационной работы, опубликованы в 15-ти научных трудах [4 – 18]. Личный вклад заключается в следующем:

– проведен анализ условий труда на предприятиях строительной индустрии [6, 7, 9];

– обоснован выбор методов снижения шума на формовочном производстве заводов ЖБИ [4, 5, 7, 8, 10, 14];

– теоретически и экспериментально обосновано применение демпфирования для снижения шума виброагрегатов [15, 16, 17];

– предложена новая конструкция глушителя камерно-экранного типа, математически и физически обоснована его шумозащитная эффективность [11, 18];

– выполнена оценка производственного риска от воздействия шума [12, 13].

**Апробация результатов диссертации.** Основные результаты и отдельные разделы диссертации докладывались, обсуждались и получили одобрение на Международной научно-практической конференции «Безпека життєдіяльності в навколишньому і виробничому середовищах» (Харьков, 20.01 – 20.02.2011г.); IV Международной научно-практической конференции «Безпека життєдіяльності людини як умова сталого розвитку сучасного суспільства» (Киев, 08 – 09.06.2011); III Международной научно-практической конференции «Безопасность жизнедеятельности в XXI веке» (Днепропетровск, 19 – 20.10.2011); IV Международной научно-практической конференции «Безопасность жизнедеятельности в XXI веке» (Днепропетровск, 17 – 18.10.2013г.); 66-ой научной конференции профессоров, преподавателей, научных работников, аспирантов и студен-

тов Полтавского национального технического университета имени Юрия Кондратюка (Полтава, 15.04 – 15.05.2014г).

**Публикации.** По результатам выполненных исследований опубликовано 15 работ, в т.ч. 5 в профессиональных изданиях, 1 в международном издании. Новизна полученных результатов защищена 3-мя патентами Украины на полезную модель.

**Структура и объем диссертации.** Диссертационная работа состоит из введения, 4-х разделов, общих выводов, списка использованной литературы и 6-ти приложений; основной текст с 33-мя таблицами, 63-мя рисунками изложен на 141-ой странице, список использованных источников из 165-ти наименований размещен на 16-ти страницах, приложения – на 25-и страницах. Общий объем работы составляет 183 страницы.

## РАЗДЕЛ 1

### АНАЛИЗ УСЛОВИЙ ТРУДА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ЖБИ. ПРАКТИКА БОРЬБЫ С ШУМОМ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ЖБИ.

#### 1.1. Обзор состояния профессиональной заболеваемости в мире и Украине

В статье 43 Конституции Украины сказано: «Каждый имеет право на надлежащие, безопасные и здоровые условия труда» [19].

Создание безопасных и безвредных производств (обеспечение безопасных и безвредных условий труда на рабочих местах) – задача комплексная, очень сложная, но чрезвычайно важная. Это приведение в соответствие с требованиями санитарных норм факторов микроклимата, запыленности, загазованности, освещения, шума, вибрации и т.п. Правильное решение этой задачи обеспечивает снятие риска для жизни, сохраняет здоровье работников и в то же время повышает производительность и качество труда.

Во всем мире профессиональные заболевания – главная причина смертности, связанной с производственной деятельностью. По оценке Международной организации труда, ежегодно из 2,34 млн смертей на рабочем месте лишь 321 тыс. происходит вследствие несчастного случая. Причина оставшихся 2,02 млн смертельных случаев (или 5,5 тыс. смертей в день) – различные виды профессиональных заболеваний [20].

Производственный травматизм и профзаболевания не случайно приравнивают к национальным бедствиям. Они приносят не только горе и страдание пострадавшим, их родным и близким, но и влекут за собой огромные, невосполнимые общественные потери, негативно влияют на экономику стран, уровень жизни народов [21 – 26].

На сегодня уровень профессиональной заболеваемости является серьезной медико-социальной и экономической проблемой глобального масштаба и для Украины.

Динамика роста количества профессиональных заболеваний за последние десять лет (рис.1.1), согласно статистическим данным Фонда социального страхования от несчастных случаев на производстве и профессиональным заболеваниям Украины [27], показывает, что количество профессиональных заболеваний остается стабильно высоким.

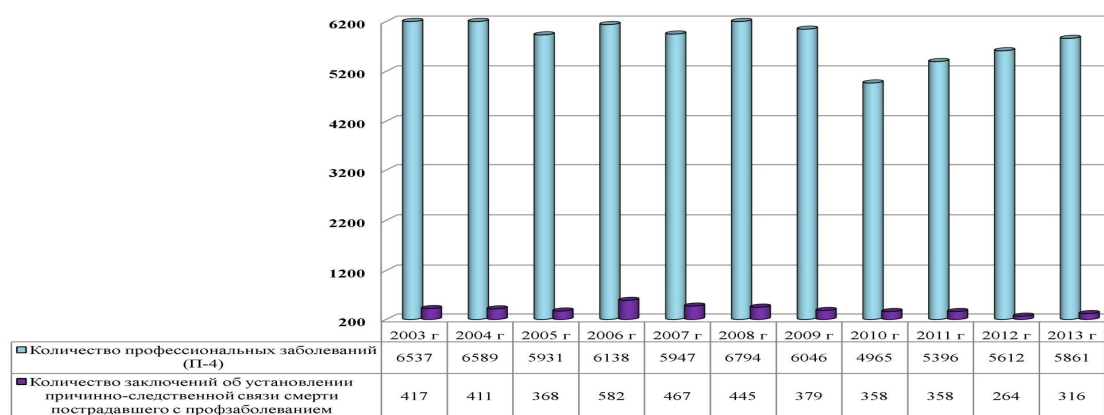


Рис. 1.1. Динамика роста количества профессиональных заболеваний в Украине за период 2003 – 2013 гг.

Анализ профессиональной заболеваемости по отраслям промышленности за 2013 год [27] показывает, что высокий уровень профзаболеваемости наблюдается при:

- добыче энергетических материалов (79%);
- добыче неэнергетических материалов (7,3%);
- строительстве (2,8%);
- производстве машин и оборудования (2,7%);
- металлургии и обработке металла (2,3%).

Количество профессиональных заболеваний в этих областях составляет около 94% от общего количества по Украине.

Анализ показывает, что среди других отраслей промышленности по числу профессиональных заболеваний в Украине строительство занимает третье место. Это послужило причиной выбора строительства отраслью диссертационных исследований.

В связи с тем, что в последние годы в Украине огромными темпами идет строительство супермаркетов, складских помещений, а в перспективе – возведение недорогого социального жилья, можно утверждать, что это именно та ниша, которая может быть занята железобетонными изделиями в ближайшее время. Уже сейчас многие компании заинтересовались строительством жилья в более низкой ценовой категории. Технологическое решение этой задачи – возврат к технологиям с широким применением железобетонных изделий. Прогнозируется, что данный вид строительства будет существенно модернизирован. Поэтому уже в ближайшие годы следует ожидать динамичного развития рынка железобетонных изделий [1, 28, 29]. Это подчеркивает актуальность проведения более детальных исследований условий труда на предприятиях по производству ЖБИ с целью их существенного оздоровления.

## **1.2. Анализ условий труда на предприятиях ЖБИ**

Для изучения условий труда обслуживающего персонала при производстве ЖБИ на ряде предприятий строительной индустрии, занятых изготовлением сборных железобетонных изделий, Днепропетровской и Полтавской областей был проведен анализ результатов аттестации рабочих мест, проводимых специализированными лабораториями. Исследования были осуществлены на следующих предприятиях:

- ОДО «Полтавтрансбуд»;
- ООО «Завод железобетонных конструкций «Полтава»;
- ООО «Полтавский домостроительный комбинат»;
- ООО «Баловский завод железобетонных изделий» (Днепропетровская область).



Анализ условий труда, а также анализ документов – карт условий труда, составленных по результатам аттестации рабочих мест по условиям труда, показали, что для большинства основных технологических процессов на этих предприятиях характерны следующие вредные производственные факторы:

- отклонения от оптимальных параметров микроклимата (температура, °С; относительная влажность, %; скорость движения воздуха, м/с);
- повышенные уровни шума, дБА;
- повышенные уровни вибрации, дБ;
- запыленность, мг/м<sup>3</sup>.

В большинстве случаев значения перечисленных вредных производственных факторов выходят за пределы требований санитарных норм.

Основные результаты, полученные в процессе анализа, приведены в табл. 1.1 и на рис.1.2.

Таблица 1.1

## Данные условий труда в цехах предприятий ЖБИ

Цех завода ЖБИ	Температура, °С (летний период)		Относительная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/с		Шум, дБА		Вибрация, дБ		Запыленность (пыль, фиброгенного действия), мг/м <sup>3</sup>	
	Факт	ПДУ	Факт	ПДУ	Факт	ПДУ	Факт	ПДУ	Факт	ПДУ	Факт	ПДУ
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
ОДО «Полтавтрансбуд»												
Склад хранения сырья для бетонной смеси	25	15–27	53	70	0,3	0,2–0,5	81	80	-	92	7,8	6

Продолжение таблицы 1.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Цех приготовления бетонной смеси (растворобетонный узел)	24	15-27	61	70	0,27	0,2-0,5	87	80	89	92	18,7	6
Цех изготовления арматурных каркасов	23	15-27	63	70	0,2	0,2-0,5	78	80	-	92	3,4	6
Цех формирования и обработки ЖБИ	23	15-27	62	70	0,2	0,2-0,5	99	80	94	92	3,2	6
Склад хранения и выдачи готовых изделий	23	15-27	62	70	0,2	0,2-0,5	81	80	-	92	-	6
ООО «Завод железобетонных конструкций «Полтава»												
Склад хранения сырья для бетонной смеси	24	15-27	69	70	0,29	0,2-0,5	83	80	-	92	6,4	6
Цех приготовления бетонной смеси (растворобетонный узел)	23	15-27	62	70	0,3	0,2-0,5	86	80	91	92	19,6	6
Цех изготовления арматурных каркасов	25	15-27	62	70	0,28	0,2-0,5	81	80	-	92	4,1	6
Цех формирования и обработки ЖБИ	24	15-27	63	70	0,29	0,2-0,5	102	80	95	92	5,8	6
Склад хранения и выдачи готовых изделий	24	15-27	63	70	0,3	0,2-0,5	78	80	-	92	-	6
ООО «Полтавский домостроительный комбинат»												
Склад хранения сырья для бетонной смеси	21	15-27	61	70	0,2	0,2-0,5	81	80	-	92	5,9	6
Цех приготовления бетонной смеси (растворобетонный узел)	22	15-27	60	70	0,22	0,2-0,5	85	80	93	92	11,2	6

Продолжение таблицы 1.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Цех изготовления арматурных каркасов	23	15-27	58	70	0,2	0,2-0,5	79	80	-	92	5,8	6
Цех формирования и обработки ЖБИ	23	15-27	58	70	0,2	0,2-0,5	108	80	96	92	6,1	6
Склад хранения и выдачи готовых изделий	23	15-27	60	70	0,2	0,2-0,5	82	80	-	92	-	6
ООО «Баловский завод железобетонных изделий»												
Склад хранения сырья для бетонной смеси	28	15-27	62	70	0,25	0,2-0,5	78	80	-	92	6,3	6
Цех приготовления бетонной смеси (растворобетонный узел)	27	15-27	64	70	0,27	0,2-0,5	87	80	94	92	17,6	6
Цех изготовления арматурных каркасов	27	15-27	64	70	0,22	0,2-0,5	85	80	-	92	4,6	6
Цех формирования и обработки ЖБИ	26	15-27	63	70	0,24	0,2-0,5	112	80	99	92	8,3	6
Склад хранения и выдачи готовых изделий	25	15-27	62	70	0,21	0,2-0,5	82	80	-	92	-	6
Осредненные значения вредных производственных факторов по заводам ЖБИ, %												
Склад хранения сырья для бетонной смеси	100	100	88	100	100	100	130	100	-	100	110	100
Цех приготовления бетонной смеси (растворобетонный узел)	100	100	106	100	100	100	428	100	99	100	280	100
Цех изготовления арматурных каркасов	100	100	106	100	100	100	148	100	-	100	75	100

Продолжение таблицы 1.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Цех формирования и обработки ЖБИ	100	100	100	100	100	100	61348	100	163	100	98	100
Склад хранения и выдачи готовых изделий	100	100	100	100	100	100	127	100	-	100	-	100

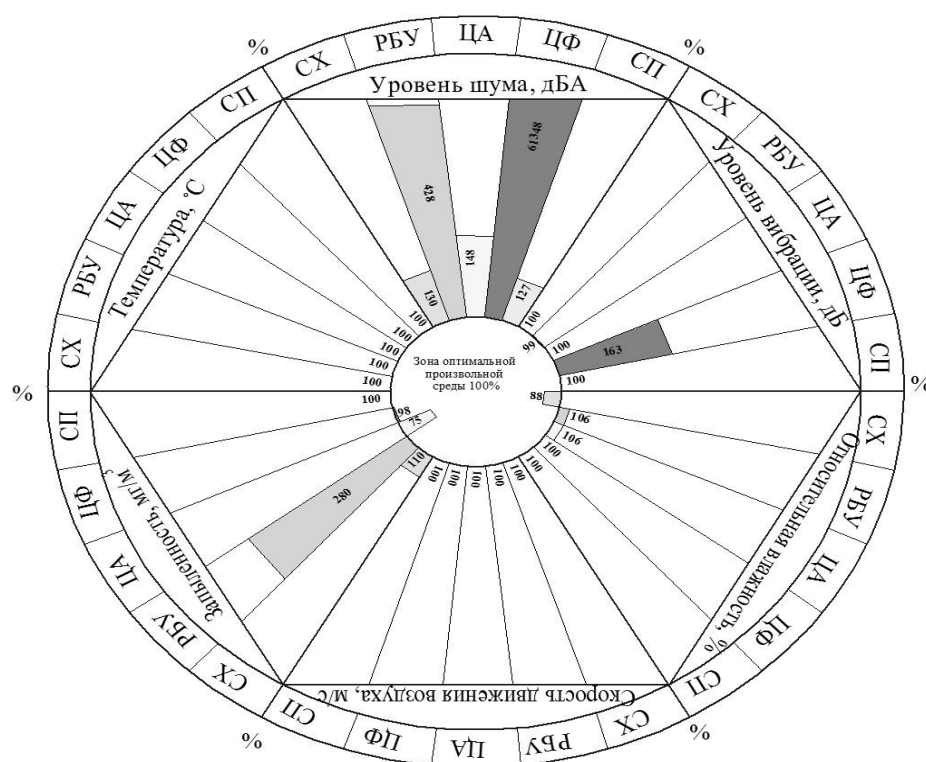


Рис. 1.2. Характеристики основных вредных производственных факторов, сопровождающих работающих на технологических постах, связанных с изготовлением сборных железобетонных изделий:

СХ – склад хранения сырья для бетонной смеси;

РБУ – цех приготовления бетонной смеси (растворобетонный узел);

ЦА – цех изготовления арматурных каркасов (арматурный цех);

ЦФ – цех формирования и обработки ЖБИ (формовочный цех);

СП – склад хранения и выдачи готовой продукции

Приведенная на рис.1.2 гистограмма была построена следующим образом:

- окружность отсчета «Зона оптимальной производственной среды» представлена линией предельно допустимых значений исследуемых нормируемых параметров (100% от требований санитарных норм) [30 – 32];

- линии в секторах отражают процентное отличие параметра от его нормируемой величины для каждого из исследуемых цехов;

- общее процентное значение параметра для каждого из исследуемых цехов было взято как осредненное по четырем анализируемым предприятиям ЖБИ;

- величина параметра для каждого цеха было взято как осредненное значение параметра по всем рабочим местам работающих в этом цехе рабочих.

Осреднение значений параметра рассчитывалось следующим образом:

- температура ( $C^{\circ}$ ), скорость движения воздуха (м/с) и запыленность ( $мг/м^3$ ) определялись как среднее арифметическое значений, измеренных на идентичных рабочих местах различных предприятий;

- значения относительной влажности (%) были получены как среднее арифметическое абсолютных значений влажности, измеренных на рабочих местах с последующим переводом в относительные значения по формуле

$$\varphi = \frac{100A}{P_{\max}}, \%,$$

где  $\varphi$  – относительная влажность, %;

$A$  – абсолютная влажность,  $мг/м^3$ ;

$P_{\max}$  – упругость водяного пара при соответствующей температуре,  $мг/м^3$ ;

Процентное отличие влажности от требований санитарных норм определялось также по значениям абсолютной влажности.

- величины уровней шума были получены как среднее арифметическое значений интенсивностей звуковой энергии, соответствующих уровням, измеренным на рабочих местах, с последующим переводом в уровни шума по формулам:

$$L = 10 \lg \frac{I}{I_0}, \text{ дБА}; \quad I = 10^{0,1L-12}, \text{ Вт/м}^2,$$

где  $L$  – уровень шума, дБА;

$I$  – интенсивность звуковой энергии, Вт/м<sup>2</sup>;

$10^{0,1L-12}$  – пороговое значение интенсивности звуковой энергии, равное  $10^{-12}$  Вт/м<sup>2</sup>;

Процентное отличие шумовых характеристик от требований санитарных норм [31] было определено также по значениям интенсивности звуковой энергии.

– величины уровней вибрации были получены как среднее арифметическое значений виброскорости, соответствующих уровням, измеренным на рабочих местах, с последующим переводом в уровни вибрации по формулам:

$$L_v = 20 \lg \frac{V}{V_0}, \text{ дБ}; \quad V = 10^{0,05L-7,3}, \text{ м/с},$$

где  $L_v$  – уровень вибрации по виброскорости, дБ;

$V$  – значение виброскорости, м/с;

$V_0$  – пороговое значение виброскорости, равное  $5 \cdot 10^{-8}$  м/с.

Процентное отличие уровней вибрации от требований санитарных норм [32] определялось также по виброскорости.

Проведенный анализ показал, что преобладающим вредным фактором в цехах предприятий по производству ЖБИ является шум (рис.1.2), параметры интенсивности звуковой энергии которого превышают требования санитарных норм более чем на 100%.

Таким образом, шум является основным вредным производственным фактором на предприятиях ЖБИ и больше всего его воздействию подвержены рабочие цеха формования и обработки железобетонных изделий (формовочный цех).

### 1.3. Основные источники шума в формовочных цехах заводов ЖБИ и их характеристики

В процессе выявления основных источников шума в формовочных цехах заводов ЖБИ были проведены измерения уровней звукового давления (дБ) и уровней шума (дБА) на технологических постах, результаты измерений приведены в табл. 1.2.

Таблица 1.2

Данные измерений уровней звукового давления и уровней звука на технологических постах предприятий ЖБИ

Место измерений	Уровни звукового давления (дБ) в среднегеометрических октавных полосах частот, Гц									Уровни звука, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ОДО «Полтавтрансбуд»										
Формовочный пост: виброагрегат №1	116,0	118,0	112,0	110,5	107,0	105,5	100,0	98,0	93,5	104,5
Формовочный пост: бетоноукладчик №1	89,0	94,0	93,5	93,0	92,0	91,5	89,0	86,0	84,0	92,0
Пост разборки и сборки форм: пневматические гайковерты, ручная пневматическая шлифовальная машина	72,0	85,0	86,5	87,0	88,0	82,0	78,5	74,0	73,5	81,5
Пост сварки арматуры	79,0	86,0	84,5	84,0	83,0	82,5	80,0	76,0	74,0	82,0
Пост термообработки изделий	75,0	85,0	84,0	83,5	82,0	81,0	79,0	71,0	68,0	80,5
Склад готовой продукции	70,0	79,0	80,0	81,5	81,0	80,5	76,0	67,5	64,5	80,0
Пост формования конструкций на виброагрегате с горизонтально направленными колебаниями	93,0	102,0	96,5	93,0	89,0	91,5	83,5	79,5	77,5	91,0

## Продолжение таблицы 1.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>ООО «Завод железобетонных конструкций «Полтава»</b>										
Формовочный пост: вибраагрегат №1	112,0	119,5	110,5	105,0	102,0	98,5	96,0	90,0	84,5	99,0
Формовочный пост: бетоноукладчик №1	88,0	96,0	94,0	93,5	91,5	88,5	86,0	85,5	84,0	89,0
Пост разборки и сборки форм: пневматические гайковерты, ручная пневматическая шлифовальная машина	71,5	84,0	85,5	86,0	87,0	81,0	77,0	73,0	71,0	80,5
Пост сварки арматуры	78,0	85,0	84,5	84,0	83,5	82,0	80,0	77,0	73,0	81,0
Пост термообработки изделий	74,0	84,5	83,0	81,0	80,5	79,5	76,0	72,0	69,0	80,0
Склад готовой продукции	72,0	78,0	79,0	81,0	80,5	79,5	74,0	62,5	61,5	80,0
<b>ООО «Полтавский домостроительный комбинат»</b>										
Формовочный пост: вибраагрегат №1	98,5	112,0	107,0	102,0	101,0	96,5	89,5	86,0	84,0	97,5
Формовочный пост: бетоноукладчик №1	87,0	94,0	91,5	89,5	87,0	85,5	84,0	83,0	82,0	85,0
Пост разборки и сборки форм: пневматические гайковерты, ручная пневматическая шлифовальная машина	74,5	85,0	86,5	87,0	84,0	83,0	79,0	75,0	72,0	82,5
Пост сварки арматуры	77,5	86,0	84,0	83,0	82,5	82,0	79,0	75,0	71,0	81,5
Пост термообработки изделий	75,0	86,0	85,0	82,0	81,5	81,0	74,0	72,0	68,0	80,5
Склад готовой продукции	72,5	76,5	81,0	81,0	80,5	80,0	73,5	64,5	62,0	80,5
<b>ООО «Баловский завод железобетонных изделий»</b>										
Формовочный пост: вибраагрегат №1	106,0	118,0	109,0	105,5	103,0	101,0	97,0	91,0	88,0	101,5
вибраагрегат №2	101,0	97,0	98,0	103,0	102,0	94,5	91,5	85,8	84,5	94,0
Формовочный пост: бетоноукладчик №1	79,5	84,5	87,0	93,0	96,0	96,0	94,0	86,0	81,0	96,0
бетоноукладчик №2	79,0	83,0	86,0	87,0	90,0	93,0	95,0	97,0	89,0	94,0



Продолжение таблицы 1.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Пост разборки и сборки форм: пневматические гай- коверты, ручная пневматическая шлифовальная машина	91,0	101,0	96,5	95,5	88,0	82,0	78,5	78,0	72,0	82,5
	90,5	100,0	92,0	91,0	86,5	81,5	76,0	74,0	71,5	81,0
Пост сварки арматуры	82,0	94,0	98,0	95,5	98,0	93,5	96,0	86,0	79,5	93,0
Пост термообработки изделий	89,0	97,0	90,5	84,5	75,5	80,0	64,5	60,0	54,5	80,5
Склад готовой про- дукции	86,5	93,0	88,0	82,0	80,5	81,0	75,5	73,0	72,0	80,5

Выполненные измерения показали, что на всех рабочих постах формовочного цеха параметры шума превышают требования санитарных норм [31].

На посту подготовки форм используются пневмогайковерты, шум которых превышает требования санитарных норм на средних частотах на 3 – 9 дБ. Максимальные превышения уровней звукового давления в высокочастотном диапазоне частот достигают 13 дБ.

Использование сварочных агрегатов на посту сварки арматуры создает шумовой фон с превышением требований санитарных норм в высокочастотном диапазоне частот со среднегеометрической частотой 2000 Гц на величину до 7 дБ.

При работе бетоноукладчиков шум, сопровождающий их работу на посту формирования конструкций, превышает требования санитарных норм по всему спектру на величину до 10 дБ на низких частотах и от 2 до 8 дБ – на высоких частотах.

Но основную шумовую нагрузку дают виброагрегаты, превышая требования санитарных норм по всему спектру на величину до 10 дБ на низких частотах и от 2 до 8 дБ – на высоких частотах.

Исследования авторов И. В. Горенштейна, В. А. Евдокимова, Ю. М. Елизарова, В. И. Заборова, В. В. Сафонова и др. [2, 33 – 36] так же показали, что большинство из указанных технологических процессов в формовочных цехах сопро-

вождается излучением высоких уровней шума, который достигает по уровню 92 – 116 дБА.

Таким образом, формовочные посты с используемыми виброагрегатами являются наиболее шумными участками предприятий по производству сборных железобетонных изделий.

#### **1.4. Виброагрегаты и их основные источники шума**

Виброагрегаты являются сегодня основным оборудованием для уплотнения бетона при изготовлении сборных железобетонных изделий [37 – 41], представляя собой электромеханический агрегат, состоящий из приводов, вибраторов, соединительных валов, подвижной рамы, формы с бетонной смесью и механизмов ее крепления.

По типу колебаний виброагрегаты бывают виброударные, с круговыми колебаниями, вертикально и горизонтально направленными колебаниями [2].

Виброударные агрегаты предназначены для обеспечения более высокого качества уплотнения бетона [42 – 46]. Однако при этом они имеют ряд недостатков, что не позволило им пока найти широкое применение в промышленности, а именно большие динамические нагрузки на элементы установки и фундамент, повышенные требования к прочности форм и устройств для их крепления.

Виброагрегаты с круговыми колебаниями являются наиболее простыми по конструкции, но длительная эксплуатация позволила выявить целый ряд недостатков [47 – 51], что ограничивает их применение в случае уплотнения пластичных бетонных смесей.

В настоящее время основными типами машин для уплотнения бетона на заводах ЖБИ являются виброагрегаты с вертикально и горизонтально направленными колебаниями.

Эффективность вертикальных колебаний при формовании жестких бетонных смесей выше, чем круговых и горизонтально направленных [50, 52, 53].

Однако эти виброагрегаты имеют высокий уровень вибрации, передаваемый на фундамент, и значительный уровень шума [54, 55].

Шум виброагрегата с горизонтально направленными колебаниями на всех частотах на 10 – 15 дБ ниже уровней звукового давления, создаваемых виброагрегатами с вертикально направленными колебаниями [56].

Виброагрегаты с вертикально направленными колебаниями, в зависимости от технологических требований, устанавливают на различных отметках по отношению к уровню пола цеха (рис. 1.3) [2].

Анализ спектра шума, создаваемого виброагрегатами (см. рис. 1.3), показал, что наибольшие уровни звукового давления генерируют виброагрегаты, установленные на уровне пола цеха. На низких частотах уровни достигают 116 дБ, на высоких частотах – 98 дБ. Наименьший уровень зарегистрирован при расположении верхней плоскости (рис. 1.3, в) виброагрегата в уровень пола. В этом случае уровни звукового давления на низких частотах снижаются незначительно – до 3 дБ, а на высоких частотах – на 20 дБ и более (рис. 1.4).

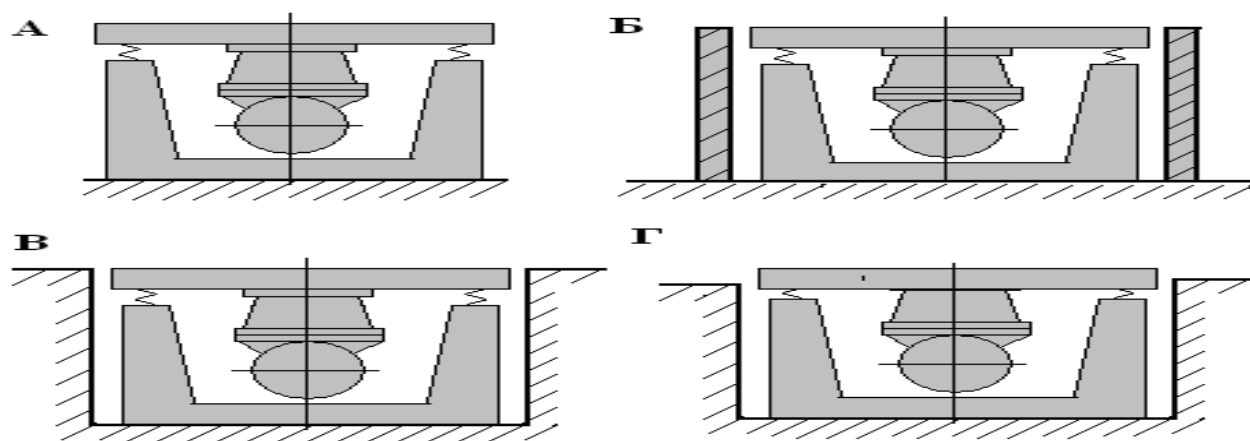


Рис. 1.3. Схемы размещения виброагрегата по отношению к уровню пола:  
 А – на уровне пола; Б – на уровне пола в звукоизолирующем кожухе; В – в приямке, с уровнем верхней части виброагрегата с уровнем пола; Г – в приямке, с уровнем верхней части несколько выше уровня пола

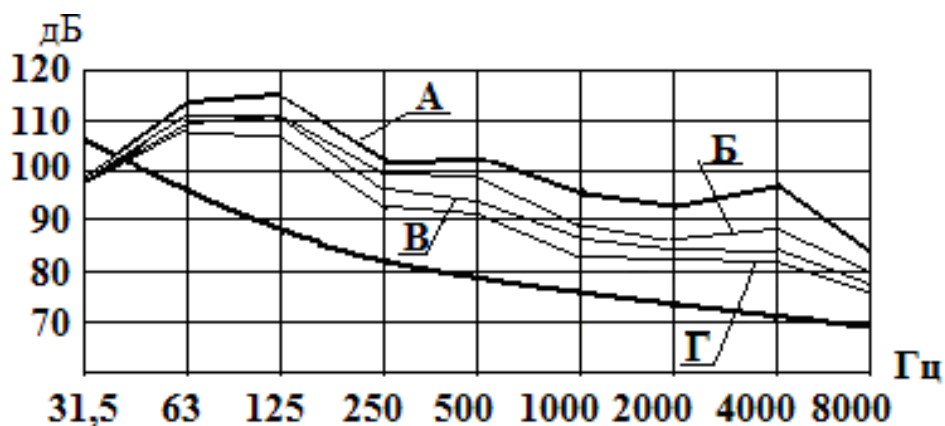


Рис. 1.4. Спектры шума, создаваемые виброагрегатами с различными схемами их установки (согласно рис. 1.3)

Источниками шума являются вибрирующие узлы виброагрегата (металлические конструкции подвижной рамы и формы, вращение дисбалансов и карданных валов, соударений в подшипниках качения, работа электродвигателя и синхронизатора и др.).

Величина генерируемого виброагрегатом шума зависит от:

- технического состояния (прихватывающих электромагнитов, других механических креплений форм);
- конструктивных особенностей креплений;
- недостаточной толщины или отсутствия якорных плит на форме;
- интенсивности соударений между незакрепленной формой и подвижной рамой (при отсутствии крепления);
- характера и частоты колебаний подвижной рамы;
- величины амплитуды колебаний;
- соударений между частями формы, которые по принятой технологии в процессе вибрирования не соединяются в единое целое (пустотообразователей, пригрузов);
- величины загруженности (отсутствие, частичная, полная) бетоном формы.

Основными источниками шума работающего виброагрегата с вертикально направленными колебаниями при жестком технически исправном креплении форм являются:

- колебания формы с бетоном на частоте вибрирования;
- изгибные колебания металлических конструкций подвижной рамы и формы;
- изгибные колебания корпусов вибраторов под действием соударений в подшипниках качения;
- пульсация и завихрения воздуха, связанные с вращением дебалансов и карданных валов;
- привод площадки (электродвигатель и синхронизатор) [2].

### **1.5. Нормирование шума на постоянных рабочих местах**

Все нормативы, касающиеся уровней шума на рабочих местах, устанавливают верхнюю границу эквивалентного уровня шума в диапазоне 80 – 90 дБА для восьмичасовой рабочей смены. Данная граница определена исходя из рекомендаций международного стандарта ISO 1999:2013 [57].

Европейская директива 2003/10/ЕС [58] устанавливает предельно допустимый эквивалентный уровень шума на рабочих местах для восьмичасовой рабочей смены в 87 дБА.

Во Франции, Швеции, Норвегии, Испании и Новой Зеландии соответствующий предельно допустимый уровень составляет 85 дБА, тогда как в США он равен 90 дБА.

В Украине и Нидерландах предельно допустимый эквивалентный уровень шума на постоянных рабочих местах составляет 80 дБА.

Нормативные документы, регламентирующие допустимые уровни звука и звукового давления для различных категорий рабочих мест, служебных помещений и территорий населенных мест в Украине приведены в [31, 59, 60].

Производственные шумы имеют различные спектральные, временные и частотные характеристики, которые определяют степень их воздействия на организм человека. По этим признакам шумы подразделяют на несколько видов (табл. 1.3).

Таблица 1.3

## Классификация шумов

Классификатор	Вид шума	Характеристика шума
По характеру спектра шума	широкополосный	Непрерывный спектр шириной более одной октавы
	тональный	В спектре имеются явно выраженные дискретные тона
По временным характеристикам	постоянный	Уровень звука за 8-часовой рабочий день изменяется не более чем на 5 дБА
	непостоянный	Уровень звука за 8-часовой рабочий день изменяется более чем на 5 дБА
	колеблющийся во времени	Уровень звука непрерывно изменяется во времени
	прерывистый	Уровень звука изменяется ступенчато не более чем на 5 дБА, длительность интервала 1с и более
	импульсный	Состоит из одного или нескольких звуковых сигналов, длительность интервала меньше 1с
По частотным характеристикам	низкочастотный	до 400 Гц;
	среднечастотный	до 400 – 1000 Гц;
	высокочастотный	больше 1000 Гц

При оценке состояния шума в цехах, изготавливающих сборные железобетонные изделия, измеренную частотную характеристику оборудования сравнивают с кривой санитарных норм [31].

По характеру излучаемого виброагрегатами спектра, шум исследуемых цехов относится к *широкополосному*.

Значения допустимых уровней шума в значительной степени зависят от времени их воздействия на работников цеха. В формовочных цехах обычно располагается два и более виброагрегата. Общая продолжительность их работы более 4 часов в смену. По временным показателям, с изменением уровня звука в течение 8 часов более чем на 5 дБ, шум относится к *непостоянным*.

Широкополосный непостоянный шум формовочных цехов считается допустимым, если его уровни не превышают представленного спектра в п.5, табл. 2 [31]. Величины предельно допустимого шума представлены на рис.1.5.

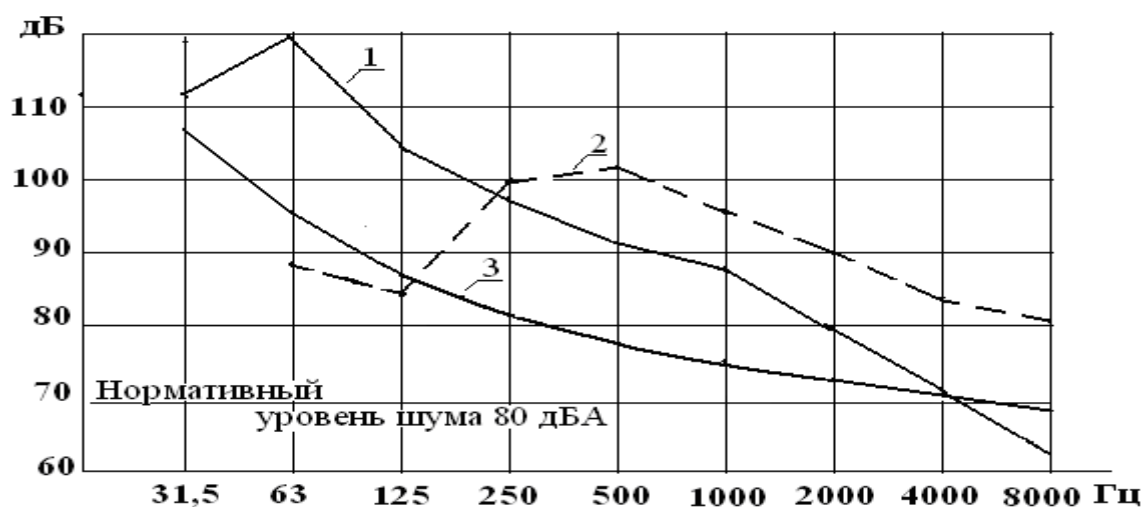


Рис. 1.5. Предельно допустимые уровни и спектры шума виброагрегата СМ 476Б:  
1 – установленного на одном уровне с полом цеха; 2 – установленного выше уровня пола цеха; 3 – нормативная кривая, согласно [31]

## **1.6. Анализ существующих методов и средств борьбы с шумом на заводах, изготавливающих сборные железобетонные изделия**

Наиболее активный подход к снижению шума на производстве, согласно программе «Покупай тишину», существует в Европе. В 1985 году 12 стран – членов Европейского Экономического Сообщества (ЕС) – теперь Европейского Союза (EU) приняли Директивы «Новый подход», разработанные для более широкой номенклатуры технологического оборудования и механизмов, чем индивидуальные стандарты для каждого вида оборудования. К концу 1994 года было принято три Директивы «Новый подход», которые содержат требования к уровням шума на производстве. Это Директивы: Директива 89/392/ЕЕС, Директива 89/106/ЕЕС, Директива 89/686/ЕЕС.

Перечисленные документы обязывают изготовителей оборудования включать мероприятия по снижению шума как неотъемлемую часть общей безопасности машин и механизмов. Основная цель этих мер состоит в том, что все машины и оборудование, продаваемые в пределах Европейского Союза, по шумовым характеристикам должны удовлетворять основные требования санитарных норм. В результате производители, заинтересованные в европейском рынке сбыта, сделали одним из основных требований к качеству выпускаемой продукции проектирование «малозащитного» оборудования.

В этих же целях в США ANSI издал стандарт ANSI S12.16: Руководство по спецификации нового оборудования по шуму (1992), и приняты государственные программы охраны слуха работников на производстве, которые в совокупности с другими программами по охране труда способствуют соблюдению «культуры безопасности» на производстве [61].

Основой для успешной борьбы с шумом является изучение законов его распространения, образования звуковых зон, прогнозирования тех или иных особенностей шумообразования в заданных условиях. Итогом такой работы является построение карт шума.



Сегодня достаточно глубоко изучены законы распространения звука на свободных территориях, территориях застройки населенных мест [62 – 72] и др. Существуют методики расчета звуковых полей и прогнозирования шумового режима автомобильного, рельсового, авиационного, водного транспорта, внутриквартальных источников, промышленных и коммунальных предприятий, объектов строительства [62, 63, 73 – 80] и др.

По этим методикам строятся карты шума, на основании которых разрабатываются проекты шумозащиты.

Для борьбы с шумом на производстве и городских территориях сегодня известны и успешно применяются различные методы и средства [2, 36, 62 – 67, 81 – 89 и др.].

В систему, которая исследуется при выборе методов и средств борьбы с шумом, входят три главных элемента:

- источник шума (оборудование, которое генерирует шум);
- пути передачи шума (среда, которая передает звуковую энергию к защищаемому объекту);
- защищаемый объект (человек, подверженный воздействию шума).

Для получения желаемого результата шум следует снижать во всех звеньях этой цепи.

Борьба с шумом представляет собой деятельность, направленную на снижение его до уровня, отвечающего требованиям санитарных норм.

Условно все средства защиты от шума подразделяются на коллективные и индивидуальные.

*Коллективные средства* защиты от шума предназначены и используются на предприятиях для ослабления его действия на рабочих местах. По отношению к источнику шума все средства коллективной защиты можно подразделить на следующие направления:

- снижение шума в источнике возникновения;
- уменьшение шума на пути его распространения (от источника шума до объекта защиты).

Наиболее перспективным направлением является **борьба с шумом в источнике его возникновения** за счет создания малошумного оборудования и его совершенствования с акустической точки зрения. Поэтому технически обоснованное ограничение шумовых характеристик машин непосредственно как источников шума имеет первостепенное значение.

Первые исследования по снижению шума в источнике его возникновения на заводах ЖБИ выполнялись: И. В. Горенштейном и В. И. Заборовым [90 – 92], Ю. М. Елизаровым [93], В. В. Сафоновым [56, 94], С. А. Осмаковым [95] и др.

Значительно снизить шум машины можно, используя следующие рекомендации:

- замена ударных процессов безударными;
- замена возвратно-поступательного движения равномерным вращательным;
- замена прямозубых шестерен косозубыми, шевронными, червячными передачами;
- тщательная статическая и динамическая балансировка движущихся деталей и механизмов;
- применение принудительной смазки трущихся поверхностей;
- сокращение допусков при изготовлении деталей агрегата для уменьшения люфтов в сочленениях;
- замена подшипников качения подшипниками скольжения;
- применение незвучных материалов (чугун, сплавы с присадками, пластмассы, стеклопластики и др.) для изготовления деталей машин;
- облицовка поверхностей вибрирующих деталей специальными вибропоглощающими материалами (специальными пластмассами и мастиками, свинцом, волокнистыми материалами на битумной основе и др.);
- использование виброизолирующих прокладок (резиновые манжеты и сайлент-блоки) в сочленениях;
- для передачи усилий использование эластичных муфт и пружин, выполняющих роль механических фильтров;

– в кинематических цепях предусматривать промежуточные звенья, гасящие вибрации при передаче крутящего момента (шестерни из капрона, текстолита, резины) и пр.

Если перечисленные выше меры глушения шума в источнике недостаточны или их осуществление технически невозможно, то снижение шума до допустимых значений должно осуществляться на пути его распространения.

**Борьба на пути распространения шума включает в себя:**

– **планировочные** мероприятия – используются для ограничения распространения шума на другие рабочие места. Для этого источники шума располагают в отдельных помещениях. В цехах заводов ЖБИ этот метод имеет ряд ограничений, где технологический цикл изготовления железобетонных изделий происходит в одном помещении, с отсутствием возможностей размещения каждого из циклов (сборка арматурных каркасов, сборка форм, укладка бетонной смеси, термообработка, складирование конструкций и пр.) в отдельном помещении. Шумовой режим в каждом помещении зависит от звукоизолирующей способности ограждающих конструкций;

– **звукоизоляция** отдельных машин и рабочих мест. Технические возможности этого метода борьбы с шумом весьма велики. Заключение излучающего шум виброагрегата в звукоизолирующий кожух позволяет создать на рабочем месте более благоприятные санитарно-гигиенические условия.

Величину снижения шума за счет использования кожуха можно определить ориентировочно по формуле [96]

$$\Delta L_k = 10 \lg \left( 1 + \alpha_{cp} 10^{0,1R} \right), \text{ дБ},$$

где  $\Delta L_k$  – величина снижения уровня шума при помощи кожуха, дБ;

$\alpha_{cp}$  – усредненный коэффициент звукопоглощения всех внутренних поверхностей кожуха;

$R$  – звукоизолирующая способность конструкции кожуха, дБ.

Исследованием и внедрением звукоизолирующих кожухов на заводах строительной индустрии занимались Л. Н. Клячко [96], Ю. М. Заборов, В. Н. Никольский [97, 98], Ю. М. Елизаров [93, 99].

Наиболее распространены конструкции кожухов (рис.1.6) из листового металла, с ребрами жесткости и с облицовкой внутренней поверхности эффективными звукопоглощающими материалами (минеральной ватой, мягкими древесностружечными плитами и др.). Весьма эффективны конструкции двойных (с воздушной прослойкой) и многослойных кожухов. Использование звукоизолирующего кожуха позволяет снизить шум виброагрегата (без формы с уплотняемым бетоном) на 2 – 10 дБ на низких частотах, до 20 дБ на высоких частотах (рис.1.7) [96, 99]. Кожухи должны иметь виброизоляцию от вибрирующего основания, а также вентиляционные отверстия и съемные крышки для облегчения доступа к деталям агрегата [96, 99].

Звукоизоляционными кожухами можно лишь частично уменьшить шум вибрирующего агрегата, так как верхнюю и боковые его части из-за технологических особенностей (укладки, разравнивания и уплотнения бетона) сверху закрыть технически не возможно;

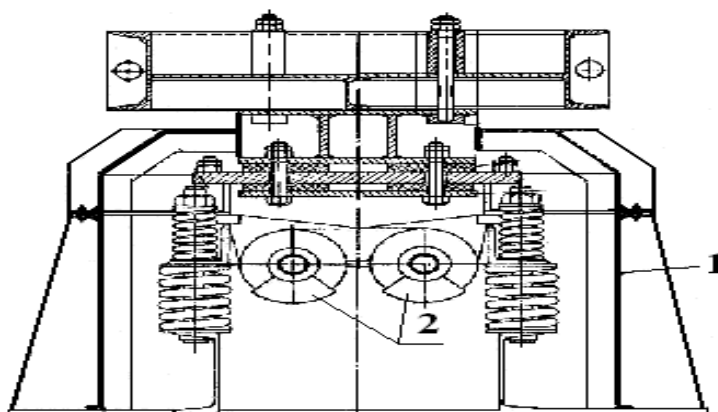


Рис.1.6. Виброагрегат СМ-865 со звукоизолирующим кожухом:

1 – звукоизолирующий кожух; 2 – вибраторы

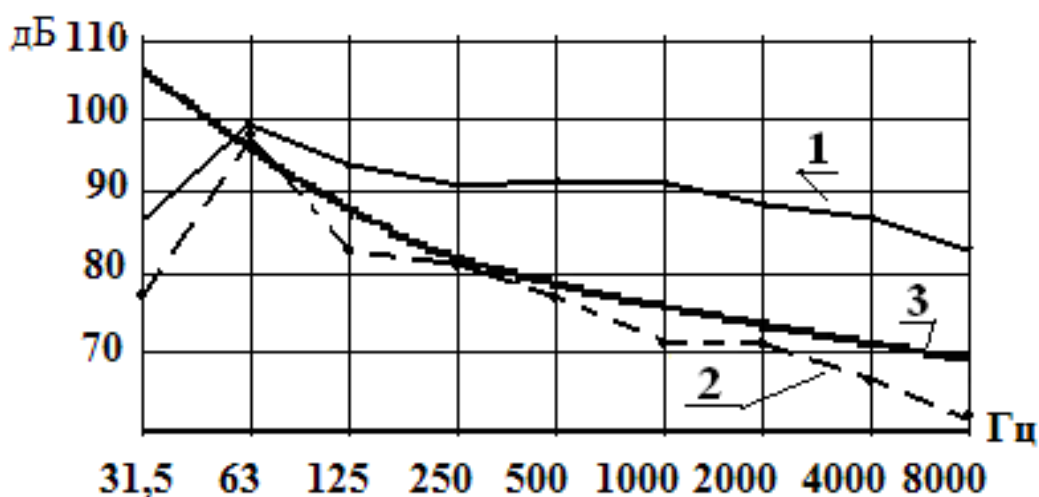


Рис.1.7. Спектр шума виброагрегата СМ-865 со звукоизолирующим кожухом (без формы):

- 1 – без звукоизолирующего кожуха; 2 – со звукоизолирующим кожухом;  
3 – нормативная кривая, согласно [31]

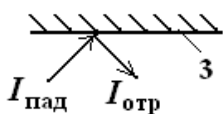
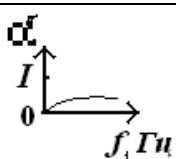
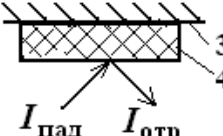
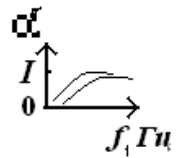
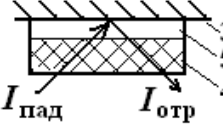
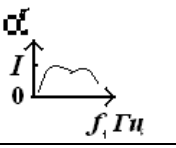
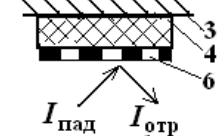
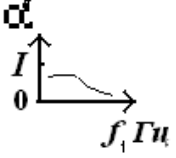
– **звукопоглощение** в виде облицовки или штучных поглотителей шума.

Звукопоглощение используется для снижения отраженного шума. Чем выше коэффициент звукопоглощения ( $\alpha$ ), тем меньшая часть энергии отражается от поверхности. Коэффициент звукопоглощения зависит как от ограждающих свойств поверхности, так и от свойств материала, который ее покрывает. Виды и типы используемых на заводах ЖБИ отражающих и поглощающих конструкций, а также свойства их звукопоглощения представлены в табл. 1.4 [100].

Таблица 1.4

Виды и типы отражающих и поглощающих конструкций

Конструкция (элемент)	Схем	Обозначения на стенке	Частотная зависимость коэффициента $\alpha$
1	2	3	4
Открытый проем		1 – ограждение 2 – проем	

1	2	3	4
Гладкая отражающая		3 – гладкая жесткая отражающая поверхность	
Звукопоглощающая облицовка		4 – звукопоглощающий материал	
Звукопоглощение на отnose		5 – воздушный промежуток	
Звукопоглощение с перфорацией		6 – перфорированное покрытие	

Использование штучных звукопоглотителей, устанавливаемых над источником шума, позволяет уменьшить шум на высоких частотах на 3 – 9 дБ (рис.1.8);

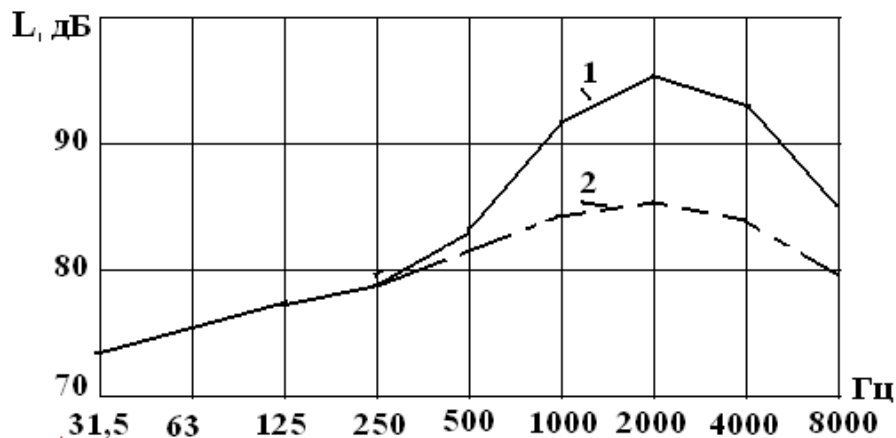


Рис.1.8. Уменьшение шума в цехе за счет штучных звукопоглотителей:

1 – уровни звукового давления в цехе без применения штучных звукопоглотителей; 2 – уровни звукового давления в цехе с применением штучных звукопоглотителей

– **экранирование** [99 – 101] – установка экранов между источником шума и рабочим местом способна лишь уменьшить энергию прямой звуковой волны. Так

как излучаемые виброагрегатом уровни звукового давления до 125 дБ расположены в низкочастотной полосе спектра (50 – 125 Гц), которая имеет большую длину звуковой волны, способную дифрагировать за препятствия (экран) с очень малыми энергопотерями, то шум, распространяемый за экраном на низких частотах, практически не снижается. Для его снижения необходимы экраны с геометрическими размерами, существенно превышающими длины волн низких частот. Длины звуковых волн, распространяющихся в воздушной среде с частотой от 63 до 250 Гц, находятся в пределах 1,5 – 5,0 м;

– **глушители шума** используются для снижения шума аэродинамического происхождения, распространяющегося по вентиляционным каналам [56, 82, 100, 102].

По принципу снижения шума глушители делятся на глушители активного (рис.1.9, а) и реактивного (рис.1.9, б) принципов действия.

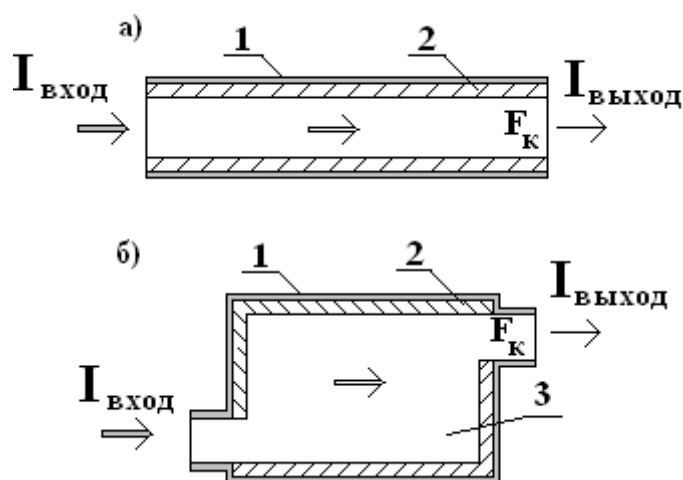


Рис.1.9. Принцип действия глушителей шума: а – активный; б – реактивный.

1 – кожух; 2 – звукопоглощающий материал; 3 – камера

Снижение шума в глушителях активного принципа действия достигается за счет поглощения, проходящей в канале звуковой энергии звукопоглощающим материалом. В реактивных глушителях поглощение шума происходит благодаря об-

разованию «волновой пробки», затрудняющей его прохождение на некоторых частотах вследствие влияния массы и упругости воздуха в камерах глушителя.

$$L = 10 \lg \frac{A}{F_k}, \text{ дБ},$$

где  $A$  – величина суммарного поглощения внутренней облицовкой камеры;

$F_k$  – площадь выходного канала.

Выходящая звуковая энергия из канала распространяется в окружающую среду. Для уменьшения выходящего шума используется устанавливаемый на выходе из канала, экранный глушитель (рис.1.10).

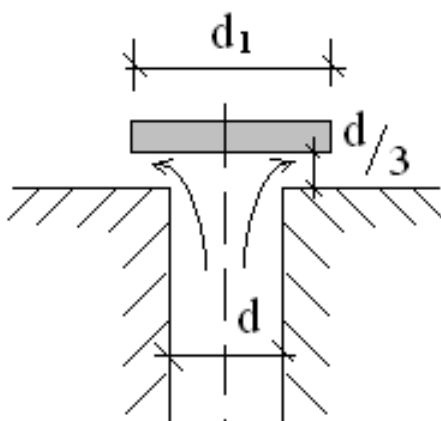


Рис.1.10. Экранный глушитель шума

В тех случаях, когда техническими средствами не удастся снизить шум до допустимых пределов, применяют индивидуальные средства защиты.

**Средства индивидуальной защиты (СИЗ)** от шума используются персонально, и их главное назначение – перекрыть основной канал проникновения звука в слуховой анализатор человека. Цель применения СИЗ – предупредить ухудшение или расстройство функционирования не только органов слуха, но также нервной и других жизненно важных систем человеческого организма, подвергающихся вредному воздействию шума [103].

Наиболее простым средством защиты от шума (рис.1.11) является тампон из ваты или ультратонкого волокна и беруши (заглушки). Более эффективными средствами считаются противозумные наушники, снижающие шум от 5 до



10 дБА. В случаях, если интенсивный шум сопровождает работу на строительной площадке, где без каски работать запрещено, используют противозумные каски [2, 3].

Использование средств индивидуальной защиты снижает шум до требований санитарных норм, но при этом основной недостаток их заключается в том, что ношение большинства из этих средств связано с неудобствами для рабочего: применение внутренних антифонов иногда приводит к головной боли и ослабляет слух.

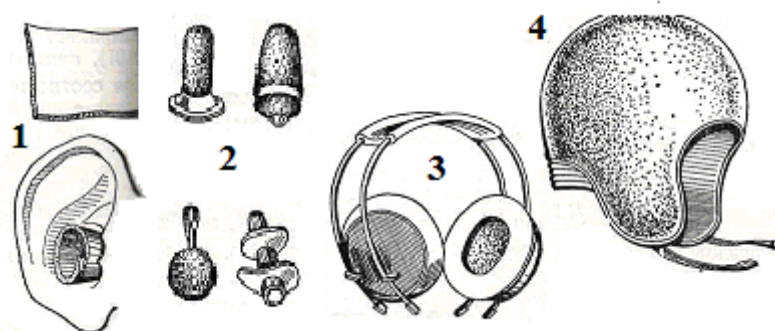


Рис. 1.11. Средства индивидуальной защиты от шума:

- 1 – ультратонкое волокно (вкладыш); 2 – заглушки; 3 – наушники;  
4 – противозумная каска

Проведенный обзор существующих методов и средств борьбы с шумом показывает высокий уровень изучения проблемы снижения шума на рабочих местах обслуживающего персонала предприятий по производству ЖБИ. Однако анализ условий труда на предприятиях ЖБИ по фактору шума показывает недостаточную их акустическую эффективность.

Так снижение шума в источнике его возникновения (усовершенствование машин и механизмов, технологического оборудования) предусматривает переконструирование машин, что требует больших капитальных затрат.

Планировочные мероприятия включают в себя размещение технологического оборудования и рабочих мест с учетом требований обеспечения акустического комфорта, основным недостатком этого направления является возможность его применения только для проектируемого или реконструируемого предприятия.

Применение звукоизоляции и экранирования на предприятиях по производству ЖБИ, а именно устройство звукоизоляционных кабин, кожухов и перегородок, не технологично, поскольку процесс уплотнения бетона в цехах формовки проводится на нескольких постах одновременно, находится под постоянным визуальным контролем формовщиков и положение бетонной смеси в форме корректируется.

Звукопоглощающие облицовки и штучные поглотители могут эффективно использоваться только в небольших помещениях чистых производств, а предприятия по производству ЖБИ к ним не относятся.

Глушители шума различных конструкций в настоящее время применяются лишь для снижения шума аэродинамического происхождения, на предприятиях ЖБИ имеет место шум механический.

Все вышесказанное показывает, что методы и средства борьбы с шумом на предприятиях по производству ЖБИ требуют дальнейших исследований с применением комплексного подхода в этом вопросе.

При этом снижение шума в источнике его возникновения представляется наиболее перспективным с позиции использования на действующих предприятиях строительной индустрии.

Таким образом, целью диссертационных исследований является улучшение условий труда на предприятиях по производству ЖБИ путем комплексного подхода к снижению шума работающих виброагрегатов.

Для достижения поставленной цели необходимо:

- разработать и теоретически обосновать комплекс шумозащитных мероприятий применительно к формовочным цехам предприятий по производству ЖБИ;

- выполнить экспериментальные исследования для определения акустической эффективности предлагаемых в работе мероприятий;

- определить производственный риск от воздействия повышенных уровней шума на рабочем месте формовщиков, в рабочей зоне цеха до применения комплекса шумозащитных мероприятий и после;

– определить экономический эффект от снижения шума на рабочем месте формовщика после внедрения диссертационных разработок.

### **1.7. Выводы по разделу 1**

1. Статистические данные по профессиональной заболеваемости в Украине показали, что среди отраслей промышленности по числу профессиональных заболеваний строительство занимает третье место. Это послужило причиной выбора отрасли диссертационных исследований.

2. Проведенный анализ условий труда на предприятиях по производству ЖБИ Днепропетровской и Полтавской областей показал, что преобладающим вредным фактором в цехах этих предприятий является шум и больше всего его воздействию подвержены рабочие формовочного цеха.

3. Проведенные натурные измерения уровней звукового давления и уровней шума на технологических постах формовочных цехов предприятий по производству ЖБИ указали, что основным источником шума в этих цехах является шум, излучаемый виброагрегатами.

4. Обзор существующих методов и средств борьбы с шумом на предприятиях по производству ЖБИ подтверждает, что известные сегодня методы и средства борьбы с шумом не имеют достаточной эффективности, поэтому требуются совершенствование и разработка новых комплексных подходов.

5. Определены задачи диссертационных исследований, к которым относятся разработка, теоретическое обоснование и экспериментальное подтверждение комплекса шумозащитных мероприятий применительно к формовочным цехам предприятий по производству ЖБИ для улучшения условий труда на них с дальнейшим определением уменьшения производственного риска от воздействия повышенных уровней шума на рабочем месте формовщиков, в рабочей зоне цеха до применения комплекса шумозащитных мероприятий и после.

## РАЗДЕЛ 2

### СНИЖЕНИЕ ШУМА ВИБРОАГРЕГАТА ЗА СЧЕТ ДЕМПФИРОВАНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ ЕГО ПОВЕРХНОСТЕЙ

#### 2.1. Теоретические исследования по снижению шума демпфированием механических колебаний

На заводах железобетонных изделий в основу технологического процесса при уплотнении бетонной смеси для набора будущими железобетонными конструкциями прочностных качеств положено вибрирование [2], т.е. передача механических колебаний на бетонную смесь для уплотнения смеси и формообразования изделия [104, 105].

Распространение вибраций от места их возникновения в механизме к наружным поверхностям происходит по корпусу, главным образом, за счет изгибных колебаний конструкций. Благодаря тому, что колеблющаяся деталь соприкасается с окружающим воздухом, последний приводится к соколебаниям, в результате чего возникает шум [106]. Уровень излучаемого в помещении шума пропорционален квадрату колебательной скорости вибрирующей поверхности [107].

Уменьшение колебаний частей механизмов, согласно данным работ [85, 108 – 116], может быть достигнуто двумя путями:

- ослаблением колебаний за счет внесения в систему дополнительных упругих элементов, т.е. виброгашением;
- уменьшением вибрации путем увеличения потерь энергии в системе, т.е. демпфированием поверхностей механизмов.

Конструкции виброагрегатов выполняют из материалов с малыми потерями на внутреннее трение. Они имеют большое число резонансов, и применение упругих элементов окажется не эффективным [85]. Поэтому для снижения вибрации и, как следствие, шума от виброагрегатов предлагается использовать демпфиро-

ние, т.е. покрытие вибрирующих поверхностей вибродемпфирующими материалами.

Эффективность действия демпфирующих покрытий наблюдается на резонансных частотах несущей металлической конструкции. Акустический эффект покрытий основан на введении дополнительного затухания в элементы конструкции, вследствие чего амплитуды бегущих и стоячих волн в конструкциях уменьшаются [117 – 119].

В настоящее время применяется несколько типов демпфирующих покрытий, которые различаются по характеру происходящих в них деформаций вязкоупругого материала, т.е. подразделяются на жесткие и мягкие покрытия.

К жестким покрытиям относятся твердые пластмассы с динамическими модулями упругости, равными  $10^4 - 10^5 \text{ Н/см}^2$ . Действие этих демпфирующих покрытий обусловлено их деформациями в направлении, параллельном рабочей поверхности, на которую оно наносится. Ввиду относительно большой жесткости, они вызывают сдвиг нейтральной оси вибрирующего элемента машины при колебаниях изгиба. Действие подобных покрытий проявляется главным образом на низких и средних звуковых частотах. Иногда твердые вибропоглощающие материалы применяются в виде комплексных систем (мастик), состоящих из полимеров, пластификаторов, наполнителей. Каждый компонент придает поглощающему слою определенные свойства.

К мягким покрытиям относятся мягкие резины и пластмассы, битумизированный войлок, мастики и др. с динамическим модулем упругости порядка  $10^3 \text{ Н/см}^2$ . Затухание колебаний металлических конструкций при нанесении на них таких покрытий обусловлено деформациями покрытия по толщине. Поэтому мягкие покрытия при равной толщине с твердыми покрытиями более эффективно работают на высоких частотах [120 – 122].

Известно, что снижение уровня колебательной скорости при нанесении демпфирующего слоя в условиях резонанса определяется по формуле

$$20 \lg \frac{\xi_{01}}{\xi_{02}} = 20 \lg \frac{\eta_2}{\eta_1},$$

где  $\xi_{01}$ ,  $\eta_1$  – колебательная скорость и коэффициент механических потерь вибрирующей поверхности до нанесения демпфирующего слоя;

$\xi_{02}$ ,  $\eta_2$  – колебательная скорость и коэффициент механических потерь вибрирующей поверхности при наличии демпфирующего слоя.

Известно, что снижение уровней звукового давления определяется как

$$\Delta L = 20 \lg \frac{\xi_{01}}{\xi_{02}} = 20 \lg \frac{P_1}{P_2}, \text{ дБ},$$

где  $P_1$  – уровень звукового давления до нанесения демпфирующего слоя;

$P_2$  – уровень звукового давления при наличии демпфирующего слоя.

Следовательно, уменьшение уровня звукового давления в окружающей среде при нанесении на указанные поверхности демпфирующего слоя можно определить из выражения

$$\Delta L = 20 \lg \left( \frac{\xi_{01}}{\xi_{02}} \right) = 20 \lg \left( \frac{\eta_2}{\eta_1} \right), \text{ дБ}.$$

Формула получена на основании того, что потери в системе пропорциональны колебательной скорости.

Снижение уровней резонансных колебаний металлических конструкций при облицовке их демпфирующим слоем рекомендуется рассчитывать по формуле

$$\Delta L = 20 \lg \left( \frac{\eta_1 + \eta_2}{\eta_1} \right), \text{ дБ}.$$

При этом коэффициент механических потерь вибрирующей поверхности при наличии демпфирующего слоя определяется

$$\eta_2 = \eta_3 \cdot a \cdot \varphi(b) \quad (2.1)$$

при 
$$a = \frac{E_n}{E_m}, \quad b = \frac{h_n}{h_m},$$

где  $\eta_3$  – коэффициент механических потерь в демпфирующем слое;

$E_n, E_m$  – модули упругости покрытия и металлической конструкции;

$h_n, h_m$  – толщина покрытия и металлической конструкции.

Из выражения (2.1) видно, что коэффициент потерь  $\eta_2$  металлической конструкции, покрытой демпфирующим слоем, пропорционален коэффициенту потерь  $\eta_3$  этого слоя, умноженному на модуль упругости материала покрытия  $E_n$ .

Зависимость отношения  $\frac{\eta_2}{\eta_3}$  в функции аргумента  $b$  и параметра  $a$  приведена на рис. 2.1 [123].

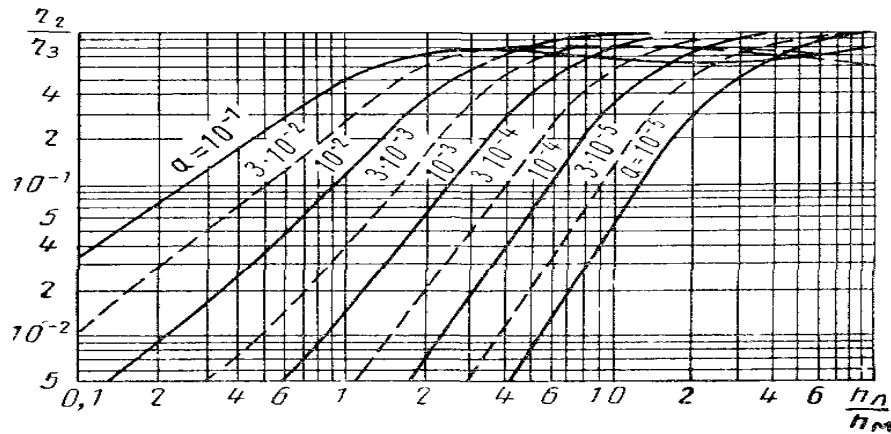


Рис. 2.1. Зависимость  $\frac{\eta_2}{\eta_3}$  от толщины и модуля упругости материала

Из рис. 2.1 видно, что при больших значениях  $a$  и  $b$  отношение  $\frac{\eta_2}{\eta_3}$  стремится к единице, т.е.  $\eta_2 \rightarrow \eta_3$ .

При распространении в металлической конструкции изгибных волн нанесенное на нее твердое вибропоглощающее покрытие подвергается деформации сжа-

тия и растяжения, величины которых по толщине покрытия возрастают с удалением от нейтрального сечения пластины (рис. 2.2).

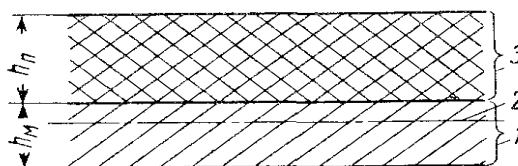


Рис. 2.2. Схема размещения нейтрального сечения (2) при нанесении на металлический лист (1) вибропоглощающего слоя (3)

Наибольший прирост  $\eta$  при изменении  $b$  происходит до значения  $b = 3 \div 5$ , поэтому увеличение слоя демпфирующего покрытия свыше этой толщины нецелесообразно. Практически толщину слоя вибропоглощающего материала берут не более 2 – 3 толщин демпфируемой поверхности. В связи с этим для твердых покрытий используют выражение

$$\eta_2 \approx \eta_3 \cdot \frac{E_n}{E_m} \left( \frac{h_n}{h_m} \right)^2.$$

Из вышеизложенного видно, что целесообразность применения демпфирования для подавления шума промышленных установок обосновывается величиной уровней колебательной скорости, размерами вибрирующих поверхностей и толщиной слоя вибропоглощающего покрытия [118, 123 – 126].

Виброагрегаты для уплотнения бетонной смеси при формировании ЖБИ имеют достаточные размеры вибрирующей поверхности и высокие уровни колебательной скорости [107], поэтому нанесение демпфирующего материала может значительно снизить вибрацию агрегатов и, как следствие, уменьшится шум, поступающий на рабочее место формовщика, в помещение цеха, на территорию предприятия и прилегающую городскую территорию.

В настоящее время демпфирование применяется лишь к тонким (листовым) материалам и элементам [127], то есть для вибропоглощения в слышимом диапа-



зоне частот поверхностей, площади которых несоизмеримо больше их толщины. К таким элементам относятся кожухи, оболочки, тонкие экраны, перегородки, переборки и пр. Для них справедливы вышеуказанные теоретические обоснования в нанесении слоя демпфирующих покрытий в 2 – 5 раз больше толщины металлической конструкции. В связи с тем, что толщина металлических поверхностей виброагрегата в среднем составляет 0,3 м, не представляется возможным нанесение покрытий такой толщиной.

Поэтому дальнейшие диссертационные исследования будут проводиться для определения оптимальной толщины слоя демпфирующего покрытия по снижению шумовых характеристик виброагрегатов.

## **2.2. Мастика полимерная виброзвукопоглощающая «Вибромаст»**

Широкое использование демпфирования в строительстве в течение последних десятилетий было ограничено отсутствием эффективных вибропоглощающих материалов. Сейчас все большее распространение получают мастики [2]. Это обусловлено их эксплуатационными качествами, позволяющими обеспечивать качественное соединение покрытий обрабатываемой поверхности сложной конфигурации. Коэффициент потерь мастик составляет в большинстве случаев 0,3 – 0,45 [128].

Из предлагаемых мастик для уменьшения вибрации в строительной индустрии наибольшее распространение получила мастика полимерная виброзвукопоглощающая «Демпфишторм», запатентованная А. И. Быковским. Компонентный состав и основные физические характеристики мастики представлены в табл. 2.1 и 2.2 [129].

Таблица 2.1

Компонентный состав мастики полимерной виброзвукопоглощающей  
«Демпфишторм»

Наименование компонента	Содержание, %
Дисперсия ПВА	27 – 29
Пластификатор	3 – 4
Вермикулит вспученный	16 – 17
Перлит	3 – 4
Графит кристаллический ГЛ-1	17 – 18
Волокно полиамидное или базальтовое	5 – 6
Цемент марки 400	4 – 7
Вода	остаток

Таблица 2.2

Основные физические характеристики мастики полимерной виброзвукопоглощающей «Демпфишторм»

Наименование показателя	Значение
Объемная масса	900 – 950 кг/м <sup>3</sup>
Коэффициент звукопоглощения на частоте 800-6300 Гц	0,024 – 0,24
Огнестойкость /группа горючести/	тяжелогорючая
Токсичность	нетоксичная
Цвет	темносерая волокнистая

Как показывает анализ, мастика «Демпфишторм» имеет ряд недостатков, таких как:

- большая объемная масса и, как следствие, большой расход материала;
- низкие звукопоглощающие свойства.

Поэтому для устранения указанных недостатков в компонентный состав мастики «Демпфишторм» мы внесли следующие изменения:

– включение в состав мастики гиперпластификатора поликарбонатного типа и тилозы, что приводит к снижению водопотребления и, как следствие, к снижению объемной массы;

– включение в состав мастики целлюлозного или полипропиленового волокна вместо полиамидного или базальтового, что приводит к улучшению сцепления цементно-полимерной матрицы с волокном;

– повышение содержания графита с 17 – 18 до 19 – 20%; волокна с 5 – 6 до 8 – 10% и вермикулита вспученного с 16 – 17 до 18 – 19% улучшает виброзвукопоглощающие свойства мастики.

Некоторые исследования измененного компонентного состава проводились на базе лаборатории кафедры технологии строительных материалов, изделий и конструкций ГВУЗ «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры» (под руководством д.т.н., профессора Н. В. Шпирько).

Мастику нового компонентного состава было решено назвать «Вибромаст». В табл. 2.3 представлен компонентный состав мастики полимерной виброзвукопоглощающей «Вибромаст».

Таблица 2.3

Компонентный состав мастики полимерной виброзвукопоглощающей  
«Вибромаст»

Наименование компонента	Содержание, %
Гиперпластификатор поликарбонатного типа	2 – 2,5
Тилоза (вяжущее) в виде порошка	6 – 7
Вермикулит вспученный	18 – 19
Графит кристаллический ГЛ-1	19 – 20
Волокно полипропиленовое или целлюлозное	8 – 10
Цемент марки 400	15 – 17
Вода	остаток

Для подтверждения принятых решений по компонентному составу на базе Института специальных систем и технологий (г. Киев) были проведены лабора-

торные испытания для определения основных физических характеристик, результаты которых представлены в табл. 2.4 – 2.6. Сравнительный анализ показал, что мастика «Вибромаст» по некоторым показателям существенно превосходит свой прототип – мастику «Демпфишторм».

Таким образом, разработанная мастика по своим физико-механическим свойствам в части эффективности виброзвукопоглощения превосходит мастику «Демпфишторм».

Новая мастика была запатентована, патент на полезную модель Украины № 93319 «Мастика полимерная виброзвукопоглощающая «Вибромаст» [16] (приложение А).

Таблица 2.4

Основные физические характеристики мастики полимерной  
виброзвукопоглощающей «Вибромаст»

Наименование показателя	Значение
Объемная масса	500 – 550 кг/м <sup>3</sup>
Огнестойкость /группа горючести/	тяжелогорючая
Токсичность	нетоксичная
Цвет	темносерая волокнистая
Рабочая температура	20 – 100 <sup>0</sup> С

Таблица 2.5

Коэффициент механических потерь

Мастика	Коэффициент механических потерь в полосах частот, Гц									
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	6000	8000
«Демпфишторм»	0,024	0,028	0,032	0,042	0,047	0,06	0,08	0,12	0,21	0,24
«Вибромаст»	0,03	0,035	0,04	0,45	0,05	0,08	0,1	0,15	0,23	0,25

Коэффициент звукопоглощения

Мастика	Реверберационный коэффициент звукопоглощения в октавных полосах частот, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
«Демпфишторм»	0,02	0,1	0,14	0,17	0,2	0,24	0,27	0,3
«Вибромаст»	0,18	0,28	0,37	0,43	0,54	0,65	0,73	0,83

### 2.3. Натурные измерения по определению акустической эффективности применения демпфирования мастикой «Вибромаст» виброагрегата

Оценка снижения шума демпфированных металлических конструкций в настоящее время не поддается теоретическому расчету из-за сложности картины распространения звуковой вибрации. Эффективность применения демпфирующих покрытий с различной толщиной слоя устанавливается экспериментальным путем.

Поэтому для определения акустической эффективности применения демпфирования виброагрегата мастикой «Вибромаст» на ООО «Баловский завод ЖБИ» был изготовлен опытный виброагрегат размерами  $1,2 \times 1,5$  м в плане и 0,45 м высотой (рис. 2.3).



Рис. 2.3. Общий вид опытного виброагрегата без нанесения вибродемпирующего покрытия

Для эксперимента в лаборатории Международного благотворительного фонда инженеров (МБФИ) была изготовлена мастика полимерная виброзвукопоглощающая «Вибромаст» массой 45 кг.

Исследование производилось в четыре этапа:

– первый этап заключался в измерении шума на рабочем месте формовщика, согласно нормативным документам [31, 130] (рис.2.4);

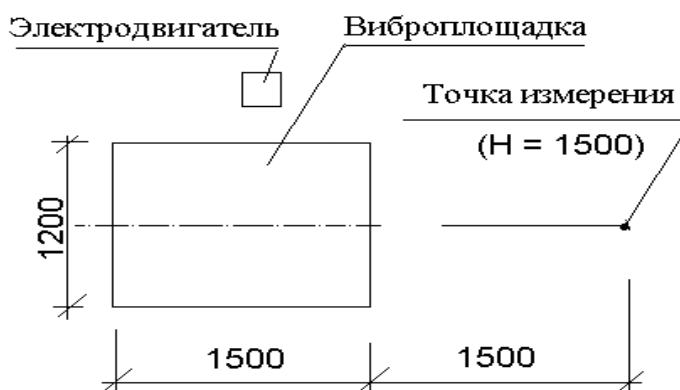


Рис. 2.4. Схема измерения шума на рабочем месте формовщика

– второй этап состоял в измерении шума на рабочем месте формовщика по той же схеме после нанесения на излучаемые вибрационный шум поверхности (кроме горизонтальной поверхности стола) демпфирующего слоя мастики (рис. 2.5) толщиной 2 мм;



Рис. 2.5. Общий вид опытного виброагрегата с нанесенным демпфирующим покрытием

– третий этап заключался в измерении шума на рабочем месте формовщика по той же схеме после нанесения на излучаемые вибрационный шум поверхности (кроме горизонтальной поверхности стола) демпфирующего слоя мастики толщиной 4 мм;

– четвертый этап состоял в измерении шума на рабочем месте формовщика по той же схеме после нанесения на излучаемые вибрационный шум поверхности (кроме горизонтальной поверхности стола) демпфирующего слоя мастики толщиной 6 мм.

Измерения уровней звука и звукового давления в октавных полосах частот проводились шумомером типа 2235 Bruel & Kjaer (Дания) № 1068311 в составе микрофона типа 4176 № 1486423, октавного фильтра типа 1624.

Результатов измерений обрабатывались в соответствии с требованиями норм [31, 130]. В связи с тем, что разность между наибольшим и наименьшим измеренными уровнями не превышала 5 дБ, то средние значения уровня звука  $L_{Acp}$ , дБА, и октавных уровней звукового давления  $L_{cp}$ , дБ, вычислялись как среднее арифметическое значение всех измеренных уровней с точностью до 0,5 дБ(А).

Результаты расчетов представлены в табл. 2.7.

Таблица 2.7

Результаты расчетов осредненных значений уровней звука и уровней звукового давления в измерительной точке по схеме (рис. 2.4)

Толщина слоя мастики	Уровни звукового давления, дБ, в среднегеометрических октавных полосах частот, Гц								Уровень звука, дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
0 мм	97,0	98,0	103,0	102,0	94,5	91,5	85,5	84,5	94,0
2 мм	96,5	97,5	102,5	101,5	94,0	90,5	84,5	83,5	93,5
4 мм	95,5	96,5	101,5	99,5	92,0	87,5	82,0	79,0	92,0
6 мм	94,5	95,0	100,0	97,5	90,0	85,5	79,5	75,0	89,5

На графике (рис. 2.6) представлены результаты натурных измерений согласно табл. 2.7.

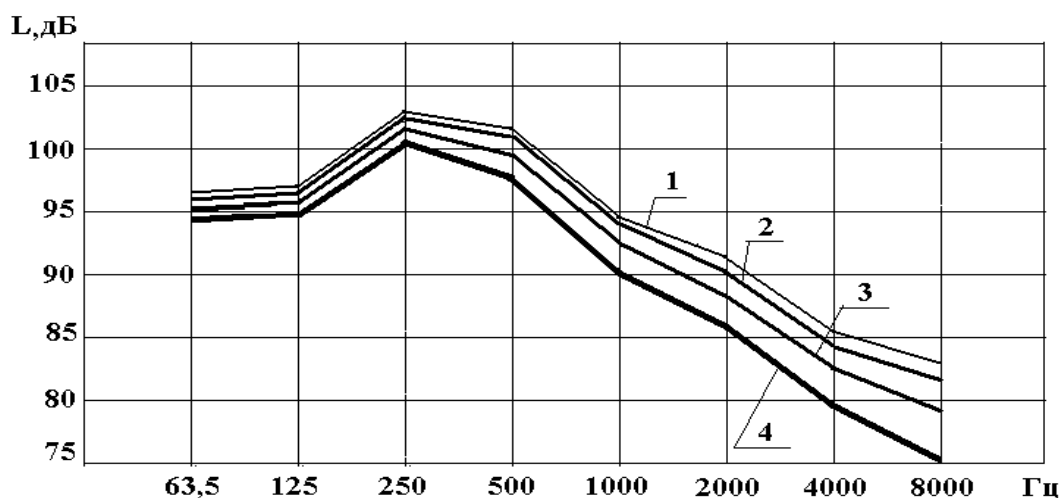


Рис. 2.6. Снижение уровней звукового давления в октавных полосах частот опытного виброагрегата при различной толщине слоя покрытия мастикой полимерной виброзвукопоглощающей «Вибромаст»:

- 1 – без покрытия; 2 – с толщиной слоя 2 мм; 3 – с толщиной слоя 4 мм;  
4 – с толщиной слоя 6 мм

В табл. 2.8 приведены значения относительного снижения уровней звука и звукового давления в октавных полосах частот при различной толщине слоя мастики полимерной виброзвукопоглощающей «Вибромаст».

Таблица 2.8

Результаты расчетов относительного снижения уровней звука и звукового давления в октавных полосах частот при различной толщине слоя мастики полимерной виброзвукопоглощающей «Вибромаст»

Толщина слоя мастики	Уровни звукового давления, дБ, в среднегеометрических октавных полосах частот, Гц								Уровень звука, дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
2 мм	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1,0	1,0	0,5
4 мм	1,5	1,5	1,5	2,5	2,5	3,5	3,5	4,5	2,0
6 мм	2,5	3,0	3,0	4,5	4,5	5,5	6,0	8,5	4,5



Анализ результатов измерений уровней звука и звукового давления в октавных полосах частот при нанесении мастики полимерной виброзвукопоглощающей «Вибромаст» показал, что в реальных условиях демпфирование виброагрегата снижает его шумовые характеристики при относительно небольшой толщине покрытия демпфирующим материалом (приложение Б).

Таким образом, при демпфировании поверхностей виброагрегата слоем мастики «Вибромаст» с соотношением толщин слоев лишь  $\frac{h_n}{h_m} = \frac{6}{30} = 0,2$ , (где 30 – толщина листа, из которого изготовлен виброагрегат, мм), уже имеется положительный эффект – снижение шума составляет 4,5 дБА.

#### **2.4. Анализ акустических условий труда в формовочном цехе ООО «Баловский завод ЖБИ» до и после применения демпфирования виброагрегата**

Для определения акустических условий труда в формовочном цехе ООО «Баловский завод ЖБИ» были построены карты шума.

Карты шума в помещении формовочного производства построены по результатам натурных измерений уровней звука согласно [130], в соответствии с требованиями нормативных документов [131, 132] путем нанесения изолиний равных уровней звука на план цеха с использованием интерполяции.

Схема расположения технологических постов в помещении формовочного производства на ООО «Баловский завод ЖБИ» представлена на рис. 2.7.

Схема расположения точек измерения в помещении формовочного производства изображена на рис. 2.8.

В каждой точке в течение одного часа рабочей смены производилось десять измерений эквивалентных уровней шума за двухминутный интервал до осуществления шумозащитного мероприятия. Измерения проводились шумомером «Октава 101АМ» № 06АМ269 с микрофоном BSWA 201 № 411550.

Полученные результаты представлены в табл. 2.9.

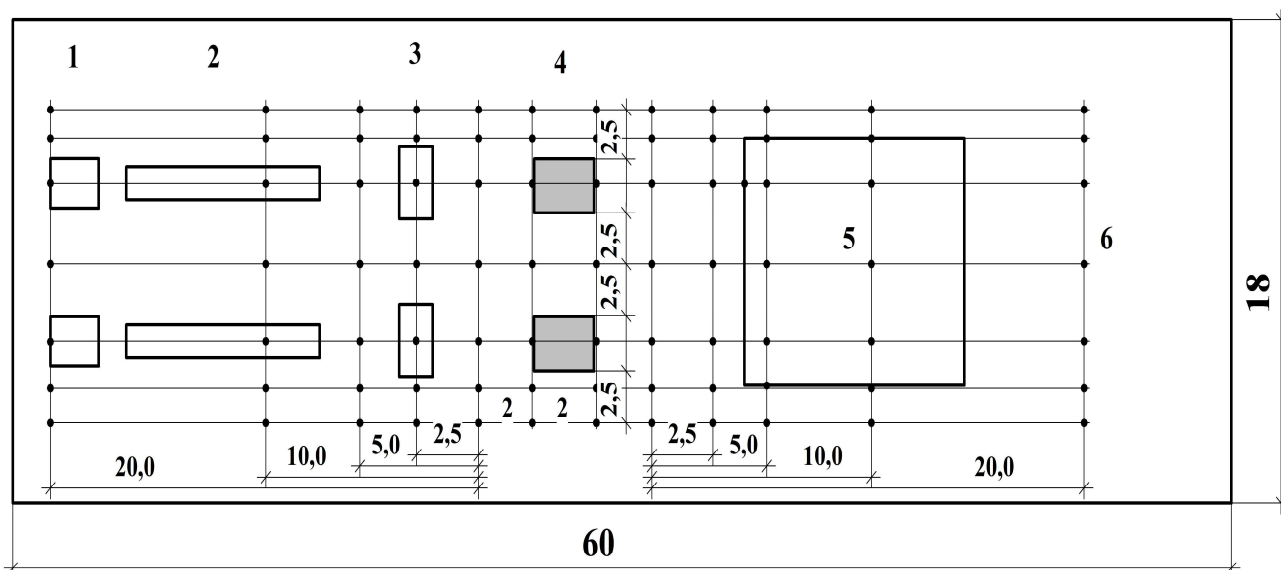


Рис. 2.7. Схема расположения технологических постов в помещении формовочного производства ООО «Баловский завод ЖБИ»:

1 – пост заготовки арматуры и арматурных каркасов; 2 – пост очистки и подготовки форм; 3 – пост приготовления бетона; 4 – формовочный пост; 5 – пост термообработки изделий; 6 – склад готовой продукции

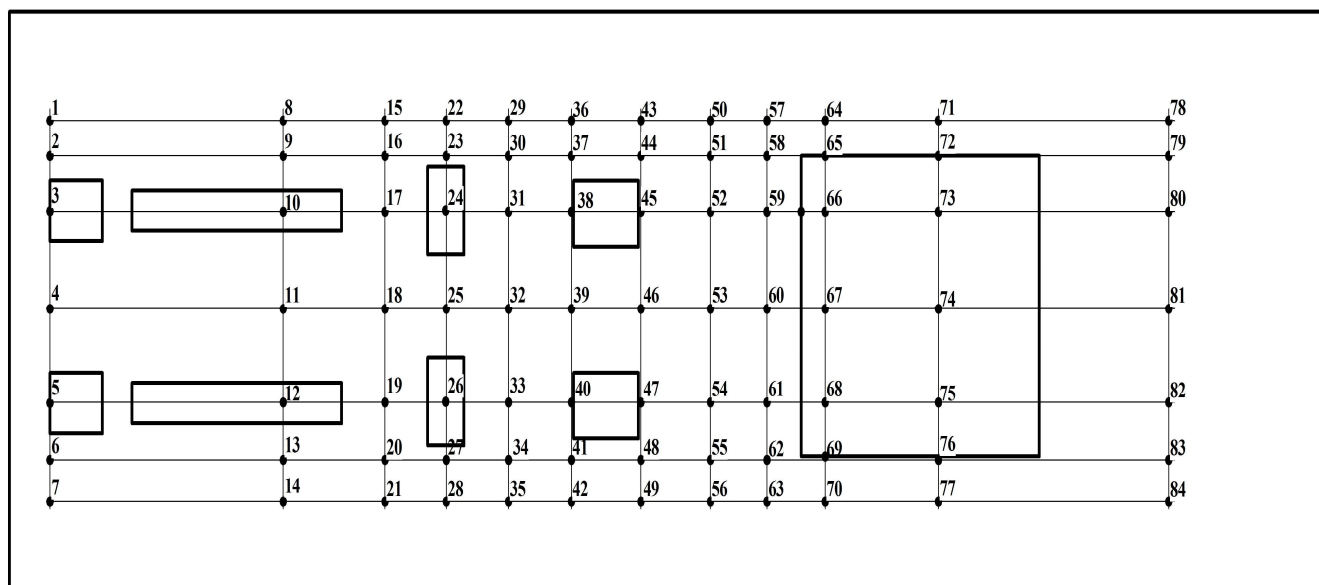


Рис. 2.8. Схема расположения точек измерения

Таблица 2.9

Эквивалентные уровни звука в точках измерения в помещении формовочного цеха до принятия демпфирования виброагрегатов

Осредненный уровень звука, дБА, по каждой точке измерения									
№ точки измерения									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
104,2	104,9	105,3	105,1	104,6	104,3	104,5	106,6	107,2	107,3
№ точки измерения									
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
107,0	106,5	105,9	105,7	108,0	109,0	109,2	109,1	107,5	106,8
№ точки измерения									
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
105,9	110,1	110,8	110,7	109,3	107,8	106,7	106,1	110,5	111,3
№ точки измерения									
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
111,2	109,4	107,8	107,0	106,0	110,8	111,5	112,0	102,3	107,4
№ точки измерения									
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
106,5	105,7	110,2	111,2	111,8	108,8	107,1	106,2	105,6	108,7
№ точки измерения									
51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
108,9	109,4	107,9	107,1	106,0	105,5	107,6	107,8	108,0	107,5
№ точки измерения									
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
106,6	105,8	105,2	106,7	106,8	106,9	107,0	106,2	105,5	105,0
№ точки измерения									
71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
105,6	105,2	105,9	105,8	105,4	104,9	104,6	103,4	103,6	103,9

№ точки измерения			
81	82	83	84
103,8	103,6	103,6	103,5

На рис. 2.9 представлена карта шума цеха формовочного производства Баловского завода ЖБИ, построенная по результатам натуральных измерений эквивалентных уровней шума до применения вибродемпфирования.

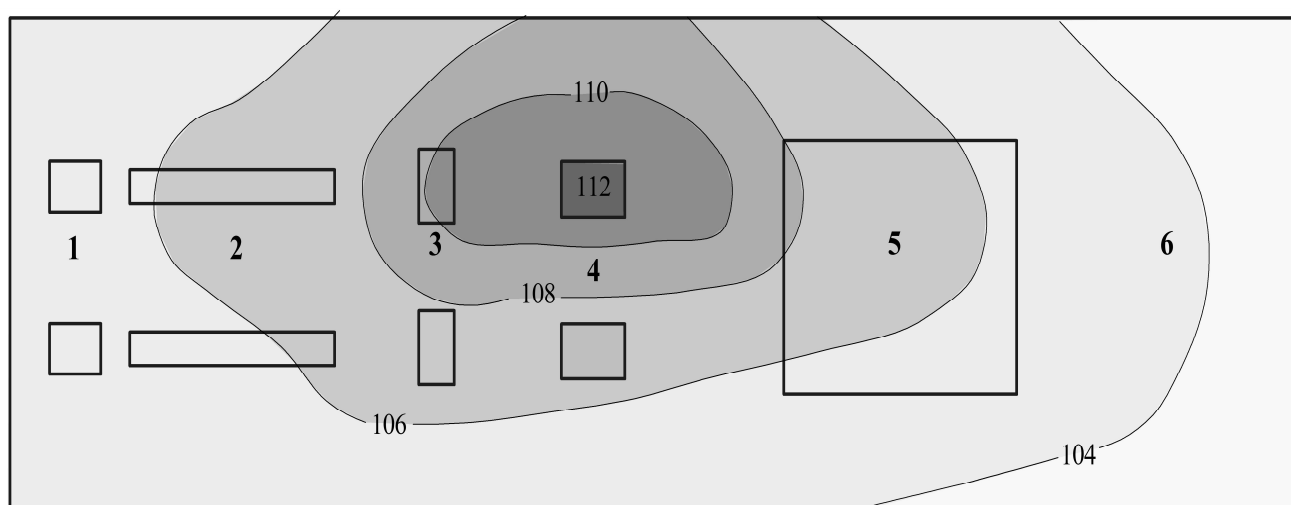


Рис. 2.9. Карта шума формовочного цеха Баловского завода ЖБИ до применения демпфирования виброагрегатов:

1 – пост заготовки арматуры и арматурных каркасов; 2 – пост очистки и подготовки форм; 3 – пост приготовления бетона; 4 – формовочный пост; 5 – пост термообработки изделий; 6 – склад готовой продукции

После применения демпфирования обоих виброагрегатов мастикой «Вибромаст» слоем толщиной 6 мм были произведены подобные измерения эквивалентных уровней звука (табл. 2.10) и построена карта шума формовочного цеха Баловского завода ЖБИ после применения демпфирования (рис. 2.10).

Эквивалентные уровни звука в точках измерения в помещении формовочного цеха после принятия демпфирования виброагрегатов

Осредненный уровень звука, дБА, по каждой точке измерения									
№ точки измерения									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
99,6	99,7	99,8	98,8	99,6	99,5	99,4	101,7	107,8	101,9
№ точки измерения									
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
101,8	101,5	100,9	100,6	103,1	104,1	104,0	103,5	102,2	101,5
№ точки измерения									
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
101,0	105,1	105,4	105,3	104,2	102,6	101,5	101,1	105,3	105,9
№ точки измерения									
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
106,0	104,2	102,8	101,7	101,0	105,4	106,3	107,2	104,2	102,8
№ точки измерения									
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
101,7	100,8	105,1	105,7	106,7	104,0	103,5	101,3	100,6	104,0
№ точки измерения									
51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
104,4	104,6	103,0	102,1	101,1	100,6	102,8	102,9	103,0	102,4
№ точки измерения									
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
101,6	100,8	100,5	101,9	102,2	102,4	102,3	101,3	100,7	100,2
№ точки измерения									
71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
100,5	100,7	100,9	100,8	100,5	100,0	99,6	98,5	98,6	98,8

№ точки измерения			
81	82	83	84
98,7	98,6	98,5	98,4

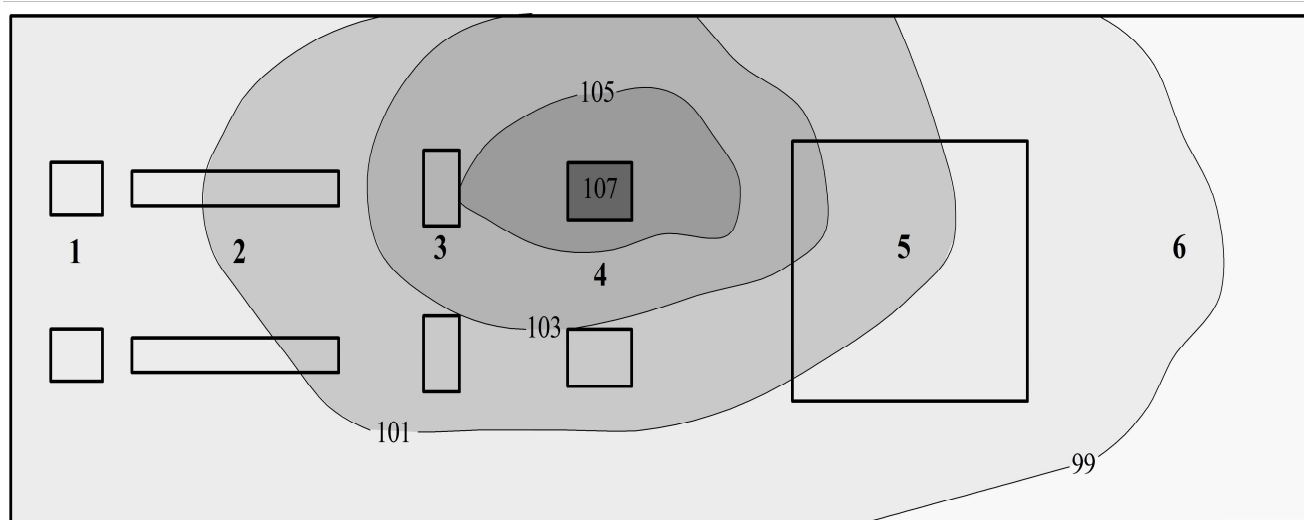


Рис. 2.10. Карта шума формовочного цеха Баловского завода ЖБИ после применения демпфирования виброагрегатов:

1 – пост заготовки арматуры и арматурных каркасов; 2 – пост очистки и подготовки форм; 3 – пост приготовления бетона; 4 – формовочный пост; 5 – пост термообработки изделий; 6 – склад готовой продукции

Анализ проведенных исследований показал, что во всем пространстве формовочного цеха до применения демпфирования виброагрегатов значения уровней звука находятся в пределах 103 – 114 дБА, что превышает требования санитарных норм для постоянных рабочих мест на 23 – 34 дБА (по интенсивности звуковой энергии в 10 и более раз).

После применения демпфирования виброагрегатов значения уровней звука находятся в пределах 97,5 – 109 дБА, что указывает на существенную акустическую эффективность применения демпфирования, однако еще недостаточную в части требований санитарных норм [31].

## 2.5. Выводы по разделу 2

1. Обосновано применение демпфирования для снижения шумовых характеристик виброагрегатов.

2. Для демпфирования поверхностей виброагрегата на базе известной мастики «Демпфишторм» разработана, испытана и запатентована мастика полимерная виброзвукопоглощающая «Вибромаст», существенно превосходящая свой прототип.

3. Установлена эмпирическая зависимость снижения уровней звука и звукового давления от толщины слоя демпфирующего покрытия.

4. Мастика полимерная виброзвукопоглощающая «Вибромаст» испытана при демпфировании поверхностей виброагрегата на ООО «Баловский завод ЖБИ» и показала достаточно высокую акустическую эффективность.

## РАЗДЕЛ 3

### СНИЖЕНИЕ ШУМА ВИБРОАГРЕГАТА, РАСПОЛОЖЕННОГО В ПРИЯМКЕ, ЗА СЧЕТ УСТРОЙСТВА КАМЕРНО-ЭКРАННОГО ГЛУШИТЕЛЯ

#### 3.1. Теоретические исследования снижения шума методом звукопоглощения

##### 3.1.1. Вклад отраженной составляющей в суммарные уровни звука и звукового давления

Значительной составляющей общего уровня шума в производственных помещениях является звуковая энергия, многократно отраженная от внутренних поверхностей ограждающих конструкций (стен, потолка, пола). По мнению авторов [64, 89, 133 – 142 и др.], наличие отражающих поверхностей может увеличить уровни звука на 5 – 15 дБА по сравнению с уровнями, создаваемыми тем же источником звука и на то же расстоянии от него, только находящимися в открытом пространстве. Величину отраженной составляющей можно определить количественно следующим расчетом.

Согласно данным работы [102], октавный уровень звукового давления в зоне прямого и отраженного звука в закрытом помещении определяется так

$$L_n = L_p + 10 \lg \left( \frac{\chi \cdot \Phi}{S} + \frac{4\psi}{B} \right), \text{ дБ}, \quad (3.1)$$

где  $L_p$  – октавный уровень звуковой мощности, дБ, источника шума;

$\chi$  – коэффициент, учитывающий влияние ближнего акустического поля и принимаемый в зависимости от расстояния  $r$ , м, между акустическим центром



источника и расчетной точкой к максимальным габаритным размерам  $l_{\max}$ , м, источника шума;

$\Phi$  – фактор направленности источника шума (для источника шума с равномерным излучением звука,  $\Phi = 1$ );

$S$  – площадь,  $\text{м}^2$ , воображаемой поверхности правильной геометрической формы, окружающей источник и проходящей через расчетную точку (точку измерения,  $S \rightarrow f(r)$ );

$B$  – постоянная помещения,  $\text{м}^2$ ;

$\psi$  – коэффициент, учитывающий нарушения диффузности звукового поля в помещении.

Аналогичный уровень в открытом пространстве, где не имеет места явление отражения звуковой энергии (территория предприятия, населенных мест и пр.), согласно сведениям работы [102], определяется как

$$L_m = L_p - 15 \lg r + 10 \lg \Phi - \frac{\beta_a r}{1000} - 10 \lg \Omega, \text{ дБ}, \quad (3.2)$$

где  $\psi$  – коэффициент, учитывающий нарушения диффузности звукового поля в помещении;

$r$  – расстояние, м, от источника шума до расчетной точки;

$\Omega$  – пространственный угол излучения звука, принимаемый для источников шума ( в пространстве  $\Omega = 4\pi$ );

$\beta_a$  – затухание звука в атмосфере, дБ/км.

Теперь определим, какое из двух значений звукового давления больше при равных  $L_p$  и за счет чего.

Для этого введен ряд ограничений, а именно:

–  $r = 6$  м (при расстоянии  $r \leq 50$  м затухание звука в атмосфере  $\beta_a$  в расчетах не учитывается);

–  $\Phi = 1$  (при равномерном излучении звуковой энергии источником во всех направлениях);

$$- \chi = 1, \frac{r}{l_{\max}} \geq 2;$$

–  $\Omega = 4\pi$  (звуковая энергия излучается источником в полное пространство);

–  $a = b = c = 12$  м, ( $a, b, c$  – высота, ширина, длина помещения соответственно, м);

– тип помещения – производственный цех ( $B = \frac{V}{20}$ , м<sup>2</sup>,  $V$  – объем помещения, м<sup>3</sup> [102]).

С учетом введенных ограничений имеем

$$L_n = L_p + 10 \lg \left( \frac{1}{S} + \frac{4\psi}{B} \right), \text{ дБ}, \quad (3.3)$$

$$L_m = L_p - 15 \lg r - 10 \lg \Omega, \text{ дБ}, \quad (3.4)$$

$$10 \lg \Phi = 10 \lg 1 = 0$$

Если поверхность правильной формы принять сферой, то  $S = 4\pi r^2$ , м<sup>2</sup>, т.е.

$$L_n = L_p + 10 \lg \left( \frac{1}{4\pi r^2} + \frac{4\psi}{B} \right), \text{ дБ}, \quad (3.5)$$

$$\text{по [81] } \psi = f \left( \frac{B}{S_{\text{огр}}} \right), \quad (3.6)$$

$$\text{где } B = \frac{a \cdot b \cdot c}{20} = 86,4 \text{ м}^3; \quad (3.7)$$

$$S_{озр} = a \cdot b \cdot c = 864 \text{ м}^2; \quad (3.8)$$

$$\left( \frac{B}{S_{озр}} \right) = \frac{86,4}{864} = 0,1. \quad (3.9)$$

Согласно данным работы [102], значению  $\frac{B}{S_{озр}} = 0,1$  соответствует значение  $\psi = 0,93$ .

Теперь имеем

$$L_n = L_p - 13,3 \text{ дБ}; \quad (3.10)$$

$$L_m = L_p - 21,5 \text{ дБ}. \quad (3.11)$$

Следовательно,  $L_n > L_m$  на величину  $\Delta L = 21,5 - 13,3 = 8,2$  дБ.

Из вышесказанного следует, что в замкнутом пространстве помещения уровни звукового давления при принятых ограничениях больше, чем в открытом пространстве на 8,2 дБ при прочих равных условиях. То есть наложение отраженной звуковой энергии на прямую, в данном случае, усиливает плотность звукового поля в расчетной точке на 8,2 дБ.

Выражая такое усиление через звуковое давление, получим:

$$\Delta L = L_n - L_m = 20 \lg \frac{P_n}{P_0} - 20 \lg \frac{P_m}{P_0} = 8,2 \text{ дБ}, \quad (3.12)$$

где  $P_n$  – звуковое давление в расчетной точке помещения, Па (кг/см<sup>2</sup>);

$P_m$  – звуковое давление в расчетной точке открытого пространства, Па (кг/см<sup>2</sup>);

$P_0$  – пороговое значение звукового давления ( $P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$  Па);

$$20 \lg \frac{P_n}{P_m} = 8,2 \text{ дБ}; \quad \lg \frac{P_n}{P_m} = 0,41 \text{ дБ}; \quad \lg K = 0,41; \quad K = \frac{P_n}{P_m} = 10^{0,41} = 2,57.$$

То есть звуковое давление в расчетной точке в помещении будет в 2,57 раза выше, чем в аналогичной точке в открытом пространстве.

Для сравнительного анализа конкретных значений снижения уровней звука и звукового давления присвоим переменным значения, близкие к условиям реального производства.

В примере расчета используем виброагрегат СМЖ-773Б-02, предназначенный для уплотнения бетонной смеси при формировании железобетонных изделий массой (вместе с формой) от 10 до 20 т и используемый в процессе работы конвейерных и поточно-агрегатных линий [143]. Прямо́к, в котором размещен виброагрегат имеет следующие размеры:  $0,76 \times 3,0 \times 8,3$  м.

При этом  $\chi = 1$ ;  $r = 1,5$  м;  $a = 0,76$  м;  $b = 3,0$  м;  $c = 8,3$  м.

Проведя аналогичные вычисления, получим

$$S_{\text{озр}} = (0,76 \cdot 3,0)^2 + (0,76 \cdot 8,3)^2 + (3,0 \cdot 8,3)^2 = 4,56 + 12,6 + 49,8 = 67,0 \text{ м}^2;$$

$$V = 19 \text{ м}^3; \quad B = \frac{19}{20} = 1,0 \text{ м}^2; \quad \frac{B}{S_{\text{озр}}} = 0,015; \quad \psi = 1,0;$$

$$L_n = L_p + 10 \lg \left( \frac{1}{28,3} + \frac{4 \cdot 1,0}{1,0} \right) = L_p + 10 \lg(0,035 + 4) = L_p + 10 \lg 4,035 = L_p + 6 \text{ дБ};$$

$$L_m = L_p - 15 \lg 1,5 - 11 = L_p - 2,6 - 11 = L_p - 13,6 \text{ дБ};$$

$$L_n - L_m = (L_p + 6) - (L_p - 13,6) = 19,6 \text{ дБ};$$

$$20 \lg \frac{P_n}{P_m} = 19,6 \text{ дБ}; \quad \lg \frac{P_n}{P_m} = 0,98 \text{ дБ}; \quad \lg K = 0,98; \quad K = \frac{P_n}{P_m} = 10^{0,98} = 9,5.$$

То есть звуковое давление в прямке будет в 9,5 раза выше, чем в аналогичной равноудаленной точке в случае нахождения виброагрегата в открытом пространстве.

Из приведенных рассуждений становится очевидным, что наличие отражающих звуковую энергию поверхностей уплотняет звуковое поле в помещении (или другом замкнутом пространстве) в два и более раза, что значительно ухудшает акустические условия работы или просто усложняет нахождение в этих помещениях людей.

По мнению автора диссертации, снижение величины вклада отраженной составляющей в общую картину звукового поля является перспективным направлением в развитии строительной акустики.

Поглощение звуковой энергии является одним из наиболее радикальных методов борьбы с шумом. Добившись полного поглощения звуковой энергии, можно в два – три раза снизить ее интенсивность в помещениях на производстве и в быту. Направление дальнейших исследований в данной области автор диссертации видит в поиске концепции более эффективного использования известных средств звукопоглощения, а также разработке новых.

### **3.1.2. Распространение звуковой энергии, выходящей из приямка под виброагрегатом**

Генерируемый расположенными в приямке вибраторами и вибрирующими поверхностями шум, падая на стенки и пол приямка, рассеивается в разные стороны. В приямке из-за многократного отражения от различных поверхностей приямка и виброагрегата образуется диффузное поле, в результате чего величина уровня шума внутри приямка увеличится до 9,5 дБ (согласно приведенным выше расчетам). Далее шум перемещается к образованному между стенами приямка и виброагрегатом акустическому зазору.

Так как, согласно принципу Гюгенса [144], каждая точка фронта волны сама является источником сферической волны, то к акустическому зазору, помимо прямых звуковых волн, излучаемых непосредственно источниками шума, приходит часть энергии отраженного звука. В результате плотность звуковой энергии увеличивается, а зазор, ввиду малого акустического сопротивления по сравнению с

сопротивлением прилегающих стенок, проводит эту энергию из приемка в пространство цеха (рис. 3.1).

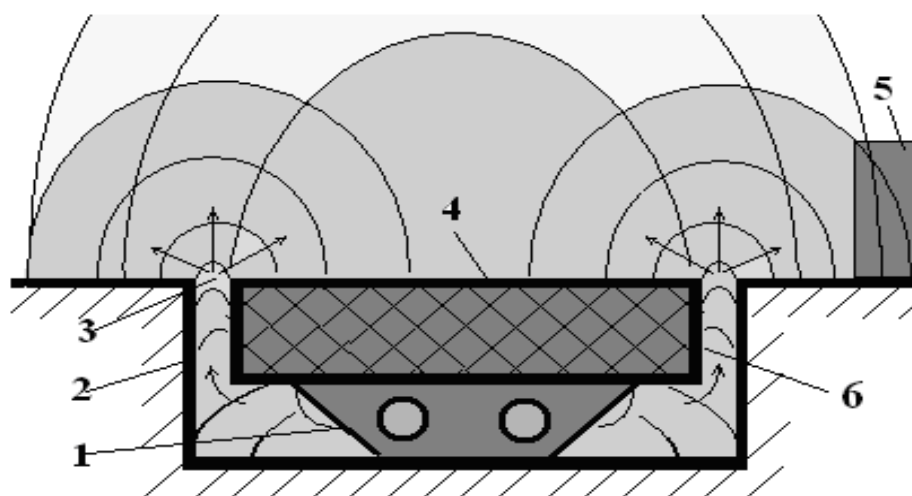


Рис. 3.1. Схема характера распространения шума через акустический зазор: 1 – вибраторы; 2 – вертикальная стена приемка; 3 – акустический зазор; 4 – горизонтальная плоскость виброагрегата; 5 – рабочее место формовщика; 6 – вертикальная стена виброагрегата

Таким образом, операторы у поста формовки подвергаются воздействию шума ( $L_{об}$ ), не только излучаемого верхней частью виброагрегата ( $L_v$ ), но и шума, выходящего из окаймляющего виброагрегат акустического зазора ( $L_n$ ).

$$L_{об} = 10 \lg(10^{0,1L_v} + 10^{0,1L_n}), \text{ дБ.}$$

### 3.2. Камерно-экранный глушитель для виброагрегатов по уплотнению бетонной смеси

Для снижения величины звуковой энергии, выходящей из приемка под виброагрегатом, предлагается установка камерно-экранного глушителя (рис. 3.2).

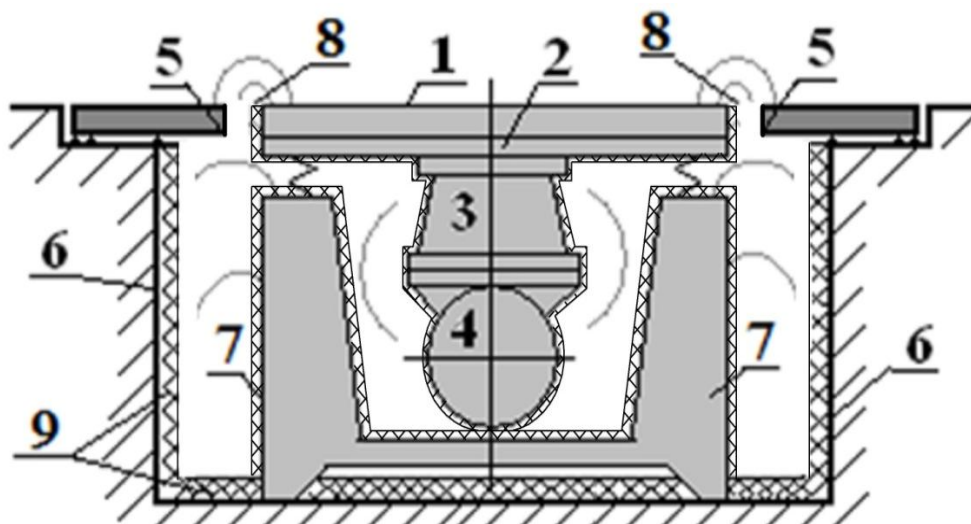


Рис. 3.2. Схема камерно-экранного глушителя в прямке под виброагрегатом:

- 1 – форма с бетонной смесью; 2 – подвижная рама виброагрегата; 3 – вибратор;  
 4 – дебалансы; 5 – экраны-щитки; 6 – стенки прямой; 7 – неподвижная рама виброагрегата; 8 – акустический зазор; 9 – звукопоглощающая облицовка

Принцип действия камерно-экранного глушителя состоит в том, что частично перекрывается акустический зазор (8), образованный вертикальными поверхностями стенок прямой (6) и металлическими поверхностями виброагрегата (7) экранами-щитками (5) [11] (приложение В). Стенки прямой (6) и металлические поверхности виброагрегата (7) облицовываются звукопоглощающим материалом – мастикой «Вибромаст» (9). Все это позволит значительно снизить интенсивность звуковой энергии, выходящей из прямой под виброагрегатом через акустический зазор (8).

### 3.3. Методика расчета снижения уровней звукового давления за счет устройства камерно-экранного глушителя

Согласно данным работы [102] эффективность камерного глушителя приближенно определяется по формуле

$$\Delta L = 10 \lg \sum_{i=1}^n \frac{A_i}{S_{вых}}, \text{ дБ}, \quad (3.13)$$

где  $n$  – общее количество камер;

$A_i$  – эквивалентная площадь звукопоглощения в отдельной камере,  $\text{м}^2$ ,

$$A_i = \sum \alpha_i S_i;$$

$\alpha_i$  – коэффициент звукопоглощения внутренних поверхностей отдельной камеры;

$S_i$  – площадь звукопоглощения внутренних поверхностей отдельной камеры,  $\text{м}^2$ ;

$S_{вых}$  – площадь живого сечения выходного отверстия отдельной камеры,  $\text{м}^2$ .

Расчеты производились для виброагрегата СМЖ-773Б-02, технические параметры взяты согласно данным [143].

Сначала определяем эффективность приемка как камерного глушителя

$$\Delta L_n = 10 \lg \frac{A_n}{S_{вых}}, \text{ дБ}, \quad (3.14)$$

где  $\Delta A_n$  – эквивалентная площадь поглощения приемка,  $\text{м}^2$ ,

$$A_n = \alpha_{огр} S, \quad (3.15)$$

$\alpha_{огр}$  – коэффициент звукопоглощения ограждающими конструкциями приемка,

$$\alpha_{огр} = \frac{B}{B + S}; \quad (3.16)$$

$B$  – постоянная приемка в октавных полосах частот,  $\text{м}^2$ ,



$$B = B_{1000}\mu, \quad (3.17)$$

$B_{1000}$  – постоянная приемка на среднегеометрической частоте 1000 Гц, м<sup>2</sup>;

$\mu$  – частотный множитель;

$S$  – общая площадь ограждающих поверхностей приемка, м<sup>2</sup>.

Данные расчета сводим в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Снижение уровня звукового давления за счет приемка

Величина	Среднегеометрические октавные полосы частот, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	2	3	4	5	6	7	8	9
$V$	8,3*3*0,76=18,92							
$B_{1000} = \frac{V}{20}$	18,92/20=1							
$\mu$	0,8	0,75	0,7	0,8	1	1,4	1,8	2,5
$B = B_{1000}\mu$	0,8	0,75	0,7	0,8	1	1,4	1,8	2,5
$S$	8,3*0,76*2+3*0,76*2+8,3*3=42,08							
$\alpha_{огр} = \frac{B}{B+S}$	0,019	0,018	0,017	0,019	0,023	0,033	0,043	0,059
$A_n = \alpha_{огр}S$	0,8	0,76	0,72	0,8	0,97	1,39	1,81	2,48
$S_{вых}$	8,3*0,2*2=3,32							
$\Delta L_n = 10 \lg \frac{A_n}{S_{вых}}$	-6,2	-6,4	-6,6	-6,2	-5,3	-3,7	-2,6	-1,3

В связи с тем, что звуковая энергия выходит через большую площадь выходного отверстия, снижение уровней звукового давления имеет отрицательное значение.

Затем определяем эффективность камерно-экранного глушителя

$$\Delta L = 10 \lg \frac{A}{S_{вых}}, \text{ дБ}, \quad (3.18)$$

где  $A$  – эквивалентная площадь поглощения камерно-экранного глушителя, м<sup>2</sup>,

$$A = \bar{\alpha}S. \quad (3.19)$$

Звукопоглощение в камерно-экранном глушителе происходит при помощи звукопоглощающей облицовки и экранирования, поэтому коэффициент звукопоглощения определяется как средний коэффициент звукопоглощения.

$\bar{\alpha}$  – средний коэффициент звукопоглощения в глушителе,

$$\bar{\alpha} = \frac{A_{обл} + A_{экр}}{S}, \quad (3.20)$$

$A_{обл}$  – эквивалентная площадь звукопоглощения звукопоглощающей облицовки глушителя, м<sup>2</sup>,

$$A_{обл} = \alpha_{обл} S_{обл}, \quad (3.21)$$

$\alpha_{обл}$  – реверберационный коэффициент звукопоглощающей облицовки глушителя;

$S_{обл}$  – площадь звукопоглощающей облицовки глушителя, м<sup>2</sup>;

$A_{экр}$  – эквивалентная площадь звукопоглощения экранами глушителя, м<sup>2</sup>,

$$A_{экр} = \alpha_{экр} S_{экр}, \quad (3.22)$$

$\alpha_{экр}$  – коэффициент звукопоглощения экрана глушителя (коэффициенты были взяты для дерева толщиной 20 мм);

$S_{экр}$  – площадь экрана глушителя, м<sup>2</sup>.

Определение снижения уровней звукового давления за счет камерно-экранного глушителя рассчитывалось при уменьшении акустической полости на  $l_1 = 0,8d$ ;  $l_2 = 0,6d$ ;  $l_3 = 0,4d$ ;  $l_4 = 0,2d$ , ширина зазора взята, согласно данным [143] и равняется  $d = 0,2$  м.

Данные расчета сводим в табл. 3.2.

Таблица 3.2

Снижение уровней звукового давления за счет камерно-экранного глушителя при различной ширине экрана

Величина	Среднегеометрические октавные полосы частот, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Снижение уровней звукового давления в приемке после устройства камерно-экранного глушителя с шириной экрана 0,04 м								
$V$	$8,3*3*0,76=18,92$							
$B_{1000} = \frac{V}{20}$	$18,92/20=1$							
$\mu$	0,8	0,75	0,7	0,8	1	1,4	1,8	2,5
$B = B_{1000}\mu$	0,8	0,75	0,7	0,8	1	1,4	1,8	2,5
$S$	$8,3*0,76*2+3*0,76*2+8,3*3+8,3*0,04*2=42,74$							
$S_{обл}$	$8,3*0,76*2+3*0,76*2+8,3*3+10=52,08$							
$\alpha_{обл}$	0,18	0,28	0,37	0,43	0,54	0,65	0,73	0,83
$A_{обл} = \alpha_{обл}S_{обл}$	9,37	14,58	19,27	22,39	28,12	33,85	38,02	43,23
$S_{экр}$	$8,3*0,04*2= 0,66$							
$\alpha_{экр}$	0,1	0,1	0,1	0,08	0,08	0,11	0,1	0,1
$A_{экр} = \alpha_{экр}S_{экр}$	0,066	0,066	0,066	0,053	0,053	0,073	0,066	0,066
$\bar{\alpha} = \frac{\Delta A_{обл} + \Delta A_{экр}}{S}$	0,22	0,34	0,45	0,52	0,66	0,79	0,89	1,01
$A = \bar{\alpha}S$	9,4	14,53	19,23	22,22	28,21	33,76	38,04	43,17
$S_{вых}$	$8,3*0,16*2=2,67$							
$\Delta L = 10 \lg \frac{A}{S_{вых}}$	5,4	7,3	8,6	9,2	10,2	11,0	11,5	12,1

Продолжение таблицы 3.2

Снижение уровней звукового давления в приемке после устройства камерно-экранного глушителя с шириной экрана 0,08 м								
$V$	$8,3*3*0,76=18,92$							
$B_{1000} = \frac{V}{20}$	$18,92/20=1$							
$\mu$	0,8	0,75	0,7	0,8	1	1,4	1,8	2,5
$B = B_{1000}\mu$	0,8	0,75	0,7	0,8	1	1,4	1,8	2,5
$S$	$8,3*0,76*2+3*0,76*2+8,3*3+8,3*0,08*2=43,41$							
$S_{обл}$	$8,3*0,76*2+3*0,76*2+8,3*3+10=52,08$							
$\alpha_{обл}$	0,18	0,28	0,37	0,43	0,54	0,65	0,73	0,83
$A_{обл} = \alpha_{обл}S_{обл}$	9,37	14,58	19,27	22,39	28,12	33,85	38,02	43,23
$S_{экр}$	$8,3*0,08*2=1,33$							
$\alpha_{экр}$	0,1	0,1	0,1	0,08	0,08	0,11	0,1	0,1
$A_{экр} = \alpha_{экр}S_{экр}$	0,133	0,133	0,133	0,106	0,106	0,146	0,133	0,133
$\bar{\alpha} = \frac{\Delta A_{обл} + \Delta A_{экр}}{S}$	0,22	0,34	0,45	0,52	0,65	0,78	0,88	0,99
$A = \bar{\alpha}S$	9,55	14,76	19,53	22,57	28,22	33,86	38,2	42,98
$S_{вых}$	$8,3*0,12*2=1,92$							
$\Delta L = 10 \lg \frac{A}{S_{вых}}$	6,9	8,9	10,1	10,7	11,7	12,5	13,0	13,5
Снижение уровней звукового давления в приемке после устройства камерно-экранного глушителя с шириной экрана 0,12 м								
$V$	$8,3*3*0,76=18,92$							
$B_{1000} = \frac{V}{20}$	$18,92/20=1$							
$\mu$	0,8	0,75	0,7	0,8	1	1,4	1,8	2,5
$B = B_{1000}\mu$	0,8	0,75	0,7	0,8	1	1,4	1,8	2,5
$S$	$8,3*0,76*2+3*0,76*2+8,3*3+8,3*0,12*2=44,07$							

Продолжение таблицы 3.2

$S_{обл}$	8,3*0,76*2+3*0,76*2+8,3*3+10=52,08							
$\alpha_{обл}$	0,18	0,28	0,37	0,43	0,54	0,65	0,73	0,83
$A_{обл} = \alpha_{обл} S_{обл}$	9,37	14,58	19,27	22,39	28,12	33,85	38,02	43,23
$S_{экр}$	8,3*0,12*2=1,99							
$\alpha_{экр}$	0,1	0,1	0,1	0,08	0,08	0,11	0,1	0,1
$A_{экр} = \alpha_{экр} S_{экр}$	0,199	0,199	0,199	0,159	0,159	0,219	0,199	0,199
$\bar{\alpha} = \frac{\Delta A_{обл} + \Delta A_{экр}}{S}$	0,22	0,34	0,44	0,51	0,64	0,77	0,87	0,99
$A = \bar{\alpha} S$	9,7	14,98	19,39	22,48	28,2	33,93	38,34	43,63
$S_{вых}$	8,3*0,08*2=1,33							
$\Delta L = 10 \lg \frac{A}{S_{вых}}$	8,6	10,5	11,6	12,3	13,3	14,1	14,6	15,2
Снижение уровней звукового давления в прямке после устройства камерно-экранного глушителя с шириной экрана 0,16 м								
$V$	8,3*3*0,76=18,92							
$B_{1000} = \frac{V}{20}$	18,92/20=1							
$\mu$	0,8	0,75	0,7	0,8	1	1,4	1,8	2,5
$B = B_{1000} \mu$	0,8	0,75	0,7	0,8	1	1,4	1,8	2,5
$S$	8,3*0,76*2+3*0,76*2+8,3*3+8,3*0,16*2=44,74							
$S_{обл}$	8,3*0,76*2+3*0,76*2+8,3*3+10=52,08							
$\alpha_{обл}$	0,18	0,28	0,37	0,43	0,54	0,65	0,73	0,83
$A_{обл} = \alpha_{обл} S_{обл}$	9,37	14,58	19,27	22,39	28,12	33,85	38,02	43,23
$S_{экр}$	8,3*0,16*2=2,66							
$\alpha_{экр}$	0,1	0,1	0,1	0,08	0,08	0,11	0,1	0,1
$A_{экр} = \alpha_{экр} S_{экр}$	0,266	0,266	0,266	0,213	0,213	0,293	0,266	0,266

Продолжение таблицы 3.2

$\bar{\alpha} = \frac{\Delta A_{обл} + \Delta A_{экр}}{S}$	0,22	0,33	0,44	0,51	0,63	0,76	0,86	0,97
$A = \bar{\alpha}S$	9,84	14,76	19,69	22,82	28,19	34,0	38,48	43,4
$S_{вых}$	8,3*0,04*2=0,66							
$\Delta L = 10 \lg \frac{A}{S_{вых}}$	11,7	13,5	14,8	15,4	16,3	17,1	17,7	18,2

Определение снижения уровней звукового давления за счет уменьшения акустического зазора, дБ,

$$\Delta L_3 = \Delta L + \Delta L_n. \quad (3.23)$$

Данные расчета сводим в табл. 3.3, рис 3.3.

Таблица 3.3

Снижение уровней звукового давления за счет уменьшения акустического зазора

$\Delta L_3 = \Delta L + \Delta L_n$ , дБ при ширине акустического зазора	Среднегеометрические октавные полосы частот, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$l_1 = 0,8d = 0,16$ м	-0,8	0,9	2,0	3,0	4,9	7,3	8,9	10,8
$l_2 = 0,6d = 0,12$ м	0,7	2,5	3,5	4,5	6,4	8,8	10,4	12,2
$l_3 = 0,4d = 0,08$ м	2,4	4,1	5,0	6,1	8,0	10,4	12,0	13,9
$l_4 = 0,2d = 0,04$ м	5,5	7,1	8,2	9,2	11,0	13,4	15,1	16,9

На графике (рис. 3.3) представлены результаты расчетов, согласно табл. 3.3.

Как показывают результаты расчета, уменьшение акустического зазора ( $d$ ) приводит к снижению уровней звукового давления. Максимальное снижение наблюдается при максимально возможном уменьшении зазора ( $l_4 = 0,2d$ ), а именно до 0,04 м. При этом снижение на низких частотах (63 – 250 Гц) происхо-

дит от 5,5 до 8,2 дБ, на средних (500 Гц) – 9,2 дБ, а на высоких – от 11,0 дБ на 1000 Гц до 16,9 дБ на 8000 Гц.

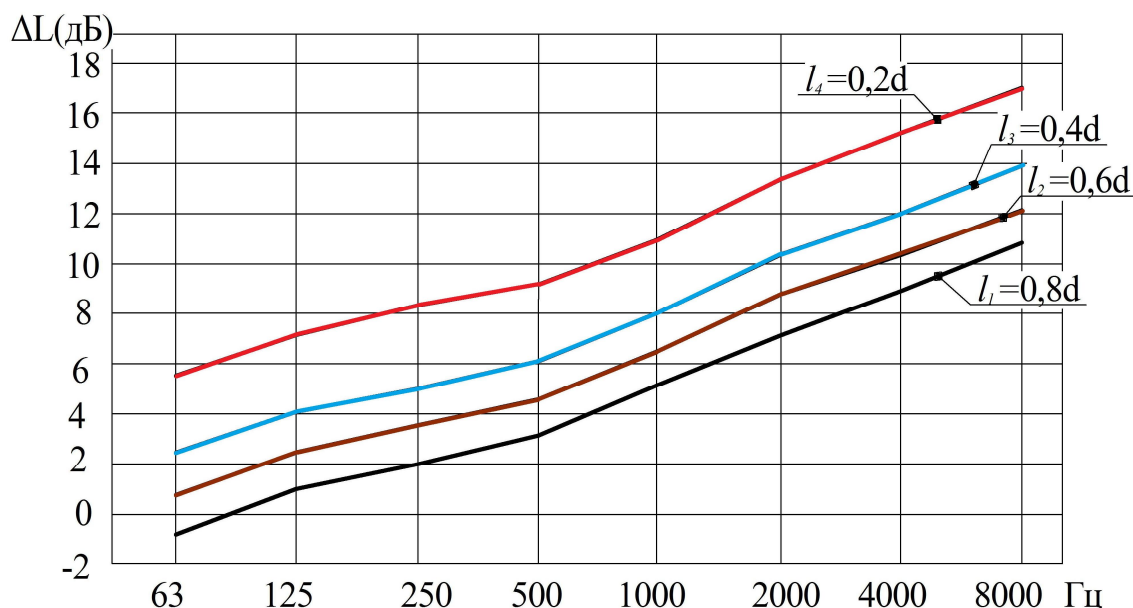


Рис. 3.3. Относительное снижение уровней звукового давления в октавных полосах частот при различной величине уменьшения акустического зазора:

1 – ширина акустического зазора  $l_1 = 0,8d = 0,16$  м; 2 –  $l_2 = 0,6d = 0,12$  м;

3 –  $l_3 = 0,4d = 0,08$  м; 4 –  $l_4 = 0,2d = 0,04$  м

### 3.4. Исследование снижения уровней звукового давления на рабочем месте формовщика путем устройства камерно-экранного глушителя методом прямого физического моделирования

Для проверки достоверности теоретических расчетов методом прямого физического моделирования в Полтавском национальном техническом университете была сконструирована и изготовлена экспериментальная установка ЭУ-2010, общий вид которой представлен на рис. 3.4.

Исследования проводились на базе санитарной лаборатории ООО «Инженерно-внедренческий центр охраны труда» (г. Полтава).

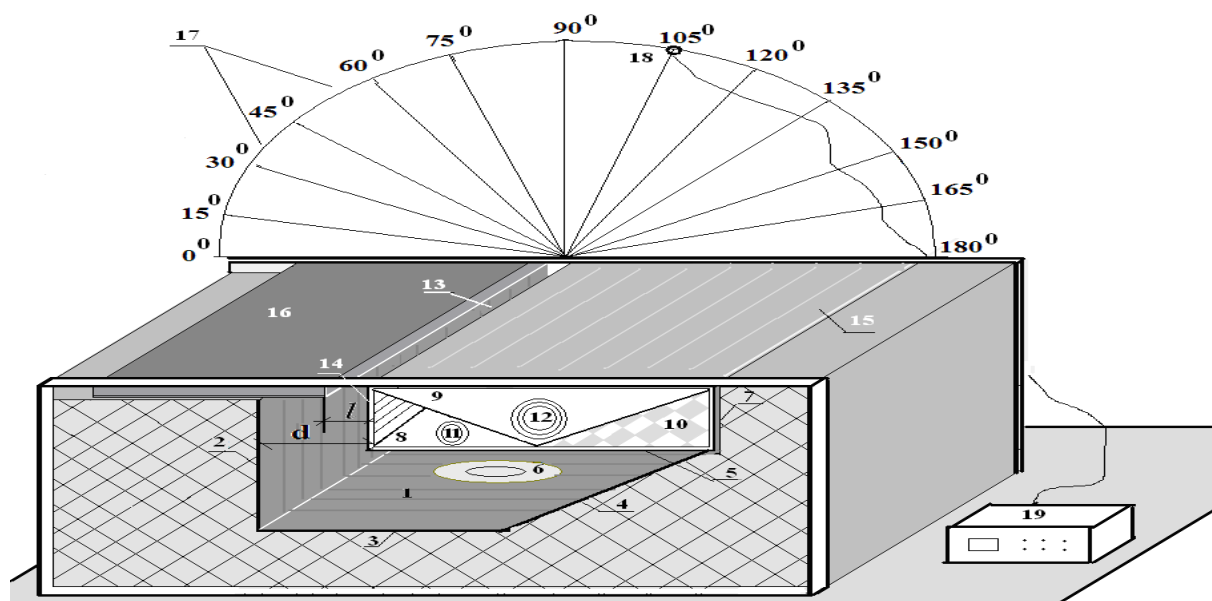


Рис. 3.4. Схема экспериментальной установки ЭУ-2010:

1 – камера высокого звукового давления с изменяющимся объемом (от 0,9 до 1,2 м<sup>3</sup>); 2 – вертикальная стенка приемка; 3 – пол приемка; 4 – наклонная плоскость приемка; 5 – нижняя плоскость фрагмента виброагрегата; 6 – громкоговоритель, имитирующий шум нижней части виброагрегата; 7 – фрагмент виброагрегата в виде параллелепипеда; 8, 9 – камеры высокого звукового давления; 10 – часть параллелепипеда заполненная звукопоглощающим материалом; 11 – громкоговоритель, имитирующий шум боковой стенки виброагрегата; 12 – громкоговоритель, имитирующий шум верхней плоскости виброагрегата; 13 – боковая перфорированная плоскость виброагрегата; 14 – излучающая шум щель; 15 – верхняя перфорированная плоскость виброагрегата; 16 – акустический экран; 17 – металлическая дуга измерительной плоскости; 18 – измерительный микрофон; 19 – шумомер

Целью исследований являлось определение характера и степени влияния на шумовые характеристики виброагрегата:

- изменение ширины зазора между приемком и боковой стенкой виброагрегата путем применения щитков-экранов;
- взаиморасположение поверхностей виброагрегата и пола;



– использование виброзвукопоглощающей мастики «Вибромаст» в прямке под виброагрегатом.

Экспериментальная установка ЭУ-2010 представляет собой (рис. 3.4 и 3.5) реверберационную с изменяющимся объемом камеру высокого звукового давления. Камера ориентировочно повторяет пространство, расположенное между виброагрегатом, полом и стенами прямки.

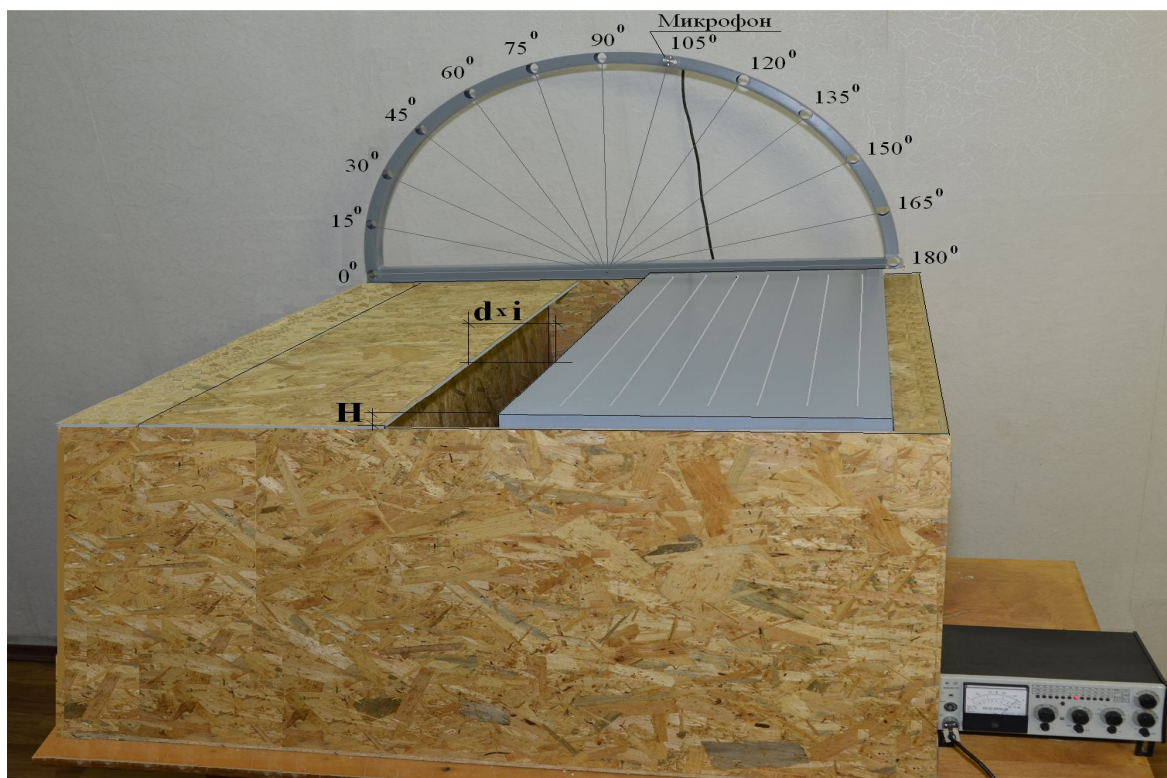


Рис. 3.5. Общий вид экспериментальной установки ЭУ-2010

Экспериментальная установка ЭУ-2010 изготовлена из листов OSB толщиной 1,2 см. Она представляет собой камеру высокого звукового давления с изменяющимся объемом (от 0,9 до 1,2 м<sup>3</sup>) (1), которая ограничена вертикальной стеной (2), полом (3), наклонной плоскостью прямки (4), а также нижней плоскостью фрагмента виброагрегата (5). Пространство между камерой и фрагментом виброагрегата заполнено песком.

Для имитации шума, который излучается нижней частью виброагрегата, включается громкоговоритель (6). В качестве источника шума использовался генератор шума.

Фрагмент виброагрегата, имеющий форму параллелепипеда (7), выполнен из металла с перфорированными полостями – боковой (13) и верхней (14). Внутреннее пространство фрагмента виброагрегата разделено на три части (8, 9 и 10). Две из них (8 и 9) являются камерами высокого звукового давления, в которых установлены громкоговорители (11) – для имитации шума, излучаемого боковой стенкой виброагрегата, и (12) – для имитации шума, излучаемого верхней плоскостью виброагрегата при заполнении и уплотнении бетонной смеси. Третья часть (10) была заполнена звукопоглощающим материалом (песком).

Уменьшение зазора производилось при помощи акустического экрана (16), что позволило изменять ширину зазора от  $l_0 = d = 0,2 \text{ м}$  до  $l_4 = 0,2d = 0,04 \text{ м}$ .

Для измерения распространения шума в пространстве при различных параметрах использовалась выполненная из металлической дуги (17) с отверстиями для установки микрофона (18) измерительная плоскость, которая позволяла через каждые  $15^\circ$  производить акустические измерения. Измерения производились в плоскости от  $0^\circ$  до  $180^\circ$ . В качестве измерительной аппаратуры использовались измеритель шума и вибрации типа ВШВ-003-М № 5517 с микрофоном типа М101 №4027 и импульсный прецизионный шумомер типа 00023.

Микрофон перемещался в вертикальной плоскости (в зоне отраженного звука) по окружности с радиусом  $r = 0,9 \text{ м}$ .

### **3.5. Методика обработки экспериментальных данных**

Необходимое число наблюдений при измерениях параметров шума в процессе выполнения экспериментальных исследований выбиралось, исходя из того, что в исследованиях использовалась прецизионная измерительная аппаратура высокой точности. Вследствие этого измерения характеристик шума (уровней звукового давления) повторялось трижды. В экспериментах по исследованию

направленности излучения шума, выходящего из зазора приямка, в зависимости от его величины, расположения виброагрегата по отношению к уровню пола цеха и использования мастики «Вибромаст» число наблюдений было выбрано из обычного предположения, что случайные погрешности измерения для отдельных составляющих шума в различных экспериментах подчиняются закону нормального распределения [145 – 148]. Так как величина и характер шума при одинаковой ширине акустического зазора в процессе эксперимента стабильны, показатель точности опытов был принят <1%.

Для определения необходимого количества наблюдений при исследовании шума с различной величиной раскрытия акустического зазора использовались данные предварительных исследований.

Обработка ряда экспериментальных данных в каждой из серий замеров производилась в следующей последовательности.

Определялось среднее значение уровней звукового давления в исследуемой точке на измерительной поверхности

$$\overline{L}_n = \frac{\sum_{i=1}^n L_i}{n}, \text{ дБ,}$$

где  $L_i$  – частное значение измеренного уровня звукового давления в исследуемой точке;

$n$  – число измерений в одной из точек.

Далее определялась величина среднеквадратичного отклонения (стандарта) ряда измерений

$$\sigma = \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (L_i - \overline{L}_n)^2}{n-1}}, \text{ дБ,}$$

где  $(L_i - \overline{L_n})^2$  – квадратичное отклонение каждого данного измерения от средне-квадратичного уровня звукового давления.

Вариационный коэффициент  $\ddot{v}$ , характеризующий дисперсию (рассеяние) результатов, относительно центра распределения  $\overline{L_n}$  равен

$$\ddot{v} = \frac{\sigma_n}{L_n} \cdot 100\%.$$

Определение среднеквадратичной погрешности результата производилось по формуле

$$S = \pm \frac{\sigma_n}{\sqrt{n}}, \text{ дБ.}$$

Относительная точность измерений определялась по формуле

$$P = \frac{S_n}{L_n} \cdot 100\%.$$

Численные результаты по данным одной из серий экспериментов сведены в табл. 3.4.

При наибольшем значении вариационного коэффициента  $\ddot{v} = 2,5$  и степени точности выполненных измерений (порядка 1%) определялось необходимое число измерений  $n$ .

В том случае, когда степень точности не соответствовала принятой, число измерений увеличивалось.

Таблица 3.4

Результаты расчета точности выполненных экспериментов для зоны, ограниченной  $0-60^0$ , для виброагрегата, установленного выше уровня пола на 100 мм

Ширина зазора	Угол измерения	Номер эксперимента							$\overline{L}_n$ , дБ	$\pm \sigma$ , дБ	$\pm S$ , дБ	$\ddot{v}$ , %	$P$ , %
		Уровни звукового давления ( $L_i$ ), дБ, в среднегеометрических октавных полосах частот, Гц											
		125	250	500	1000	2000	4000	8000					
0,6 d	0	68	65	64	70	68	66	67	66,8	2,2	0,89	2,5	1,0
	15	66	69	68	71	71	68	67	68,6	1,6	0,66	1,8	0,8
	30	72	70	76	73	75	74	73	73,3	2,2	0,91	2,4	0,99
	45	75	76	77	79	78	80	77	77,4	1,7	0,71	1,8	0,7
	60	78	76	78	81	80	79	80	78,8	1,8	0,82	1,9	0,8

### 3.6. Экспериментальные исследования эффективности камерно-экранного глушителя

#### 3.6.1. Исследование влияния размеров акустического зазора на параметры уровня звукового давления в различных направлениях распространения звука в рабочую зону оператора

Увеличение расстояния между стенкой приемка и боковой стенкой виброагрегата на уровне пола цеха с практической точки зрения всегда выгодно, так как при этом улучшается обзор нижней части виброагрегата и упрощается установка формы на виброагрегат. С акустической точки зрения, наоборот, с увеличением ширины такого акустического зазора уровни шума, выходящего из приемка, излучаемые виброоборудованием, растут.

Для снижения выходящего из приемка шума был разработан камерно-экранный глушитель.

Исследования выполнялись на экспериментальной установке (рис. 3.5).

В процессе экспериментов проводились следующие исследования:

– влияние ширины раскрытия акустического зазора на изменения уровней звукового давления в зоне работы оператора;

– определение зависимости шумовых характеристик от угла к горизонту (рис. 3.4, 3.5);

– влияние виброзвукопоглощающего покрытия «Вибромаст» на шумовые характеристики в зоне работы оператора;

– влияние положения поверхности виброагрегата относительно уровня пола цеха (рис. 3.6): а) на одном уровне с полом; б) выше уровня пола на 100 мм.

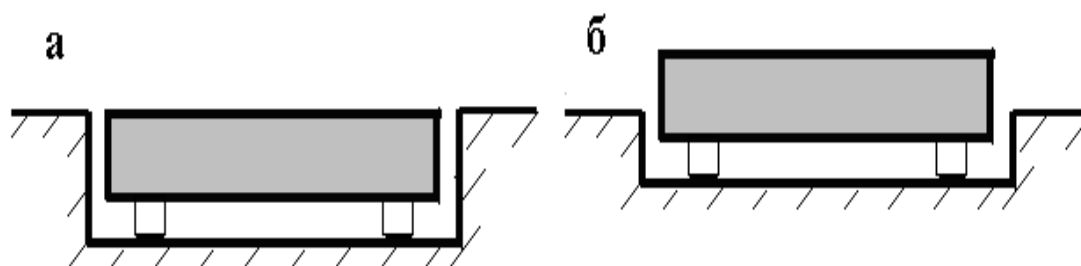


Рис. 3.6. Схемы расположения виброагрегата по отношению к уровню пола цеха

### **Влияние ширины раскрытия акустического зазора на изменения уровней звукового давления в зоне работы оператора**

*Для случая, когда поверхность стола виброагрегата находится на одном уровне с полом*

Основными источниками шума при работе виброагрегата, находящегося в одном уровне с полом, являются: поверхность стола виброагрегата и акустический зазор между экраном и его боковой стенкой (рис. 3.6, а). В данном эксперименте исследовалось влияние ширины раскрытия зазора на шумовые характеристики в зоне работы оператора.

На экспериментальном стенде (рис. 3.5) при проведении данной серии исследований был включен громкоговоритель (6). Он имитировал шум, создаваемый вибрирующими механизмами, расположенными в прямке.

На рис. 3.7, 3.9, 3.11 – 3.14 представлены диаграммы, характеризующие величину и направленность распространяемого шума в зону поста оператора в зависимости от ширины раскрытия акустического зазора в камерно-экранном глушителе.

Диаграммы (рис. 3.7) показывает, что низкочастотные шумы (с частотами 125 и 250 Гц) без препятствий попадают в область геометрической тени и, практически не снижаясь, покрывают зону оператора формовочного поста.

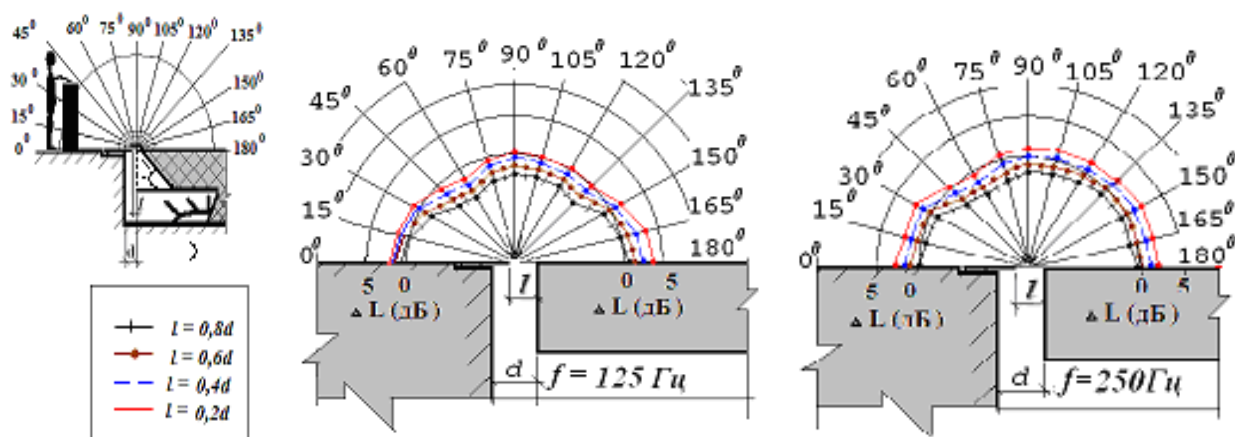


Рис. 3.7. Диаграммы снижения уровней звукового давления в зависимости от ширины раскрытия акустического зазора и угла распространения (частоты 125, 250 Гц)

Это происходит из-за того, что на низких частотах, когда длина волн ( $\lambda$ ) значительно больше размера акустического зазора ( $\lambda \geq l$ ), благодаря дифракционному эффекту *волновой фронт* выходящей звуковой энергии остается цилиндрическим, а волна, имеющая свойства огибания препятствий, достигает всех точек за экраном, не вызывая затухание звука (рис. 3.8). Таким образом, величины уровней звукового давления в низкочастотном диапазоне на частотах 125, 250 Гц практически не изменяются.

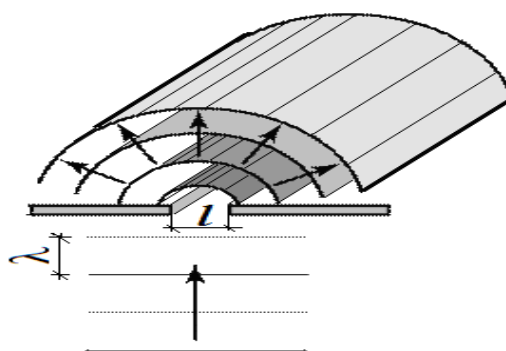


Рис. 3.8. Пример дифракции звука при длине волны ( $\lambda$ ) значительно больше размера акустического зазора

Начиная с частоты 500 Гц (рис. 3.9), когда длина звуковой волны будет равна или меньше величины акустического зазора ( $\lambda \leq l$ ), эффективность глушителя постепенно растет до 4 дБ.

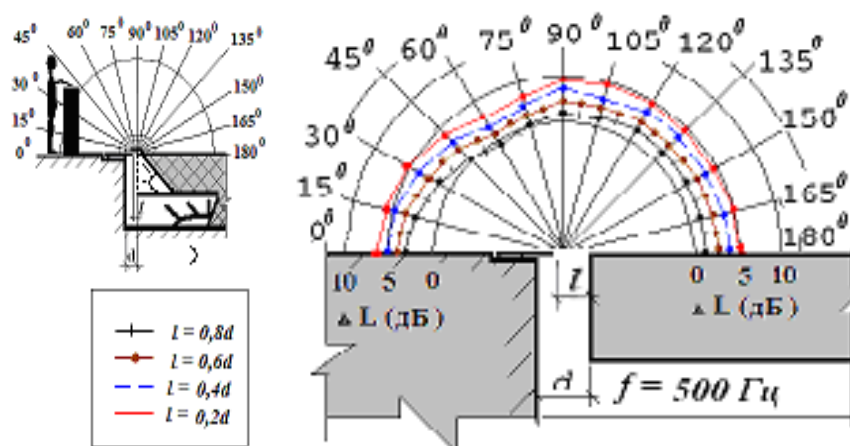


Рис. 3.9. Диаграмма снижения уровней звукового давления в зависимости от ширины раскрытия акустического зазора и угла распространения (частота 500 Гц)

Это происходит потому, что волновой фронт выходящей звуковой энергии из акустического зазора постепенно превращается из цилиндрического в относительно прямолинейно-геометрический (рис. 3.10).



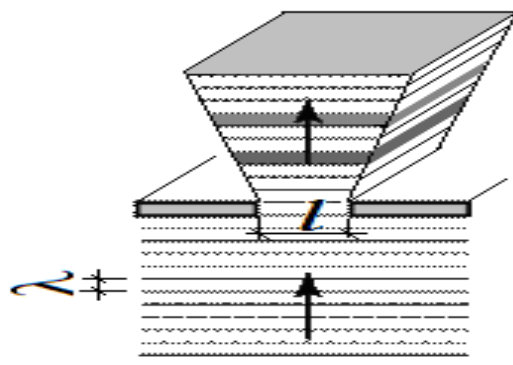


Рис. 3.10. Пример дифракции звука при длине волны ( $\lambda$ ) значительно меньше размера акустического зазора

Поэтому, начиная с частоты 1000 Гц (рис. 3.11), эффективность глушителя увеличивается до 4 – 7 дБ. При этом, учитывая направления излучения шума от вибрирующей боковой стенки стола виброагрегата, на рабочем месте (в зоне от 0 до 45°) на частоте 1000 Гц эффект глушителя снижается до 2 – 3 дБ.

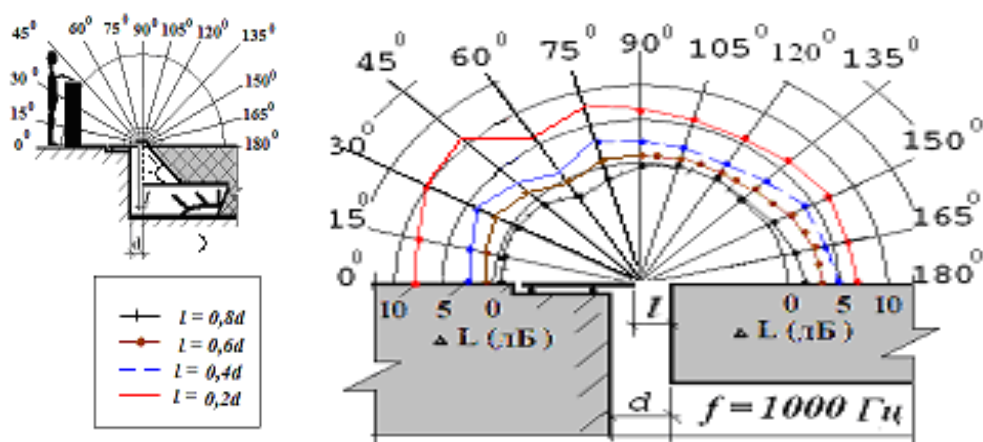


Рис. 3.11. Диаграмма снижения уровней звукового давления в зависимости от ширины раскрытия акустического зазора и угла распространения (частота 1000 Гц)

С увеличением частоты (2000, 4000 и 8000 Гц) длина волны ( $\lambda$ ) звука уменьшается. За счет увеличения зоны звуковой тени (рис. 3.10) эффективность глушителя на рабочем месте повышается.

При 2000 Гц и длине звуковой волны  $\lambda = 0,17\text{ м}$  (рис. 3.12) эффективность камерно-экранного глушителя в зоне оператора изменяется от 14 дБ (при ширине акустического зазора  $0,8d$ ) до 22 дБ (при ширине акустического зазора  $0,2d$ ).

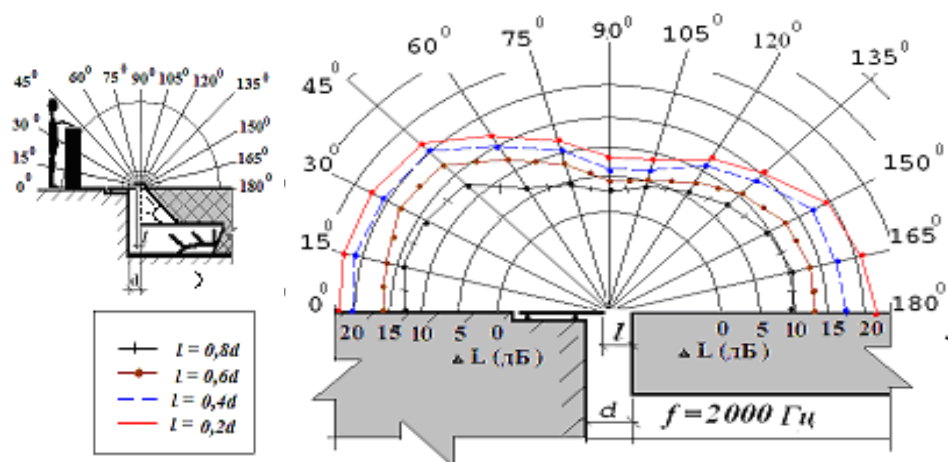


Рис. 3.12. Диаграмма снижения уровней звукового давления в зависимости от ширины раскрытия акустического зазора и угла распространения (частота 2000 Гц)

На 4000 Гц при длине звуковой волны  $\lambda = 0,85\text{ м}$  (рис. 3.13) эффективность камерно-экранного глушителя в зоне оператора изменяется от 15 дБ (при ширине акустического зазора  $l_1 = 0,8d = 0,16\text{ м}$ ) до 27 дБ (при ширине акустического зазора  $l_4 = 0,2d = 0,04\text{ м}$ ).

На 8000 Гц при длине звуковой волны  $\lambda = 0,042\text{ м}$  (рис. 3.14) эффективность камерно-экранного глушителя с уменьшением величины акустического зазора в зоне оператора увеличивается до 18 дБ (при ширине акустического зазора  $l_1 = 0,8d = 0,16\text{ м}$ ) до 34 дБ (при ширине акустического зазора  $l_4 = 0,2d = 0,04\text{ м}$ ).

При этом, с уменьшением угла излучения с  $60^\circ$  и до  $0^\circ$  величина уровней звукового давления на рабочем месте уменьшается.

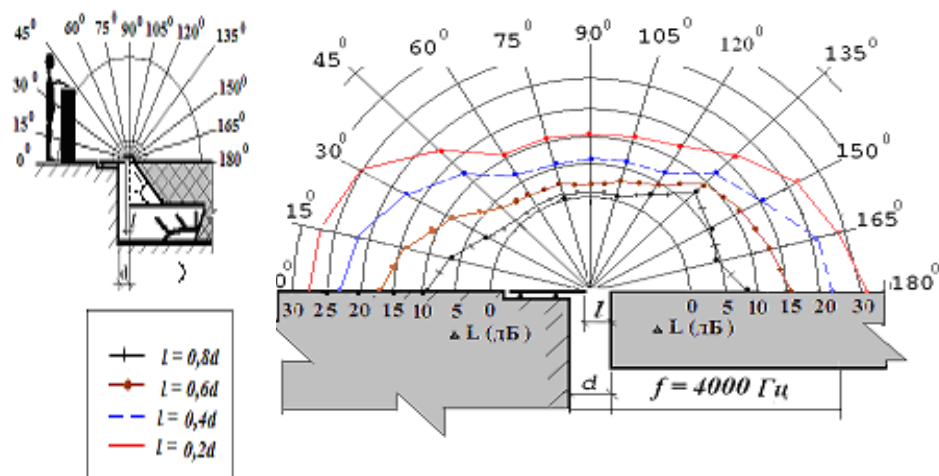


Рис. 3.13. Диаграмма снижения уровней звукового давления в зависимости от ширины раскрытия акустического зазора и угла распространения (частота 4000 Гц)

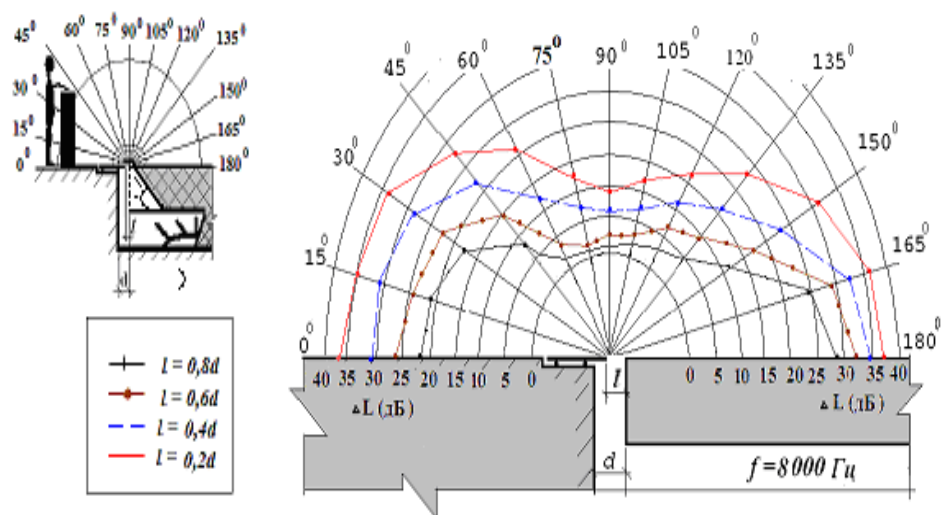


Рис. 3.14. Диаграмма снижения уровней звукового давления в зависимости от ширины раскрытия акустического зазора и угла распространения (частота 8000 Гц)

Изменения величины уровней звукового давления на посту оператора в зависимости от отношения ширины акустического зазора к длине волны (в зоне расположения головы оператора, луч под углом  $45^\circ$ ) представлены на рис. 3.15.

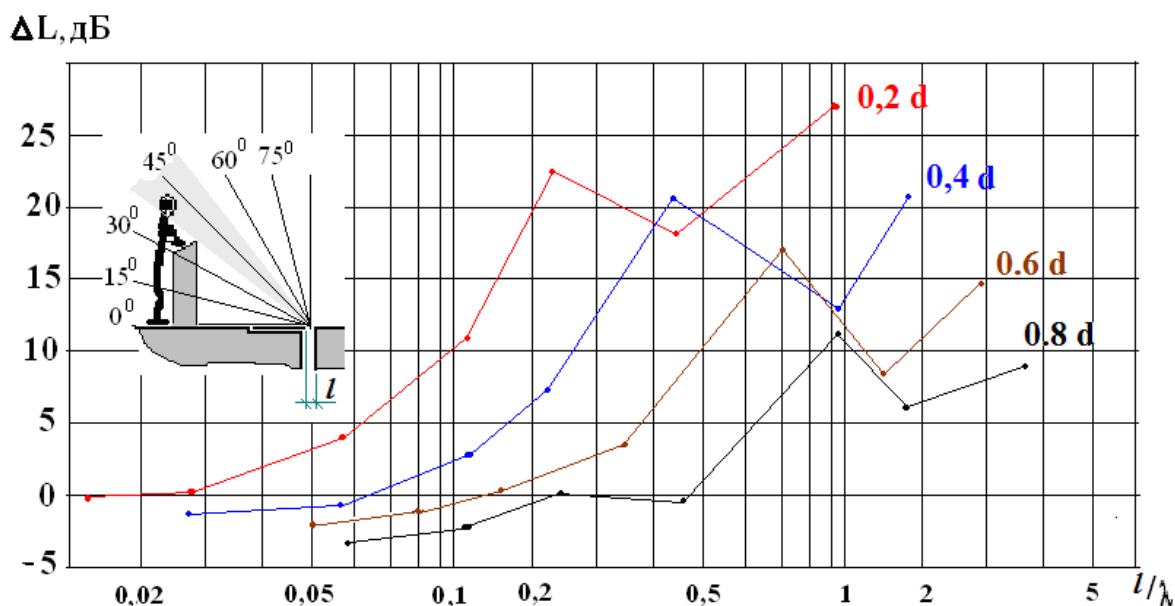


Рис. 3.15. Изменения уровней звукового давления (в зоне луча под углом  $45^\circ$ ) за счет изменения отношения ширины акустического зазора к длине волны ( $l/\lambda$ )

График построен для случая, когда скорость распространения звука равна 341 м/с (при температуре  $20^\circ\text{C}$ ); отношение ширины ( $l$ ) к длине волны ( $\lambda$ ) на различных частотах представлено в табл. 3.5.

Таблица 3.5

Отношение ширины акустического зазора ( $l$ ) к длине волны ( $\lambda$ ) на различных частотах

$f$	$\lambda$	$l_0 = d = 0,2 \text{ м}$	$l_1 = 0,16 \text{ м}$	$l_2 = 0,12 \text{ м}$	$l_3 = 0,08 \text{ м}$	$l_4 = 0,04 \text{ м}$
125	2,73	0,073	0,058	0,044	0,029	0,014
250	1,36	0,147	0,117	0,088	0,058	0,029
500	0,68	0,294	0,235	0,176	0,116	0,058
1000	0,34	0,588	0,471	0,353	0,232	0,116
2000	0,17	1,176	0,941	0,706	0,464	0,232
4000	0,085	2,353	1,882	1,412	0,928	0,464
8000	0,042	4,762	3,764	2,823	1,856	0,953

Анализ результатов эксперимента показывает, что максимальное затухание (12 – 23 дБ) наблюдается при ширине акустического зазора ( $l$ ), в котором укладывается половина длины волны ( $\lambda/2$ ). При увеличении частоты, когда отношения

величины акустического зазора ( $l$ ) к длине волны ( $\lambda$ ) составляет 3 и более, эффективность глушителя в области длинных волн, близких по величине к удвоенной ширине акустического зазора, резко уменьшается до 7 – 18 дБ.

При дальнейшем увеличении отношения ширины акустического зазора к длине волны ( $l/\lambda$ ) эффективность глушителя растет.

Из графика (рис. 3.15) видно, что величины уровней звукового давления на низких частотах из-за огибания препятствия, попадая в зону геометрической тени, практически не изменяются.

Эффективность экрана начинает проявляться с частоты 1000 Гц, где величина звукового давления начинает уменьшаться пропорционально сужению акустического зазора. Так, при величине акустического зазора  $l_1 = 0,8d$  на частоте 1000 Гц еще практически не наблюдается снижение уровней звукового давления. При сужении акустического зазора эффективность глушителя постепенно растет от 3 (при  $l_2 = 0,6d$ ) до 11 дБ (при  $l_4 = 0,2d$ ).

На частоте 2000 Гц эффективность камерно-экранного глушителя увеличивается от 12 ( $l_1 = 0,8d$ ) до 23 дБ (при  $l_4 = 0,2d$ ).

На частоте 4000 Гц эффективность камерно-экранного глушителя увеличивается на 10 дБ, а на частоте 8000 Гц – до 26 дБ.

На рис. 3.16 представлены данные исследований направленности распространения звуковой энергии (при  $l_4 = 0,2d$ ) в сторону оператора формовочного поста.

С увеличением угла распространения шума (от 0 до  $75^0$ ) выходящей из акустического зазора звуковой энергии эффективность глушителя независимо от частоты снижается. Это связано с тем, что, приближаясь к зоне прямого излучения из акустического зазора (к углу  $90^0$ ), звуковая энергия имеет меньше потерь.

Эффективность глушителя в зоне оператора с увеличением частоты повышается.

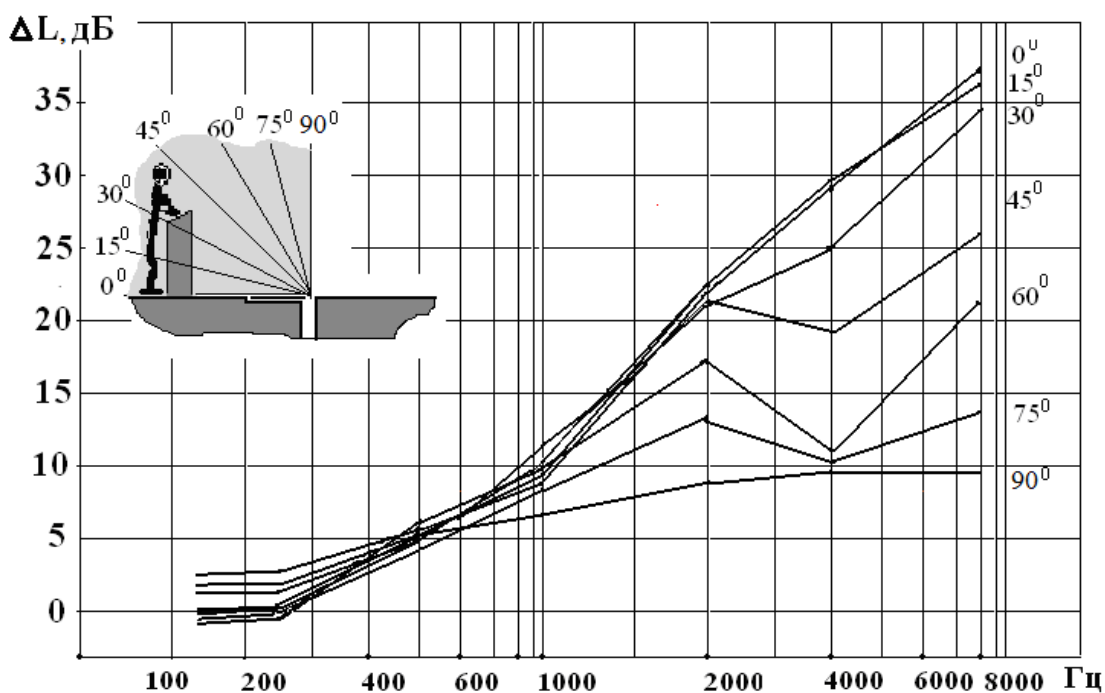


Рис. 3.16. График зависимости эффективности камерно-экранного глушителя (при  $l_4 = 0,2d$ ) от угла излучения звуковой энергии и частоты

Следует отметить, что на низких частотах (от 125 до 500 Гц) эффективность камерно-экранного глушителя при различных углах распространения шума растет незначительно и практически, на одну и ту же величину (от 0 до 4 дБ). При увеличении частоты эффективность (при направленности излучения от  $0$  до  $90^{\circ}$ ) постепенно, но существенно растет от 9 до 29 – 37 дБ.

С увеличением угла направленности излучаемого шума на высоких частотах, когда звуковая энергия распространяется из акустического зазора, эффективность глушителя постепенно снижается. Так, на частоте 8000 Гц под углом  $60^{\circ}$  эффективность глушителя снижается до 22 дБ, а при  $75^{\circ}$  – до 14 дБ.

В зоне прямого излучения ( $90^{\circ}$ , см. рис. 3.16) эффективность на частоте 8000 Гц при  $l_4 = 0,2d$  глушителя снижается до 9 дБ.

*Для случая, когда поверхность стола виброагрегата находится  
выше уровня пола цеха на 100 мм*

Основными источниками шума при работе виброагрегата являются: поверхность стола виброагрегата, выступающая над поверхностью пола боковая стенка стола виброагрегата и акустический зазор между стенкой прямка и стенкой виброагрегата (рис. 3.6, б).

На экспериментальном стенде (рис. 3.5) при проведении данной серии исследований источники шума (12), расположенные в камере высокого звукового давления за боковой стенкой (13), на период измерений шума были включены. Первый источник шума имитировал шум, создаваемый вибрирующей боковой стенкой стола виброагрегата; второй – шум, создаваемый расположенными в прямке механизмами привода виброагрегата.

На рис. 3.17 – 3.22 представлены диаграммы, характеризующие величину и направленность распространяемого в зону поста оператора шума в зависимости от ширины акустического зазора в камерно-экранном глушителе при расположении виброагрегата выше уровня пола (рис. 3.6, б)

Анализ результатов измерений на рабочем месте оператора показал, что величины уровней звукового давления в низкочастотной полосе спектра (рис. 3.17) по сравнению с уровнями, при расположении виброагрегата на одном уровне с полом, увеличилась на 2 – 3 дБ. Основным источником шума в данном случае является, расположенная над поверхностью пола цеха бортовая стенка стола виброагрегата.

На среднегеометрической октавной частоте 500 Гц (рис. 3.18) уровень звукового давления увеличился до 5 дБ.

В октавной полосе со среднегеометрической частотой 1000 Гц (рис. 3.19) величина раскрытия акустического зазора на снижение шума влияния не оказывает. При этом высокочастотный шум (2000 – 8000 Гц) с направленной формой распространения попадает на рабочее место и увеличивается от 1 до 8 дБ по сравнению со случаем, когда поверхность виброагрегата совпадает с уровнем пола цеха.

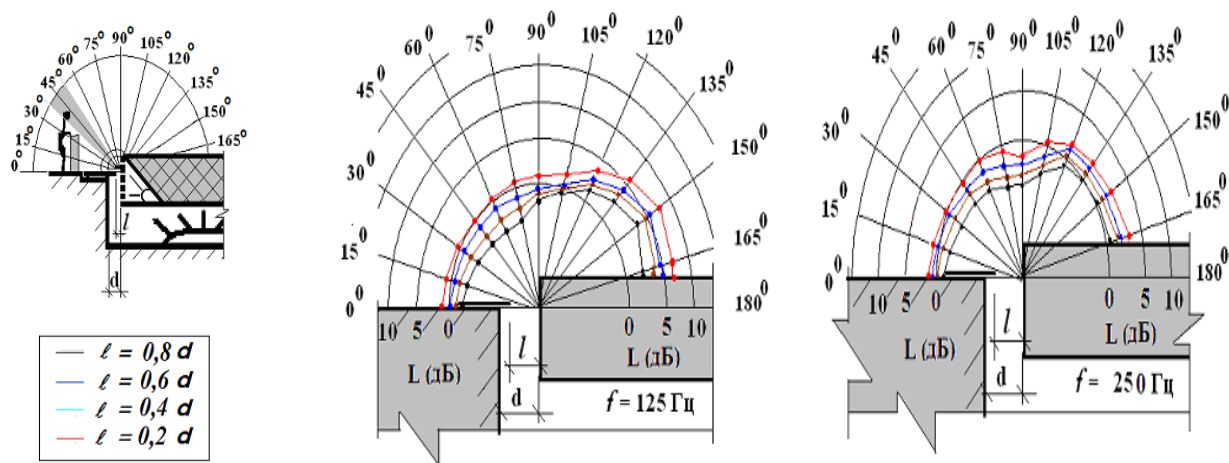


Рис. 3.17. Диаграммы снижения уровней звукового давления в зависимости от ширины раскрытия акустического зазора и угла распространения для случая, когда поверхность стола виброагрегата выше уровня пола цеха на 100 мм (частоты 125, 250 Гц)

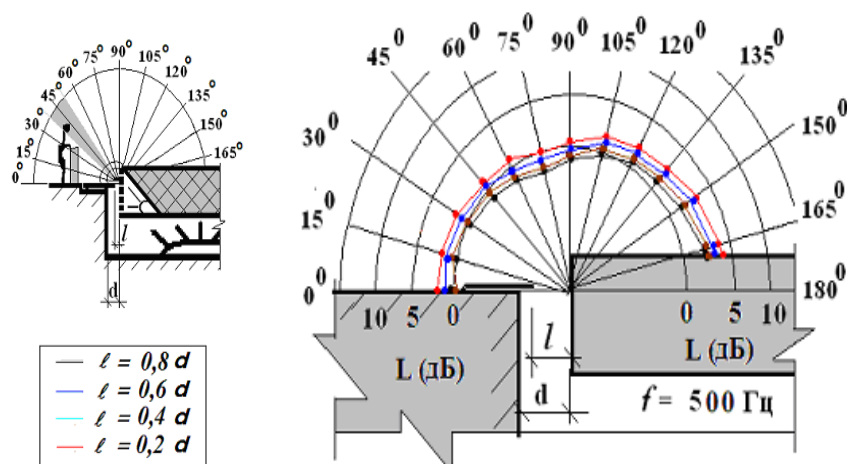


Рис. 3.18. Диаграмма снижения уровней звукового давления в зависимости от ширины раскрытия акустического зазора и угла распространения для случая, когда поверхность стола виброагрегата выше уровня пола цеха на 100 мм (частота 500 Гц)

На частоте 2000 Гц (рис. 3.20) с уменьшением раскрытия акустического зазора эффективность глушителя возрастает на величину от 1 до 6 дБ.



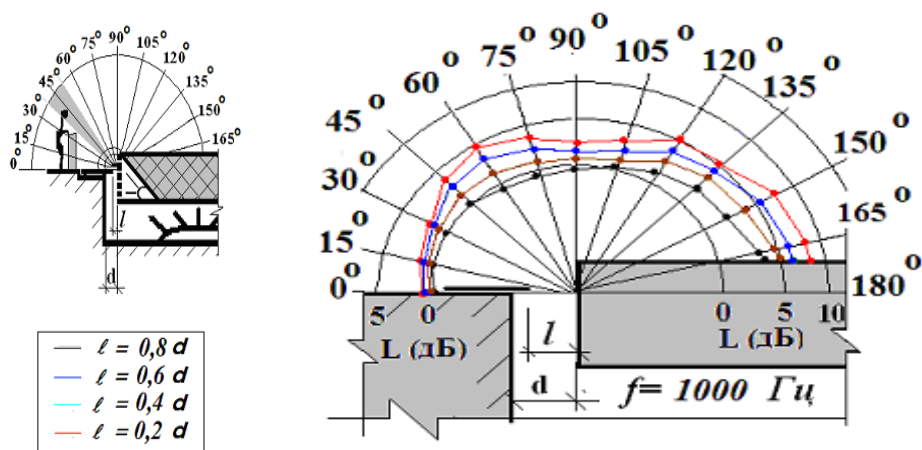


Рис. 3.19. Диаграмма снижения уровней звукового давления в зависимости от ширины раскрытия акустического зазора и угла распространения для случая, когда поверхность стола виброагрегата выше уровня пола цеха на 100 мм (частота 1000 Гц)

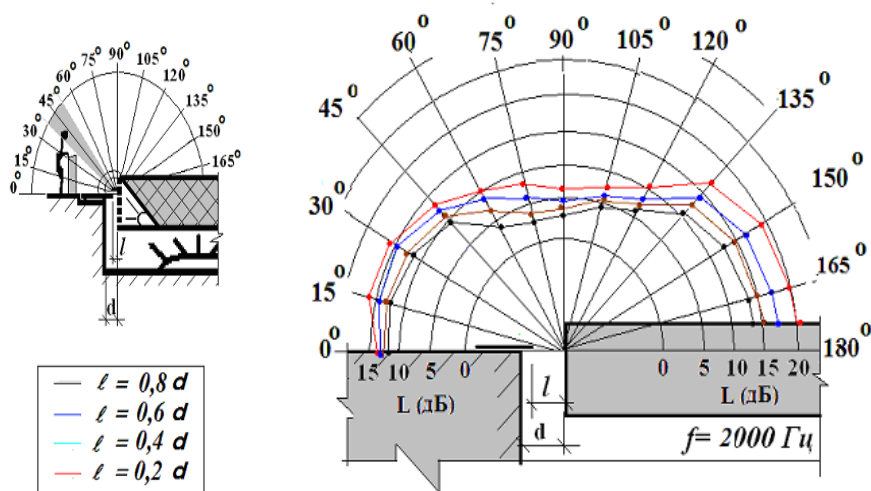


Рис. 3.20. Диаграмма снижения уровней звукового давления в зависимости от ширины раскрытия акустического зазора и угла распространения для случая, когда поверхность стола виброагрегата выше уровня пола цеха на 100 мм (частота 2000 Гц)

На частоте 4000 Гц (рис. 3.21) с уменьшением раскрытия акустического зазора эффективность глушителя на всех частотах увеличивается на величину до 10 дБ.

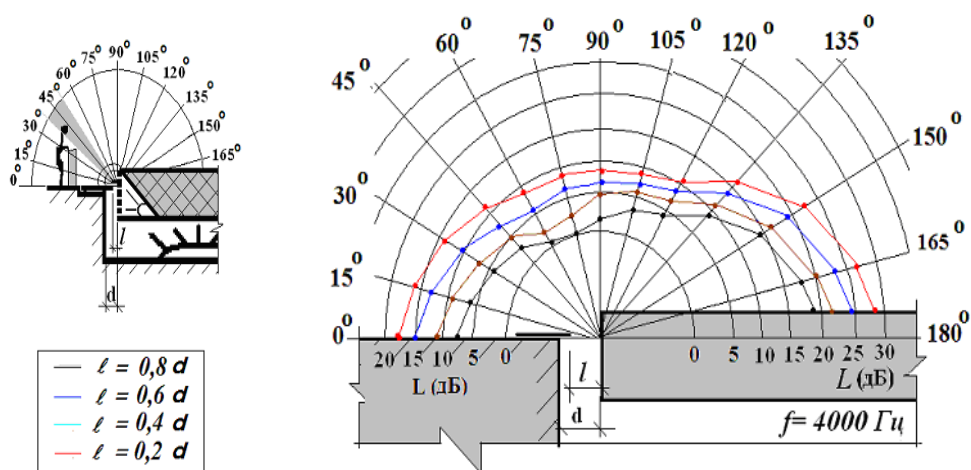


Рис. 3.21. Диаграмма снижения уровней звукового давления в зависимости от ширины раскрытия акустического зазора и угла распространения для случая, когда поверхность стола виброагрегата выше уровня пола цеха на 100 мм (частота 4000 Гц)

На частоте 8000 Гц (рис. 3.22) с уменьшением раскрытия акустического зазора эффективность глушителя на всех среднегеометрических октавных частотах увеличивается на величину до 15 дБ.

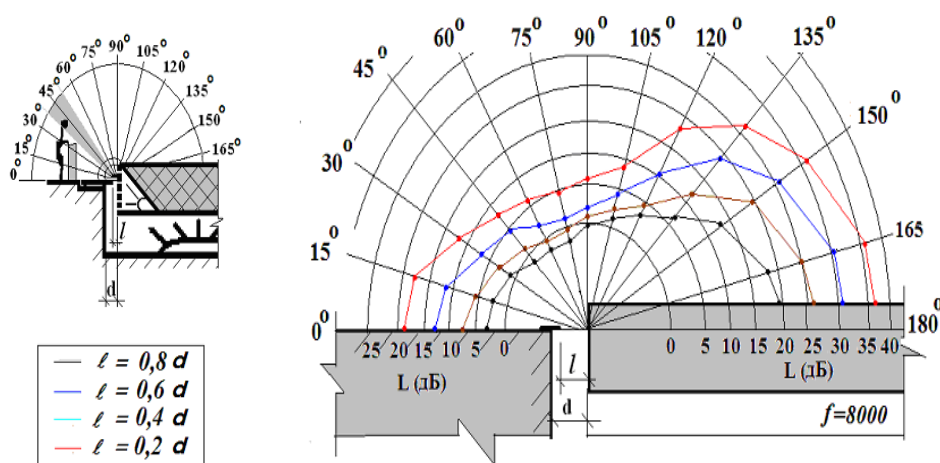


Рис. 3.22. Диаграмма снижения уровней звукового давления в зависимости от ширины раскрытия акустического зазора и угла распространения для случая, когда поверхность стола виброагрегата выше уровня пола цеха на 100 мм (частота 8000 Гц)

Таким образом, с расположением виброагрегата над уровнем пола на 100 мм вибрирующие боковые стенки стола виброагрегата увеличивают уровни звукового давления по всему спектру от 2 до 15 дБ.

### **3.6.2. Исследование влияния размеров акустического зазора при облицовке стенок глушителя и фрагмента виброагрегата мастикой полимерной виброзвукопоглощающей «Вибромаст» на параметры уровня звукового давления в различных направлениях распространения звука в рабочую зону оператора**

*Для случая, когда поверхность стола виброагрегата находится на одном уровне с полом*

Основными источниками распространяемого на рабочее место оператора шума при работе виброагрегата, находящегося на одном уровне с полом, являются: поверхность стола виброагрегата и акустический зазор между экраном и его боковой стенкой (рис. 3.6, а). В данной серии экспериментов исследовалось влияние мастики полимерной виброзвукопоглощающей «Вибромаст» на уровни звукового давления в рабочей зоне оператора.

На экспериментальном стенде (рис. 3.5) при проведении данной серии исследований с использованием камерно-экранного глушителя был включен громкоговоритель (6). Он имитировал шум, создаваемый вибрирующими механизмами, расположенными в приемке.

На рис. 3.23 – 3.26 представлены диаграммы снижения уровня звукового давления в зоне поста оператора в зависимости от ширины акустического зазора в камерно-экранном глушителе и угла распространения при облицовке стен приемки и фрагмента виброагрегата мастикой полимерной виброзвукопоглощающей «Вибромаст» толщиной слоя 6 мм.

Ширина акустического зазора устанавливалась в соответствии с начальными граничными условиями равной  $l_1 = 0,8d = 0,16 \text{ м}$ ;  $l_2 = 0,6d = 0,12 \text{ м}$ ;  $l_3 = 0,4d = 0,08 \text{ м}$ ;  $l_4 = 0,2d = 0,04 \text{ м}$ .

Как показали исследования, эффективность глушителя на низких частотах 125 и 250 Гц (рис. 3.23) по сравнению с эффективностью глушителя без облицовки, не изменилась.

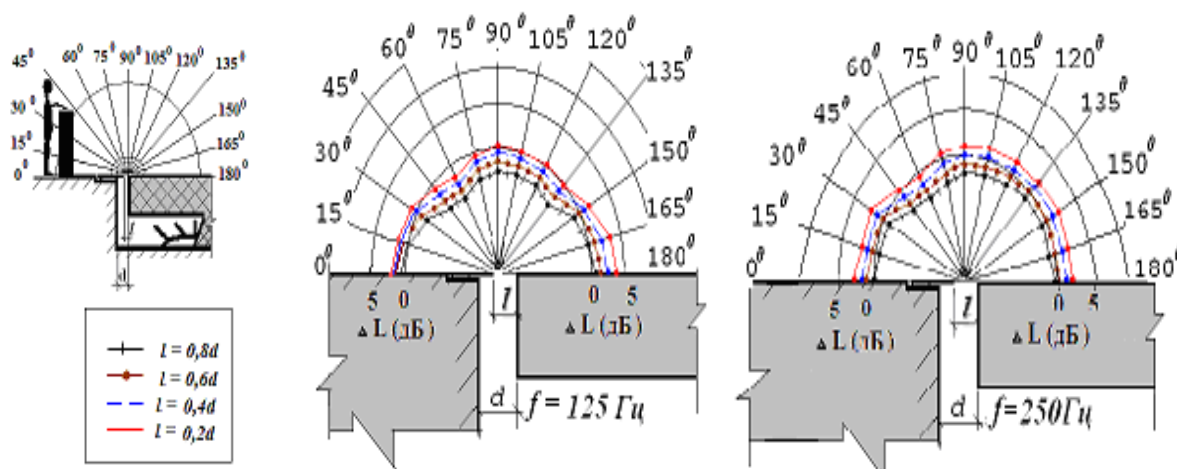


Рис. 3.23. Диаграммы снижения уровней звукового давления в зоне поста оператора в зависимости от ширины акустического зазора в камерно-экранном глушителе и угла распространения при звукопоглощающей облицовке мастикой «Вибромаст» слоем толщиной 6 мм (частоты 125, 250 Гц)

Начиная со среднегеометрической октавной частоты 500 Гц (рис. 3.24), эффективность звукопоглощения незначительно увеличивается. При раскрытии акустического зазора до  $l_1 = 0,8d$  эффективность глушителя со звукопоглощением уменьшилась на 2 – 3 дБ. Лишь при раскрытии акустического зазора до  $l_4 = 0,2d$  используемое звукопоглощающее покрытие позволило увеличить эффективность глушителя на 1 дБ.

На частоте 1000 Гц (рис. 3.25) с уменьшением раскрытия акустического зазора эффективность глушителя растет от 2 до 3 дБ.

На частотах 2000 4000 и 8000 Гц (рис. 3.26) с уменьшением раскрытия акустического зазора эффективность глушителя растет на величину от 4 до 6 дБ по сравнению со случаем без нанесения мастики.

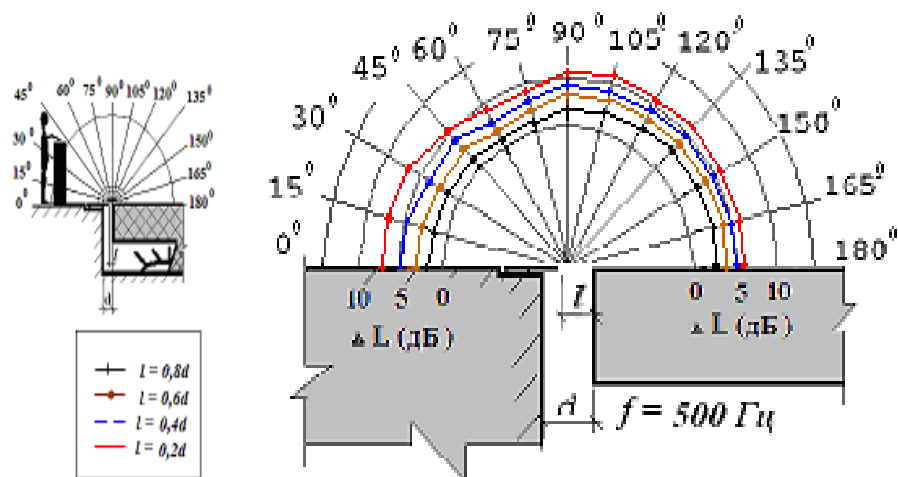


Рис. 3.24. Диаграмма снижения уровней звукового давления в зоне поста оператора в зависимости от ширины акустического зазора в камерно-экранном глушителе и угла распространения при звукопоглощающей облицовке мастикой «Вибромаст» слоем толщиной 6 мм (частота 500 Гц)

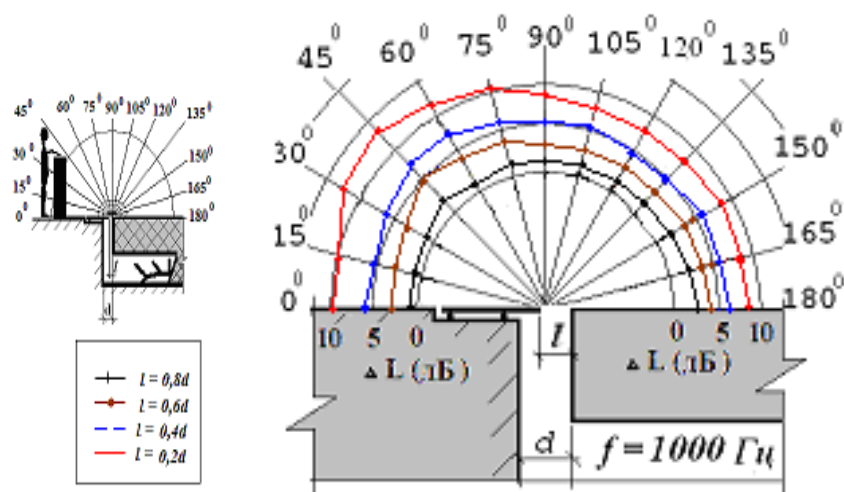


Рис. 3.25. Диаграмма снижения уровней звукового давления в зоне поста оператора в зависимости от ширины акустического зазора в камерно-экранном глушителе и угла распространения при звукопоглощающей облицовке мастикой «Вибромаст» слоем толщиной 6 мм (частота 1000 Гц)

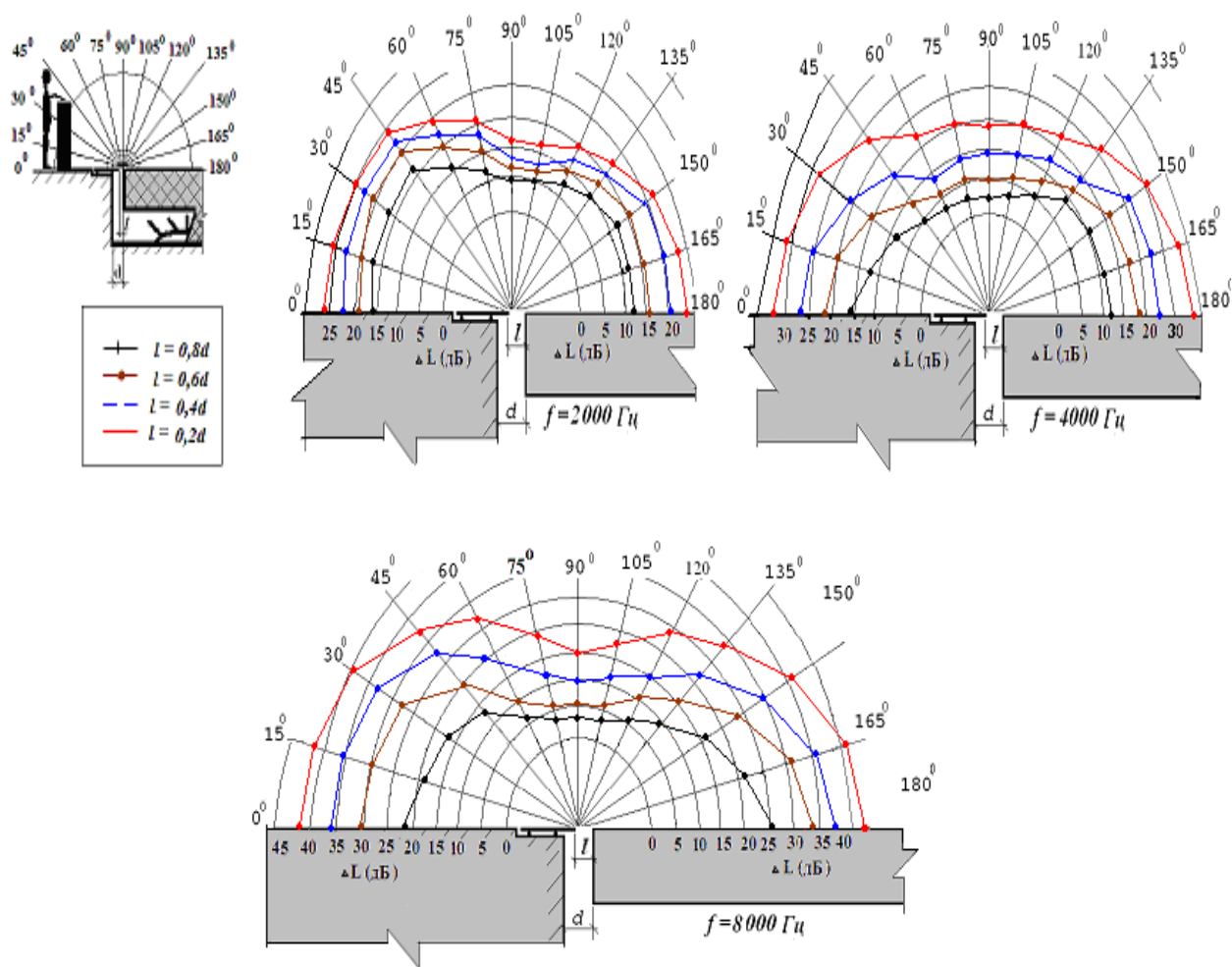


Рис. 3.26. Диаграммы снижения уровней звукового давления в зоне поста оператора в зависимости от ширины акустического зазора в камерно-экранном глушителе и угла распространения при звукопоглощающей облицовке мастикой «Вибромаст» слоем толщиной 6 мм (частоты 2000, 4000, 8000 Гц)

*Для случая, когда поверхность стола виброагрегата находится выше уровня пола цеха на 100 мм*

Основными источниками шума при работе виброагрегата являются: поверхность стола виброагрегата, выступающая над поверхностью пола боковая стенка стола виброагрегата и акустический зазор между стенкой приямка и стенкой виброагрегата (рис. 3.6, б).

Для увеличения эффективности работы камерно-экранного глушителя и снижения шума боковой стенки стола виброагрегата на стенки глушителя и выступающую боковую стенку стола виброагрегата был нанесен слой полимерной виброзвукопоглощающей мастики «Вибромаст» толщиной 6 мм. Данные исследований представлены на рис 3.27 – 3.32.

Эффективность в рабочей зоне от 0 до 75° (место оператора) в низкочастотной полосе спектра (рис. 3.27) при использовании покрытия из полимерной виброзвукопоглощающей мастики «Вибромаст» практически не изменилась.

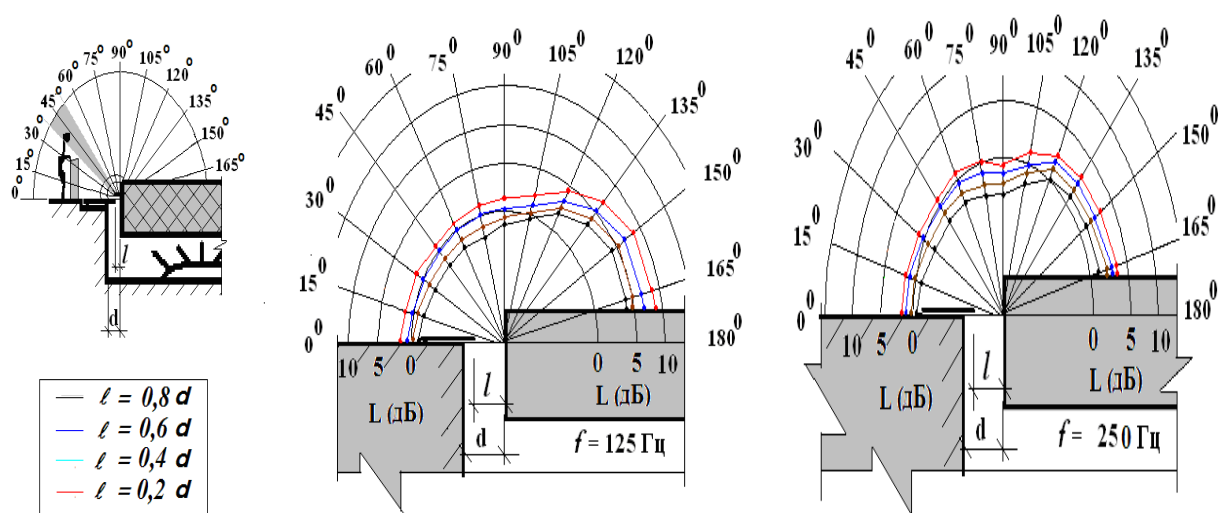


Рис. 3.27. Диаграммы снижения уровней звукового давления в зоне поста оператора в зависимости от ширины акустического зазора в камерно-экранном глушителе и угла распространения при звукопоглощающей облицовке мастикой «Вибромаст» слоем толщиной 6 мм для случая, когда поверхность стола виброагрегата выше уровня пола цеха на 100 мм (частоты 125, 250 Гц)

На среднегеометрической октавной полосе частот 500 Гц (рис. 3.28) эффективность снижения шума увеличилась до 2 – 3 дБ.

На среднегеометрической октавной полосе частот 1000 Гц (рис. 3.29) с уменьшением акустического зазора эффективность глушителя, облицованного звукопоглощающим материалом, постепенно растет. Так, высокочастотный шум с



направленной формой распространения звука попадает на рабочее место постепенно и начинает уменьшаться от 2 дБ – в зоне угла  $45^\circ$ , до 3 дБ – в зоне угла  $0^\circ$ .

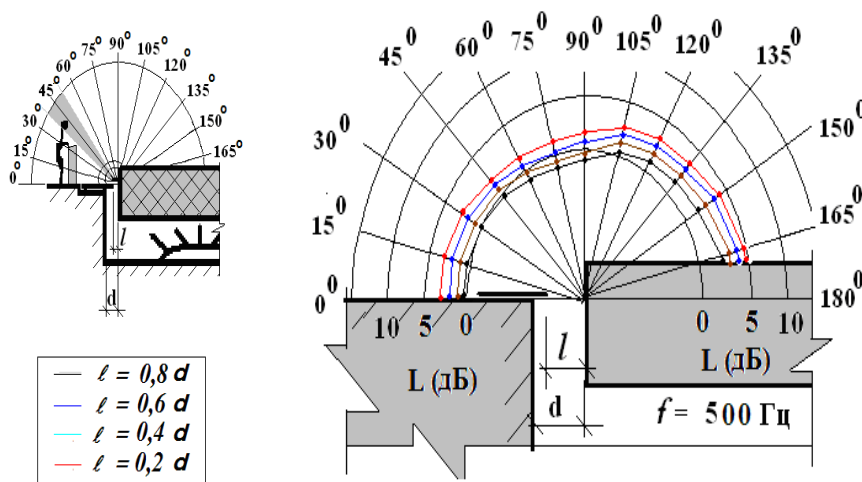


Рис. 3.28. Диаграмма снижения уровней звукового давления в зоне поста оператора в зависимости от ширины акустического зазора в камерно-экранном глушителе и угла распространения при звукопоглощающей облицовке мастикой «Вибромаст» слоем толщиной 6 мм для случая, когда поверхность стола виброагрегата выше уровня пола цеха на 100 мм (частота 500 Гц)

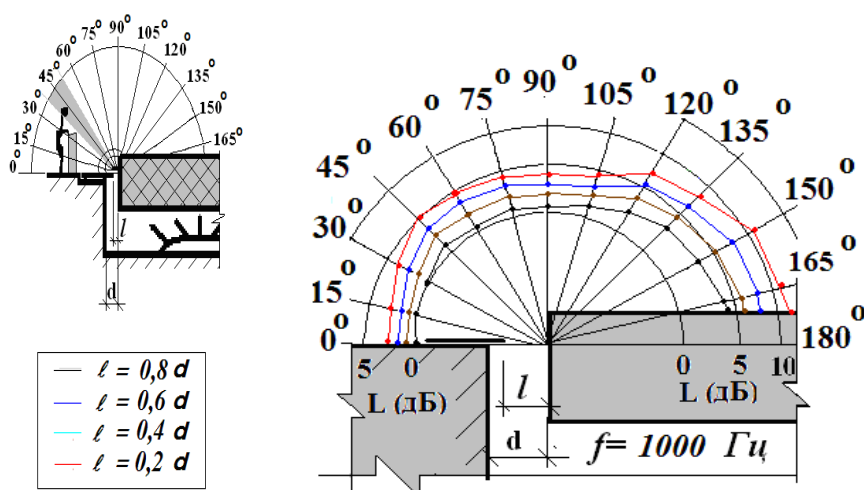


Рис. 3.29. Диаграмма снижения уровней звукового давления в зоне поста оператора в зависимости от ширины акустического зазора в камерно-экранном глушителе и угла распространения при звукопоглощающей облицовке мастикой «Вибромаст» слоем толщиной 6 мм для случая, когда поверхность стола виброагрегата выше уровня пола цеха на 100 мм (частота 1000 Гц)



На частоте 2000 Гц (рис. 3.30) эффективность с облицованными стенками глушителя увеличивается по всем направлениям от 3 до 5 дБ.

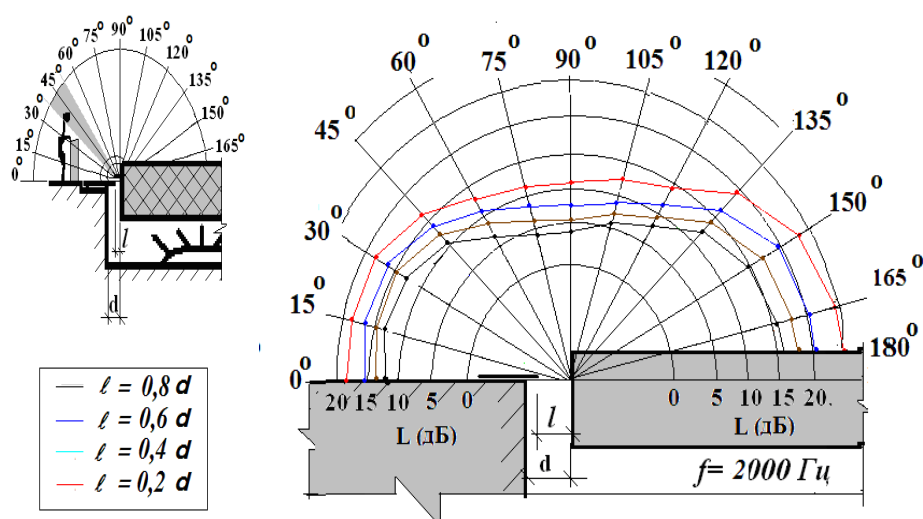


Рис. 3.30. Диаграмма снижения уровней звукового давления в зоне поста оператора в зависимости от ширины акустического зазора в камерно-экранном глушителе и угла распространения при звукопоглощающей облицовке мастикой «Вибромаст» слоем толщиной 6 мм для случая, когда поверхность стола виброагрегата выше уровня пола цеха на 100 мм (частота 2000 Гц)

На частоте 4000 Гц (рис. 3.31) с уменьшением раскрытия акустического зазора эффективность глушителя на всех частотах увеличилась. Так, в зоне распространения прямого звука (от  $90^\circ$  до  $30^\circ$ ) шум уменьшился от 2 до 6 дБ. В зоне от  $15^\circ$  до  $0^\circ$  до 8 дБ.

На частоте 8000 Гц (рис. 3.32) с уменьшением раскрытия акустического зазора эффективность глушителя на всех среднегеометрических октавных частотах увеличилась до 9 дБ.

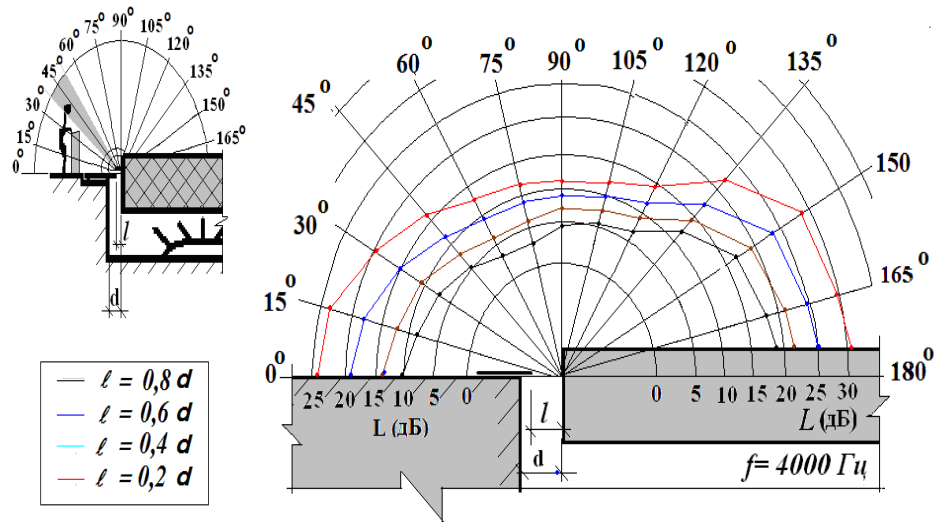


Рис. 3.31. Диаграмма снижения уровней звукового давления в зоне поста оператора в зависимости от ширины акустического зазора в камерно-экранном глушителе и угла распространения при звукопоглощающей облицовке мастикой «Вибромаст» слоем толщиной 6 мм для случая, когда поверхность стола виброагрегата выше уровня пола цеха на 100 мм (частота 4000 Гц)

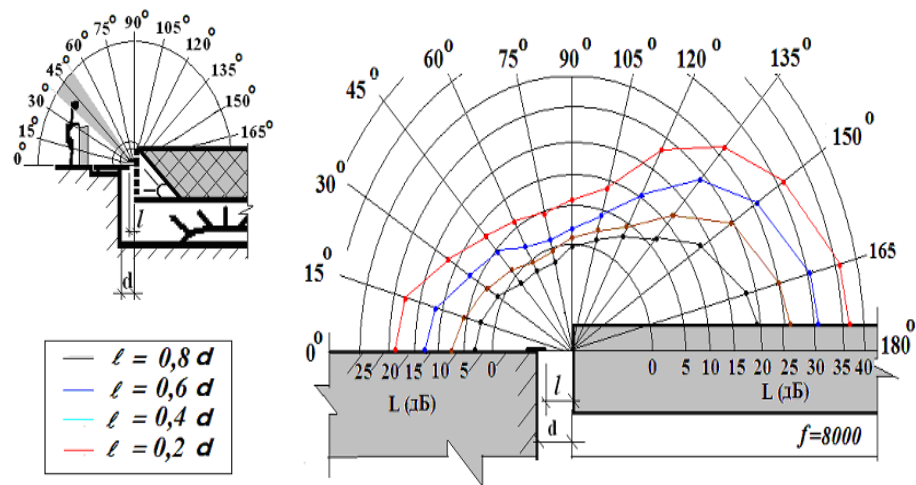


Рис. 3.32. Диаграмма снижения уровней звукового давления в зоне поста оператора в зависимости от ширины акустического зазора в камерно-экранном глушителе и угла распространения при звукопоглощающей облицовке мастикой «Вибромаст» слоем толщиной 6 мм для случая, когда поверхность стола виброагрегата выше уровня пола цеха на 100 мм (частота 8000 Гц)

Таким образом, использование облицовки стенок камеры камерно-экранного глушителя и боковой стенки стола виброагрегата, которая располагается над уровнем пола, мастикой полимерной виброзвукопоглощающей «Вибромаст» позволяет снизить уровни звукового давления по всему спектру на величину от 2 до 9 дБ.

Как показали исследования, снижение уровней звукового давления в зоне оператора зависит от:

- эффективности камерно-экранного глушителя;
- величины акустического зазора в камерно-экранном глушителе;
- наличия звукопоглощающей облицовки в камерно-экранном глушителе;
- взаиморасположения поверхности стола виброагрегата и пола цеха.

Таким образом, величина снижения уровней звукового давления на рабочем месте оператора ( $\Delta L_p$ ) будет определяться так

$$\Delta L_p = \Delta L_{\text{эк}} = \Delta L_{\text{заз}} + \Delta L_{\text{обл}} + \Delta L_{\text{взаим}}, \text{ дБ},$$

где  $\Delta L_{\text{эк}}$  – эффективность камерно-экранного глушителя, дБ;

$\Delta L_{\text{заз}}$  – эффективность от величины акустического зазора, дБ;

$\Delta L_{\text{обл}}$  – эффективность от использования звукопоглощающей облицовки, дБ;

$\Delta L_{\text{взаим}}$  – эффективность от взаиморасположения поверхности стола виброагрегата и пола цеха, дБ.

### **3.7. Натурные исследования снижения уровней звукового давления в зоне оператора при работе виброагрегата с установленным камерно-экранном глушителем**

Для определения величины снижения уровней звукового давления в зоне работы оператора при работе виброагрегата с установленным камерно-экранном глушителем в натуральных условиях на ОДО «Полтавтрансбуд» были проведены натурные измерения.

Измерения шумовых характеристик виброагрегата производились, согласно требованиям нормативного документа [130], результаты представлены в табл. 3.6.

Таблица 3.6

Результаты измерений уровней звукового давления на рабочем месте формовщика при работе виброагрегата с установленным камерно-экраным глушителем

Этапы замеров	Уровни звукового давления, дБ, в среднегеометрических октавных полосах частот, Гц								Уровень звука, дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
до внедрения разработки	118,0	112,0	110,5	107,0	105,5	100,0	98,0	93,5	104,5
после внедрения разработки	115,0	108,5	106,5	101,5	95,5	79,5	76,0	65,0	96,0
величина относительного снижения звука	3,0	3,5	3,5	5,5	10,0	20,5	22,5	28,5	8,5

Примечание: поверхность стола виброагрегата находится выше уровня цеха; внутренние поверхности камерно-экранного глушителя были обработаны мастикой «Вибромаст» слоем толщиной 6 мм; зазор между столом виброагрегата и стенкой приемка был прикрыт экраном до ширины 0,04 м.

На графике (рис. 3.33) представлены результаты, согласно табл. 3.6.

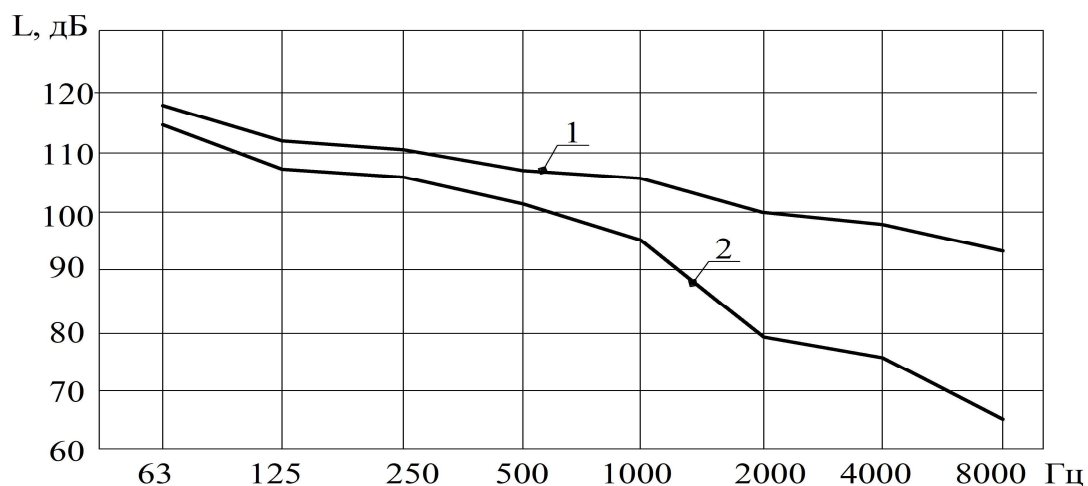


Рис. 3.33. Снижение уровней звукового давления в октавных полосах частот, полученные в натуральных условиях до и после применения камерно-экранного глушителя:

1 – до внедрения камерно-экранного глушителя; 2 – после внедрения

Анализ результатов натуральных измерений уровней звукового давления в октавных полосах частот при установке камерно-экранного глушителя показывает, что в реальных условиях внедрение диссертационной разработки позволяет снизить уровни звукового давления виброагрегата (приложение Г) на величину от 3,5 (на частоте 63 – 250 Гц) до 28,5 дБ (на частоте 8000 Гц), а уровень звука – на 8,5 дБА.

### **3.8. Оценка социально-экономической эффективности применения камерно-экранного глушителя для снижения шума на рабочем месте формовщика на ОДО «Полтавтрансбуд»**

Несовершенство системы профилактики профессиональных заболеваний оказывает серьезное негативное влияние не только на работников и их семьи, но и на общество в целом. Речь идет о стоимости потерь из-за снижения производительности труда и нагрузке на систему социального обеспечения. Профилактика гораздо более эффективна и менее затратна, чем лечение или реабилитация. Все

страны могут и должны предпринять конкретные шаги, чтобы расширить возможности профилактики профессиональных заболеваний [20].

Создание комфортных условий труда – задача не только социальная, но и экономическая. Повышение производительности и качества труда, уменьшение денежных доплат и других льготных пособий за вредные условия труда, неувеличение продолжительности оплачиваемых отпусков, снижение объемов бесплатного медицинского обслуживания лиц с профессиональными травмами и заболеваниями влекут за собой очевидный и весьма существенный экономический эффект.

Снижение шума в условиях производства способно повысить работоспособность на 20%, снизить заболеваемость на 30%, текучесть кадров – на 3,6%, простои – на 4,0%, объем бракованной продукции – на 20 – 30% [149].

58% населения Франции, например, считает, что шум самый опасный фактор загрязнения окружающей среды [150]. По данным ЮНЕСКО, потери, обусловленные шумом на предприятиях США и Франции, составляют соответственно 4 млрд долларов и 2 млрд франков (согласно данным [151], 304898034,4 евро) в год. Пособия и пенсии по инвалидности, ежегодно выплачиваемые в Германии лицам с профессиональным повреждением слуха, составляют 10 млн марок (согласно данным [151], 5112918,811 евро) в год [152]. Промышленный и строительный шум является доминирующим в Японии [153].

И экономике он наносит вред. Так, люди умственного труда при шуме в 70 дБ делают в два раза больше ошибок, чем в тишине. При этом работоспособность уменьшается примерно на 60%, а у занятых физическим трудом – на 30% [154].

Шумозащитные мероприятия позволяют снизить, частично или полностью исключить шумовое загрязнение окружающей среды. Экономический результат шумозащитных мероприятий представляет собой предотвращенный ущерб и включает в себя сумму следующих результатов:

- предотвращение потерь чистой продукции за время болезней работников, занятых в сфере материального производства;

– сокращение объемов выплат из фондов социального страхования за период временной и постоянной нетрудоспособности рабочим и ИТР, получившим заболевания, вызванные воздействием шума;

– сокращение затрат в отрасли здравоохранения на лечение работников от болезней, вызванных воздействием шума.

Согласно данным работы [155], оценка социально-экономической эффективности мероприятий по снижению шума связана со степенью акустической безопасности труда, которая характеризуется вероятностью отсутствия повреждения слуха.

Социальный ущерб от производственного шума определяется числом рабочих, получивших повреждение слуха, а социальная эффективность мероприятий по снижению шума – их оздоровительным эффектом, т.е. уменьшением заболеваемости.

Социальная эффективность мероприятий по снижению шума, %, составляет

$$C = \left( \frac{1 - P_2 D_2}{P_1 D_1} \right) 100, \quad (3.24)$$

где  $D_1$  и  $D_2$  – число работающих;

$P_1$  и  $P_2$  – вероятность повреждения слуха соответственно до и после изменения интенсивности и продолжительности действия шума.

Положительному социальному эффекту отвечает значение  $C > 0$ .

Используя данные измерений, проведенных на ОДО «Полтавтрансбуд» (табл. 3.7) до и после применения мероприятий по снижению шума за счет применения камерно-экранного глушителя, определяем социальную эффективность этих мероприятий.

Таблица 3.7

Результаты измерений эквивалентных уровней звука на технологических постах формовочного производства ОДО «Полтавтрансбуд» до и после применения камерно-экранный глушителя

Производство завода ЖБИ	Количество рабочих	до применения камерно-экранный глушителя		после применения камерно-экранный глушителя	
		Эквивалентный уровень звука $L_{A_{экв}}$ , дБА	Вероятность повреждения слуха за 5 лет работы $P$	Эквивалентный уровень звука $L_{A_{экв}}$ , дБА	Вероятность повреждения слуха за 5 лет работы $P$
Формовочный цех	20	95	0,07	80	0,03

Социальная эффективность от применения камерно-экранный глушителя составляет

$$C = \left( \frac{1 - (0,03 * 20)}{(0,07 * 20)} \right) 100\% = 29\%.$$

Как показывает расчет, социальная эффективность мероприятий по снижению шума положительна.

Экономический ущерб вследствие неблагоприятного воздействия производственного шума характеризуется увеличением затрат труда на производство единицы продукции, обусловленных ростом числа дней временной нетрудоспособности, частичной утратой общей трудоспособности, повышенной утомляемостью здоровых рабочих, а в некоторых случаях и более ранним выходом на пенсию и дополнительным отпуском.



Полные трудовые потери вследствие профессионально обусловленной заболеваемости составляют, %,

$$\Delta\Pi_1 = 0,16(L_{A_{эКв}} - 85). \quad (3.25)$$

Полные трудовые потери вследствие повреждения слуха, вызывающие частичную стойкую утрату общей трудоспособности, и повышенного утомления здоровых рабочих через  $t_0$  лет при действии шума с эквивалентным уровнем звука  $L_{A_{эКв}}$  в течение  $t$  лет составит, %,

$$\Delta\Pi_2 = 2\left(\Delta T_1 + \frac{t_0 - t}{t} \Delta T_2\right), \quad (3.26)$$

где  $\Delta T_1 = 7,5 \cdot 3^{\frac{1}{\alpha\beta^{-1}}}$  – средняя степень утраты общей трудоспособности вследствие повреждения слуха и повышенного утомления здоровых рабочих, отнесенная ко всем рабочим, через  $t$  лет работы в условиях шума;

$\Delta T_2 = 7,5 \cdot 3^{\frac{1}{\alpha\beta^{-1}}} \left\{1 - [1 - P(t)]^\beta\right\}$  – средняя степень утраты общей трудоспособности всех рабочих вследствие повреждения слуха у части из них. Здесь  $\alpha = \lg[1 - P(10)] \lg^{-1}[1 - P(t)]$ ;  $\beta = 1 + 0.4777 \lg[1 - P(10)]$ , где  $P(t)$  и  $P(10)$  – вероятность повреждения слуха при заданном эквивалентном уровне звука соответственно через  $t$  и 10 лет работы.

Полные трудовые потери вследствие профессионально обусловленной заболеваемости, повреждения слуха и повышенного утомления здоровых рабочих, %, составляют

$$\Delta\Pi = \Delta\Pi_1 + \Delta\Pi_2. \quad (3.27)$$

Значения  $\Delta\Pi$ , вычисляемые по вышеизложенным формулам для различных значений  $t$ ,  $t_0$  и  $L_{A_{эКв}}$ , приведены в работе [155].

Ежегодный экономический ущерб, грн/год от вредного воздействия производственного шума через  $t_0$  лет может быть вычислен по формуле

$$Y = \frac{1,5 \cdot 3D}{100} \Delta\Pi, \quad (3.28)$$

где  $3$  – среднегодовая заработная плата рабочего, грн;

$D$  – число рабочих, подвергающихся воздействию шума.

Определим ежегодный экономический ущерб от вредного воздействия производственного шума для работников формовочного цеха.

Среднегодовая заработная плата рабочего (по данным бухгалтерии) составляет 36 тыс. грн.

Полные трудовые потери, согласно данным работы [155], составляют 5% при эквивалентном шуме  $L_{A_{экв}}$ , равном 95 дБА,

$$Y = \frac{1,5 \cdot 36000 \cdot 20}{100} 3,5 = 37800 \text{ грн/год.}$$

При оценке экономической эффективности применения средств защиты от шума наибольший интерес представляет определение годового экономического эффекта, усредненного за нормативный срок окупаемости капитальных вложений, равный, грн/год,

$$\mathcal{E} = \frac{1,5\bar{3}D}{100} (\Delta\bar{\Pi}_1 - \Delta\bar{\Pi}_2) - \left( \frac{K}{N} + C_3 \right), \quad (3.29)$$

где  $\Delta\bar{\Pi}_1$  и  $\Delta\bar{\Pi}_2$  – ежегодные полные трудовые потери, %, усредненные за нормативный срок окупаемости, при работе в условиях шума с эквивалентным уровнем звука на рабочих местах  $L_{A_{1экв}}$  и  $L_{A_{2экв}}$  соответственно до и после применения средств защиты от шума;

$\bar{3}$  – средняя за нормативный срок окупаемости заработная плата рабочего, грн;

$K$  – капитальные вложения в средства защиты от шума, грн;

$N$  – нормативный срок окупаемости капитальных вложений, год;

$C_3$  – среднегодовые эксплуатационные расходы на средства защиты от шума, грн.

Расчет сводим в табл. 3.8.

Таблица 3.8

Определение годового экономического эффекта от применения  
камерно-экранного глушителя

Наименование	Обозначение	Величина
Средняя за нормативный срок окупаемости заработная плата рабочего	$\bar{z}$	36000 грн
Число рабочих, подвергающихся действию шума	$D$	20 человек
Ежегодные полные трудовые потери, усредненные за нормативный срок окупаемости, при работе в условиях шума с эквивалентным уровнем звука на рабочих местах $L_{A_{1эkv}}$ до применения средств защиты от шума	$\Delta\bar{\Pi}_1$	3,5%
Ежегодные полные трудовые потери, усредненные за нормативный срок окупаемости, при работе в условиях шума с эквивалентным уровнем звука на рабочих местах $L_{A_{2эkv}}$ соответственно после применения средств защиты от шума	$\Delta\bar{\Pi}_2$	0%
Капитальные вложения в средства защиты от шума	$K$	2230 грн
Нормативный срок окупаемости капитальных вложений	$N$	1 год
Среднегодовые эксплуатационные расходы на средства защиты от шума	$C_3$	0 грн
Годовой экономический эффект от применения средств защиты от шума	$\mathcal{E}$	35570 грн

### 3.9. Выводы по разделу 3

1. Теоретически доказано, что устройство камерно-экранного глушителя позволит снизить уровни звукового давления в октавных полосах частот от 0 (на частоте 63 Гц) до 10,8 дБ (на частоте 8000 Гц) при сужении акустического зазора между столом виброагрегата и стенкой приемка до величины  $0,8d$  и от 5,5 (на частоте 63 Гц) до 16,9 дБ (на частоте 8000 Гц) при сужении акустического зазора до  $0,2d$ .

2. Экспериментально (на модели ЭУ-2010) подтверждено, что устройство камерно-экранного глушителя позволит снизить уровни звукового давления в октавных полосах частот в зоне оператора ( $45^{\circ}$ ) до величины 3 дБ (на частоте 1000 Гц) при сужении акустического зазора до  $0,6d$  и до 11 дБ при сужении зазора до  $0,2d$ ; до величины 12 дБ (на частоте 2000 Гц) при сужении акустического зазора до  $0,8d$  и до 23 дБ при сужении зазора до  $0,2d$ ; до 26 дБ (на частоте 8000 Гц) при сужении акустического зазора до  $0,2d$ .

3. Использование в качестве звукопоглощающего материала мастики «Вибромаст» на внутренних поверхностях камерно-экранного глушителя позволяет снизить уровни звукового давления в октавных полосах частот в зоне работы оператора на величину от 2 (на частоте 500 Гц) до 9 дБ (на частоте 8000 Гц).

4. Для случая, когда поверхность стола виброагрегата выше уровня пола цеха, эффективность камерно-экранного глушителя снижается; при перепаде 100 мм эффективность снижается на величину от 2 до 15 дБ по всему спектру частот.

5. Внедрение диссертационной разработки камерно-экранного глушителя на ОДО «Полтавтрансбуд» показало социальную эффективность 29% и экономическую в размере 35570 грн/год.

## РАЗДЕЛ 4

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО РИСКА ОТ ШУМОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ В ФОРМОВОЧНЫХ ЦЕХАХ ПРЕДПРИЯТИЙ ПО ПРОИЗВОДСТВУ ЖБИ

### 4.1. Системный стохастический подход к определению воздействия опасных и вредных факторов

#### 4.1.1. Общие положения о рисках на производстве

На здоровье человека и его работоспособность большое влияние оказывает характер трудовой деятельности и условия, в которых она протекает. Они могут благоприятствовать состоянию здоровья человека и успешности выполнения работы или иметь отрицательный эффект при воздействии на работающих опасных и вредных производственных факторов.

В соответствии с нормативной документацией по охране труда опасные и вредные производственные факторы на рабочих местах подразделяются по природе действия на следующие группы [156]:

- 1) физические;
- 2) химические;
- 3) биологические;
- 4) психофизиологические.

В результате действия этих факторов рабочему наносится ущерб, что приводит к нарушениям общего состояния здоровья и развитию профессиональных заболеваний.

Вероятность получения ущерба от воздействия вредных и опасных производственных факторов, то есть возможная угроза здоровью и жизни работника

при осуществлении им трудовой деятельности, которая возникает в результате нарушения требований охраны труда, определяется как производственный риск.

Вероятность же утраты здоровья или смерти работника, связанная с исполнением им обязанностей по трудовому договору (контракту) или в иных случаях, определяется как профессиональный риск.

В связи с использованием терминов «производственный риск» и «профессиональный риск» следует дать некоторые пояснения относительно уместности их использования в различных контекстах.

«Профессиональный» – связанный с особенностями профессии работника или определенной группы профессий (например, профессиональные навыки, профессиональные заболевания и др.). В этом случае, так или иначе, понятие «профессиональный» связано с работником, с личностью и личными интересами человека или определенного круга лиц, занятых вполне определенным видом профессиональной деятельности, отличающимся особыми условиями производства.

«Производственный» – связанный с особенностями конкретного производства с учетом применяемой технологии, системы менеджмента, условий труда (например, производственный цикл, производственная среда, производственная травма). Таким образом, понятие «производственный» включает в себя все факторы, оказывающие воздействие на работников различных профессий в процессе их трудовой деятельности, и имеет отношение к производству (виду деятельности, предприятию или отрасли в целом).

Таким образом, понятия «профессиональный риск» и «производственный риск» применительно к понятию «рабочее место» фактически отражают один и тот же предмет, только с различных точек зрения. Если понятие «профессиональный риск» чаще используется с точки зрения работника с целью обеспечения его социальной защищенности (предоставления компенсаций), в связи с наличием на его рабочем месте вредных и опасных производственных факторов, то понятие «производственный риск» отражает точку зрения инженера по охране труда, занятого решением проблемы уменьшения или исключения производственных рисков

на рабочем месте работника (с целью недопущения ущерба для его здоровья и жизни).

Использование в системе управления охраной труда понятия «профессиональный риск» вместо понятия «производственный риск» помимо наличия терминологической неравноценности таит в себе следующие фактические пробелы:

– исключение из рассмотрения рисков работника, связанного с другой профессиональной деятельностью;

– исключение из рассмотрения рисков, связанных с возможностью нанесения ущерба посетителям, населению, производственной и окружающей среде [157].

Из вышеуказанного в этой главе предлагается рассмотреть производственный риск от шумового воздействия с целью определения возможного нанесения ущерба здоровью работников формовочного цеха от работы виброагрегата до устройства шумозащиты и после.

#### **4.1.2. Стохастический подход к определению воздействия опасных и вредных факторов**

Степень ущерба для здоровья человека и методы оценки связанных с этим рисков различаются в зависимости от длительности и уровней опасных и вредных факторов воздействия:

а) при постоянно или продолжительно действующих слабоинтенсивных негативных факторах (например, повышенные концентрации вредных веществ в воздухе) в организме человека наблюдаются неблагоприятные эффекты, влияющие на его здоровье. Для количественной оценки риска для человека от слабоинтенсивных факторов используется модель зависимости «доза – эффект»;

б) при кратковременно действующих вредных факторах значительной интенсивности, обычно происходящих в случайные моменты времени в форме опасных явлений. Ущерб для человека наступает в случае превышения уровнями воздействий некоторых предельных значений для объекта воздействия. Для коли-

чественной оценки риска используется факторная модель «действующая нагрузка – критическая нагрузка (или предельно допустимая)» [158].

По аналогии со стохастическим подходом к оценке экологического риска для биологической системы, возникающего при антропогенном воздействии через атмосферу, гидросферу и литосферу [159, 160], и материалом [161] рассмотрим оценку риска для человека, возникающего от воздействия негативных производственных факторов в рабочей зоне, используя факторную модель «действующая нагрузка – предельно допустимая нагрузка».

Степени воздействия действующих вредных и опасных производственных факторов на работающих нормированы предельно допустимыми уровнями, значения которых указаны в соответствующих стандартах системы безопасности труда и санитарно-гигиенических правилах. Эти уровни выбраны такими, что, если воздействия не выходят за их пределы, то каждый рабочий может выполнять свое задание, находясь в условиях, которые не ухудшают его здоровье и производительность труда.

Воздействия образуют иерархическую систему обобщенного антропогенного воздействия (обобщенной нагрузки)  $X$  на рабочих местах (рис. 4.1, на котором частично раскрыта только подсистема «Физическое воздействие» с выделением в ней рассматриваемого далее производственного шума в рабочей зоне).

В зависимости от вида производства в рабочей зоне присутствует та или иная совокупность перечисленных факторов, одновременно действующих на человека. Она образует на втором уровне иерархии обобщенной нагрузки воздействия  $X_1, X_2, X_3, X_4$ , которые характеризуют выделенные выше группы факторов.

В соответствии со структурой иерархической системы (рис. 4.1) на третьем уровне образуется подсистема воздействий  $X_{ij}$ ,  $i = 1, 2, 3, 4$ ;  $j = 1, 2, \dots, n_i$  ( $n_i$  – число присутствующих в  $i$ -ой группе опасных и вредных производственных факторов).

Рассматриваемое в диссертации шумовое воздействие относится к группе 1.



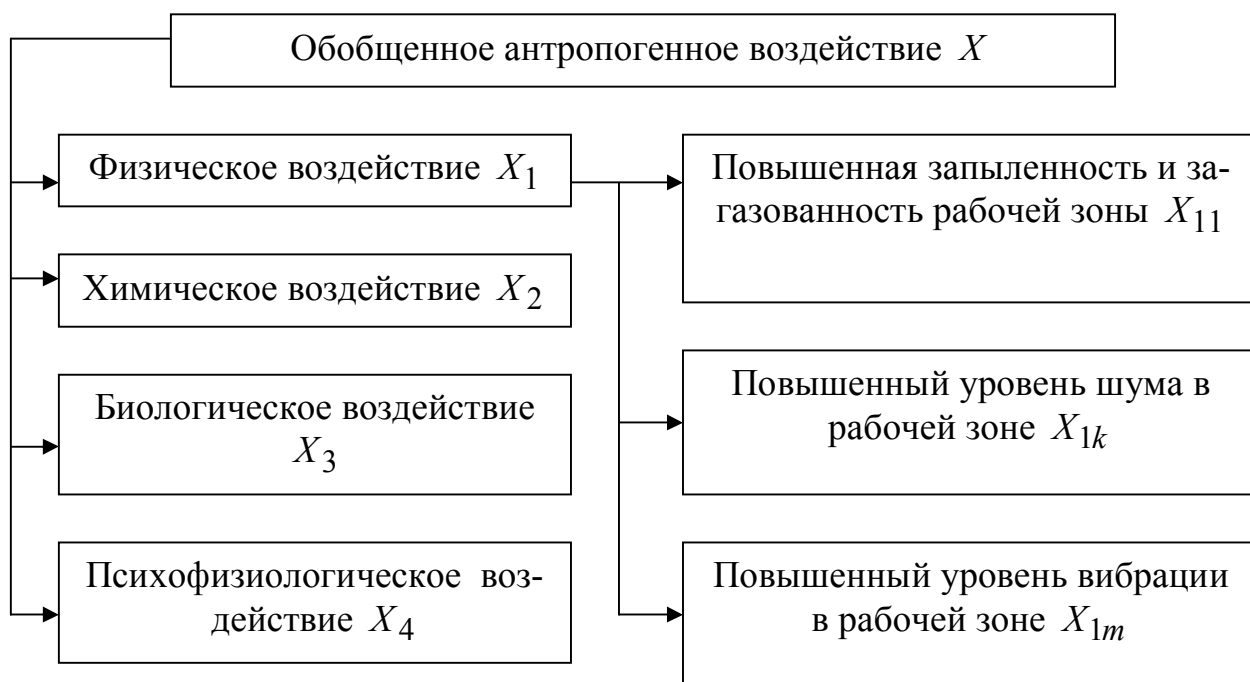


Рис. 4.1. Иерархическая структура обобщенного антропогенного воздействия (обобщенной нагрузки) в рабочей зоне

В действующей нормативной документации опасные и вредные производственные факторы (далее – воздействия), обозначим их –  $X_{ij}$ , рассматриваются как детерминированные величины. Однако фактически эти воздействия на человека различной природы от различных источников не являются стабильными (детерминированными), а случайно изменяются в некоторых пределах, то есть представляют собой случайные величины. Так как некоторые воздействия могут быть взаимосвязанными, то случайные величины, характеризующие их, могут быть коррелированными. Кроме этого, на территории рабочей зоны воздействия  $X_{ij}$  в общем случае зависят от координат  $x, y$  расположения рассматриваемого места. В связи с этим каждое воздействие  $X_{ij}$  образует на территории свое случайное поле, которое в фиксированной точке рабочей зоны превращается в случайную величину [162]. Воздействие от совокупности всех действующих факторов образует на этой же территории векторное случайное поле [160]. В фиксированной точке рабочей зоны оно преобразуется в векторную случайную величину  $X = (X_{11}, X_{12},$

...,  $X_{41}$ ,  $X_{42}$ , ...) или систему случайных величин [163]. Возможные реализации такой величины образуют некоторую область в многомерном пространстве.

Аналогично тому, как и в работах [159, 160], будем рассматривать человека таким, который имеет способность противодействовать влиянию рассмотренных факторов и сохранять в норме свои природные функции. Эта способность (защищенность) приобретена человеком в процессе эволюции в результате природного влияния. В целом, для каждого человека она своя. Тогда, придерживаясь стохастического подхода, такую способность, как и воздействие  $X$ , можно характеризовать некоторой векторной случайной величиной  $Y$  – защищенностью человека от действия производственных факторов на рабочих местах. По определению, каждая ее составляющая  $Y_{ij}$  будет соответствовать каждой величине  $X_{ij}$ .

В действующей нормативной документации составляющие защищенности  $Y_{ij}$ , как и воздействие  $X_{ij}$ , рассматриваются как детерминированные величины.

В связи с изложенным, возникает необходимость применения стохастического подхода к оценке нормативных требований с учетом случайного характера как воздействия  $X_{ij}$  на человека, так и нормативных величин защищенности  $Y_{ij}$ .

Для иллюстрации изложенного на рис. 4.2 приведена область возможных значений воздействий в двухмерном пространстве в виде эллипса рассеивания [94] двух коррелированных случайных величин  $C_j$  (например, уровень шума) и  $C_p$  (например, влажность воздуха).

Эллипс рассеивания распространяется до границ максимального предельного отклонения воздействий  $C_j^{\max}$ ,  $C_p^{\max}$  со средними значениями  $C_j^*$ ,  $C_p^*$  (центр эллипса). Угол наклона главных осей  $\eta$ ,  $\varepsilon$  эллипса рассеивания пропорционален коэффициенту корреляции  $r_{jp}$ , характеризующему корреляционные связи между  $C_j$  и  $C_p$  [94]. Как видно из рисунка 4.2, несмотря на то, что средние значения  $C_j^*$ ,  $C_p^*$  не превышают свои нормативные допустимые величины ( $ПДУ_j$ ,  $ПДУ_p$ ), характеризующие защищенность человека, существует область (на рисунке она за-

штрихована), в которой случайные отклонения будут превышать допустимые значения, то есть происходит нарушение нормативов.

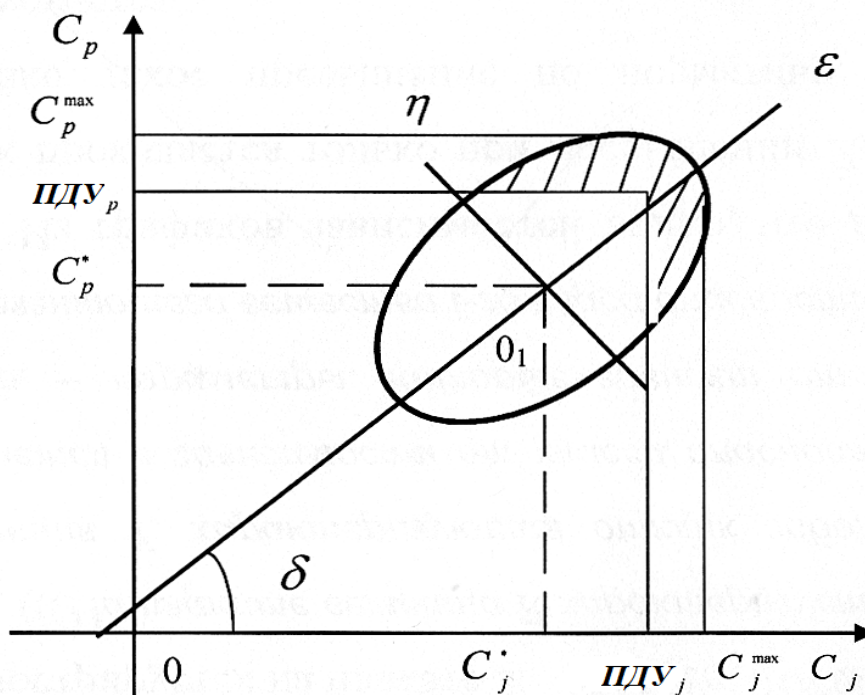


Рис. 4.2. Эллипс рассеивания коррелированных воздействий  $C_j$  и  $C_p$

#### 4.1.3. Формализация нормативных требований к воздействию на человека опасных и вредных производственных факторов и производственный риск от их нарушения

Нормативные требования к воздействию опасных и вредных производственных факторов  $X_{ij}$  требуют, чтобы последние или не превышали предельно допустимые величины  $Y_{ij}^+$  (например, шум) или находились в допустимых пределах от минимального  $Y_{ij}^-$  до максимального  $Y_{ij}^+$  значений (например, температура воздуха). Требования можно записать в виде неравенств, соответственно:

$$X_{ij} \leq Y_{ij}^+, \quad (4.1)$$

$$Y_{ij}^- \leq X_{ij} \leq Y_{ij}^+, \quad (4.2)$$

Если при существующем детерминированном подходе неравенства (4.1), (4.2) не будут нарушаться, то нормативные требования считаются выполненными.

Если при тех же условиях одна или обе величины  $X_{ij}$ ,  $Y_{ij}$  являются случайными, то неравенства (4.1), (4.2) могут случайно не выполняться, то есть существует вероятность их невыполнения. Она и будет характеризовать рассматриваемый производственный риск  $\alpha$  от воздействия опасных и вредных производственных факторов в рабочей зоне.

В теории надежности [164] рассматривается вероятность  $P$  противоположного события или вероятность того, что ограничения (4.1), (4.2) будут выполнены, которая характеризует надежность выполнения ограничений. Исходя из этого, величины  $\alpha$  и  $P$  будут связаны зависимостью [159, 160]

$$P = 1 - \alpha. \quad (4.3)$$

Поэтому равенство (4.3) при решении задач производственного риска позволяет использовать хорошо разработанную для сложных систем методологию определения надежности этих систем.

Так как в соответствии с нормативными требованиями не допускается выход за пределы неравенств (4.1), (4.2) хотя бы одного воздействия, то производственный риск будет определяться через вероятность нарушения этих условий, то есть через вероятность выполнения обратных неравенств:

$$X_{ij} \geq Y_{ij}^+, \quad (4.4)$$

$$Y_{ij}^- \geq X_{ij} \geq Y_{ij}^+. \quad (4.5)$$

Принимая во внимание то, что случайное ограничение  $Y_{ij}^-$  может отсутствовать (4.4), то есть допускается изменение соответствующего воздействия  $X_{ij}$  во всем оставшемся диапазоне (от минимального значения  $Y_{ij}^{\min}$ , существующего в природе), в общем случае можно пользоваться неравенствами (4.5), в которых  $Y_{ij}^- = Y_{ij}^{\min}$ .

В действующей нормативной документации в настоящее время величины  $Y_{ij}^-$ ,  $Y_{ij}^+$  (предельно допустимые значения  $X_{ij}$ ) являются детерминированными, то есть заданы в виде неслучайных чисел.

При стохастическом подходе частный производственный риск от отдельного воздействия  $X_i$  определяется через одномерный интеграл вероятности, по формуле [159, 160]

$$\alpha_i = 1 - \int_{Y_i^-}^{Y_i^+} f(X_i) dX_i, \quad (4.6)$$

где подынтегральная функция  $f$  является плотностью распределения случайной величины  $X_i$  на участке от  $Y_i^-$  до  $Y_i^+$ .

Если случайное воздействие  $X_i$  является независимой величиной, то формула производственного риска  $\alpha$  (4.6) будет иметь вид [13]

$$\alpha = 1 - \prod_{i=1}^n P_i, \quad (4.7)$$

где  $P_i$  – вероятность того, что  $i$ -ое воздействие находится в заданных нормативных пределах;

$n$  – общее число нормированных воздействий.

Как и в формуле (4.6), вероятность  $P_i$  будет иметь вид

$$P_i = \int_{a_i}^{b_i} f(X_i) dX_i, \quad (4.8)$$

где  $a_i, b_i$  – нижняя и верхняя допустимые границы  $i$ -го воздействия по санитарно-гигиеническим нормам, соответствующие величинам  $Y_i^-, Y_i^+$  в формуле (4.6).

При проектировании рабочих мест плотность распределения  $f(X_i)$  может быть определена на основании различных известных данных, полученных на основании измерений на действующих подобных местах. Однако такие данные нельзя считать установившимися. Возникает необходимость уточнить величину  $P_i$  на основании опытных данных с проведением соответствующих измерений на реальных рабочих местах. Такая задача также возникает при оценке по критерию производственного риска эффективности надежного погашения шума до необходимого уровня или достижения малого производственного риска  $\alpha$  при проведении тех или иных мероприятий по улучшению обстановки на рабочих местах (в рабочей зоне) и на прилегающей территории, что рассматривается в диссертации.

Очевидно, в этом случае необходимо использовать интегральные зависимости (4.7) и (4.8) при  $n = 1$ .

Решение такой задачи рассмотрено далее.

#### **4.1.4. Методика оценки производственного риска по данным натуральных измерений**

В теории вероятностей, математической статистике и теории надежности [162, 163, 165] различают два способа получения вероятностей  $P_i$  (4.8) и соответственно риска (4.7), которые применяются при исследованиях. При помощи первого, на основании опытных данных и их статистической обработки определяют вид плотности распределения  $f(X_i)$   $i$ -го воздействия, а затем – величину вероятности  $P_i$  через интеграл (4.8).

Во втором, базируясь на том, что частота появления некоторого случайного события стремится к вероятности этого события, с ростом числа испытаний [94], вероятность  $P_i$  оценивают по частоте рассматриваемого события

$$P_i = \frac{m_i}{\sum m_i}, \quad (4.9)$$

где  $m_i$  – число благоприятных исходов (в нашем случае – число измерений воздействия  $X_i$ , которое попадает в интервал от  $a_i$  до  $b_i$ );

$\sum m_i$  – общее число измерений.

Такая оценка становится более точной при росте числа испытаний (измерений). Для характеристики ее точности введено понятие «доверительного интервала», т.е. возможного отклонения значения  $P_i$  от действительного. Интервал зависит от числа испытаний (измерений) и доверительной вероятности  $\beta$ , попадания величины  $P_i$  (4.9) в доверительный интервал [163, 165].

Обычно сравнительно точно доверительный интервал при достаточно большой доверительной вероятности  $\beta$  ( $\beta \sim 0,95$ ) можно оценить, начиная с числа измерений  $\sum m_i = 30$  [163, 165], которое можно рассматривать как минимальное при использовании способа оценки вероятности по частоте.

Очевидно, приемлемый риск  $\alpha$  от шумового воздействия можно достигнуть путем управления плотностью распределения  $f(X_i)$  и в первую очередь ее математическим ожиданием  $X_i^*$  (средним значением) и среднеквадратическим отклонением  $\sigma X_i$ , которые характеризуют разброс воздействия относительно математического ожидания.

Тогда в задаче, рассмотренной в диссертации, необходимо определить производственный риск от шумового воздействия в рабочей зоне, что позволит оценить эффективность тех или иных мероприятий высоконадежного обеспечения санитарно-гигиенических требований по шуму.

Как следует из равенства (4.3), для высоконадежного обеспечения требований по уровню шума необходимо достигнуть достаточно малой (допустимой) величины производственного риска. При выборе величины будем исходить из следующего [163].

Для нормально распределенной случайной величины, часто используемой на практике, все рассеивание (с точностью до долей процента) укладывается в интервал относительно среднего значения, соответствующий трем среднеквадратическим отклонениям  $\sigma$  в каждую сторону. Из практики также известно, что значения случайных величин крайне редко выходят за пределы этого интервала. В теории вероятностей это отражено в так называемом правиле «трех сигм» [163]. Для нормального закона вероятность выхода за интервал  $3\sigma$  составляет около 0,03.

Для высоконадежного обеспечения требований по соблюдению предельно допустимого уровня шума, то есть практического отсутствия превышения границ  $a_i, b_i$  в формуле (4.8), можно исходить из того, что допустимая величина производственного риска от шумового воздействия приблизительно составляет  $\alpha_{don} = 0,03 - 0,05$ .

Для решения задачи применялись оба рассмотренных выше способа.

## **4.2. Анализ данных экспериментальных измерений и оценка эффективности применения разработанного глушителя экранно-камерного типа по критерию производственного риска от шумового воздействия**

### **4.2.1. Статистическая обработка экспериментальных данных**

Рассмотренный стохастический подход применен к оценке эффективности по критерию производственного риска предложенного глушителя камерно-экранного типа для рабочего места формовщика, точка 1 [13], а также для всей его рабочей зоны, схема которой указана на рисунке 4.3 с выделением точек 1 – 5 измерений уровня шума  $L$ , дБА.



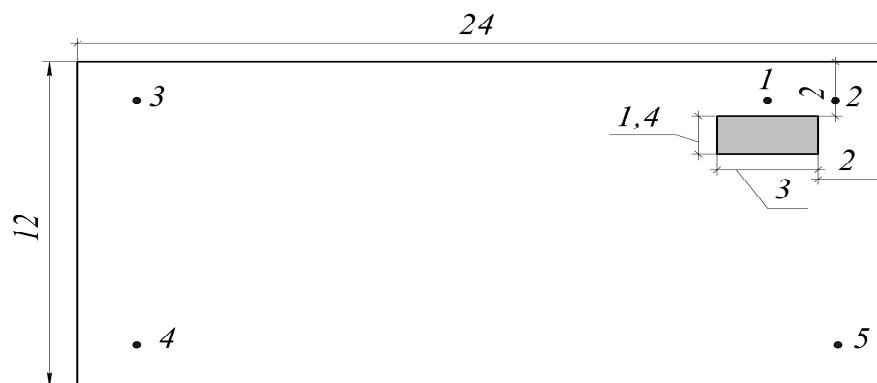


Рис. 4.3. Схема мест измерений

Для рабочего места формовщика и рабочей зоны предельно допустимый уровень шума составляет 80 дБА. Данные измерений, приведенные в Приложении Д, подвергнуты статистической обработке [163, 165]. На ее основании получены упорядоченные по возрастанию данные измерений уровней шума без применения глушителя и с его применением, приведенные в приложении Ж.

Как следует из этих данных, фактические диапазоны изменения уровня шума в дБА представлены в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Упорядоченные по возрастанию фактические измерения уровня шума, дБА

Упорядоченные по возрастанию фактические измерения уровня шума					
без глушителя			с глушителем		
№ точки	уровень шума, дБА	ПДУ по шуму	№ точки	уровень шума, дБА	ПДУ по шуму
1	от 97,8 до 104,2	80 дБА	1	от 76,8 до 81,2	80 дБА
2	от 94,5 до 104,2		2	от 77 до 81,3	
3	от 95,9 до 100,2		3	от 74,4 до 81	
4	от 97,0 до 102		4	от 76,6 до 80,9	
5	от 100,5 до 104,8		5	от 77,8 до 81,4	

Анализ этих данных показывает, что на рабочем месте формовщика (точка 1) и в рабочей зоне (точки 2 – 5) без применения глушителя диапазон случайного изменения уровня шума полностью превышает предельно допустимый уровень 80 дБА. Производственный риск по шумовому воздействию при этом достигает максимальной величины  $\alpha = 1$ , то есть существует 100-процентное нарушение норм, что без использования защитных устройств недопустимо.

Применение шумозащиты позволило уменьшить значение уровня шума на рабочем месте формовщика и в рабочей зоне от диапазона 100,2 – 104,8 дБА до диапазона 80,9 – 81,4 дБА.

В табл. 4.2 – 4.6 для случаев измерений в точках 1 – 5 без глушителя и с глушителем приведены разряды  $I_i$  случайного изменения уровня шума  $L$ , дБА; характеристики статистических рядов: число  $m_i$  и частота  $p_i$  случайных попаданий данных измерений в разряды  $I_i$ , а также значения плотности распределения уровня шума, представленные в виде высот гистограммы  $f(X_i)$ .

Формы полученных гистограмм приведены на рис. 4.4 – 4.8.

Таблица 4.2

Разряды  $I_i$  случайного изменения уровня шума  $L$ , дБА, характеристики статистических рядов  $m_i$ ,  $p_i$  и гистограммы  $f(X_i)$  для точки 1

Без глушителя				С глушителем			
$I_i$ ( $X_i; X_{i+1}$ )	$m_i$	$p_i = \frac{m_i}{\sum m_i}$	$f(X_i) = \frac{P}{X_{i+1} - X_i}$	$I_i$ ( $X_i; X_{i+1}$ )	$m_i$	$p_i = \frac{m_i}{\sum m_i}$	$f(X_i) = \frac{P}{X_{i+1} - X_i}$
97,8–98,6	10	0,1408	0,176	76,8–77,4	9	0,1268	0,2305
98,6–99,4	10	0,1408	0,176	77,4–77,9	10	0,1408	0,256
99,4–100,2	16	0,2254	0,2818	77,9–78,5	13	0,1831	0,3329
100,2–101	5	0,0704	0,088	78,5–79	12	0,1690	0,3073
101–101,8	2	0,0282	0,0353	79–79,6	22	0,3099	0,5635
101,8–102,6	11	0,1549	0,1936	79,6–80,1	3	0,0423	0,0769
102,6–103,4	9	0,1268	0,1585	80,1–81,2	2	0,0282	0,0256
103,4–104,2	8	0,1127	0,1409	-	-	-	-

Таблица 4.3

Разряды  $I_i$  случайного изменения уровня шума L, дБА, характеристики статистических рядов  $m_i$ ,  $p_i$  и гистограммы  $f(X_i)$  для точки 2

Без глушителя				С глушителем			
$I_i$ ( $X_i; X_{i+1}$ )	$m_i$	$p_i = \frac{m_i}{\sum m_i}$	$f(X_i) = \frac{P}{X_{i+1} - X_i}$	$I_i$ ( $X_i; X_{i+1}$ )	$m_i$	$p_i = \frac{m_i}{\sum m_i}$	$f(X_i) = \frac{P}{X_{i+1} - X_i}$
94,5–95,7	3	0,0423	0,0349	77–77,5	7	0,0986	0,1826
95,7–96,9	1	0,0141	0,0116	77,5–78,1	19	0,2676	0,4956
96,9–98,1	9	0,1268	0,1048	78,1–78,6	6	0,0845	0,1565
98,1–99,3	12	0,1690	0,1397	78,6–79,2	13	0,1831	0,3391
99,3–100,6	20	0,2817	0,2328	79,2–79,7	15	0,2113	0,3912
100,6–101,8	5	0,0704	0,0582	79,7–80,2	9	0,1268	0,2347
101,8–103	12	0,1690	0,1397	80,2–81,3	2	0,0282	0,0262
103–104,2	9	0,1268	0,1048	-	-	-	-

Таблица 4.4

Разряды  $I_i$  случайного изменения уровня шума L, дБА, характеристики статистических рядов  $m_i$ ,  $p_i$  и гистограммы  $f(X_i)$  для точки 3

Без глушителя				С глушителем			
$I_i$ ( $X_i; X_{i+1}$ )	$m_i$	$p_i = \frac{m_i}{\sum m_i}$	$f(X_i) = \frac{P}{X_{i+1} - X_i}$	$I_i$ ( $X_i; X_{i+1}$ )	$m_i$	$p_i = \frac{m_i}{\sum m_i}$	$f(X_i) = \frac{P}{X_{i+1} - X_i}$
95,9–96,4	3	0,0423	0,0783	74,4–75,2	1	0,0141	0,0170
96,4–97	3	0,0423	0,0783	75,2–76,1	1	0,0141	0,0170
97–97,5	3	0,0423	0,0783	76,1–76,9	3	0,0423	0,0510
97,5–98,1	10	0,1408	0,2607	76,9–77,7	5	0,0704	0,0848
98,1–98,6	20	0,2817	0,5217	77,7–78,6	23	0,3239	0,3902
98,6–99,1	12	0,1690	0,3130	78,6–79,4	26	0,3662	0,4412
99,1–99,7	17	0,2394	0,4433	79,4–80,2	10	0,1408	0,1696
99,7–100,2	3	0,0423	0,0783	80,2–81	2	0,0282	0,0340

Таблица 4.5

Разряды  $I_i$  случайного изменения уровня шума L, дБА, характеристики статистических рядов  $m_i$ ,  $p_i$  и гистограммы  $f(X_i)$  для точки 4

Без глушителя				С глушителем			
$I_i$ ( $X_i; X_{i+1}$ )	$m_i$	$p_i = \frac{m_i}{\sum m_i}$	$f(X_i) = \frac{P_i}{X_{i+1} - X_i}$	$I_i$ ( $X_i; X_{i+1}$ )	$m_i$	$p_i = \frac{m_i}{\sum m_i}$	$f(X_i) = \frac{P_i}{X_{i+1} - X_i}$
97–97,6	2	0,0282	0,0448	76,6–77,1	2	0,0282	0,0522
97,6–98,3	20	0,2817	0,4471	77,1–77,7	9	0,1268	0,2347
98,3–98,9	19	0,2676	0,4248	77,7–78,2	9	0,1268	0,2347
98,9–99,5	19	0,2676	0,4248	78,2–78,8	22	0,3099	0,5739
99,5–100,2	10	0,1408	0,2235	78,8–79,3	19	0,2676	0,4956
100,2–100,8	0	0	0	79,3–79,8	9	0,1268	0,2347
100,8–101,4	0	0	0	79,8–80,9	1	0,0141	0,0131
101,4–102	1	0,0141	0,0224	-	-	-	-

Таблица 4.6

Разряды  $I_i$  случайного изменения уровня шума L, дБА, характеристики статистических рядов  $m_i$ ,  $p_i$  и гистограммы  $f(X_i)$  для точки 5

Без глушителя				С глушителем			
$I_i$ ( $X_i; X_{i+1}$ )	$m_i$	$p_i = \frac{m_i}{\sum m_i}$	$f(X_i) = \frac{P_i}{X_{i+1} - X_i}$	$I_i$ ( $X_i; X_{i+1}$ )	$m_i$	$p_i = \frac{m_i}{\sum m_i}$	$f(X_i) = \frac{P_i}{X_{i+1} - X_i}$
100,5–101	5	0,0704	0,1304	77,8–78,3	5	0,0704	0,1564
101–101,6	1	0,0141	0,0261	78,3–78,7	1	0,0141	0,0313
101,6–102,1	8	0,1127	0,2087	78,7–79,2	30	0,4225	0,9389
102,1–102,7	11	0,1549	0,2869	79,2–79,6	12	0,1690	0,3755
102,7–103,2	14	0,1972	0,3652	79,6–80,1	21	0,2958	0,6573
103,2–103,7	15	0,2113	0,3913	80,1–81,4	2	0,0282	0,0209
103,7–104,3	13	0,1831	0,3391	-	-	-	-
104,3–104,8	4	0,0563	0,1043	-	-	-	-

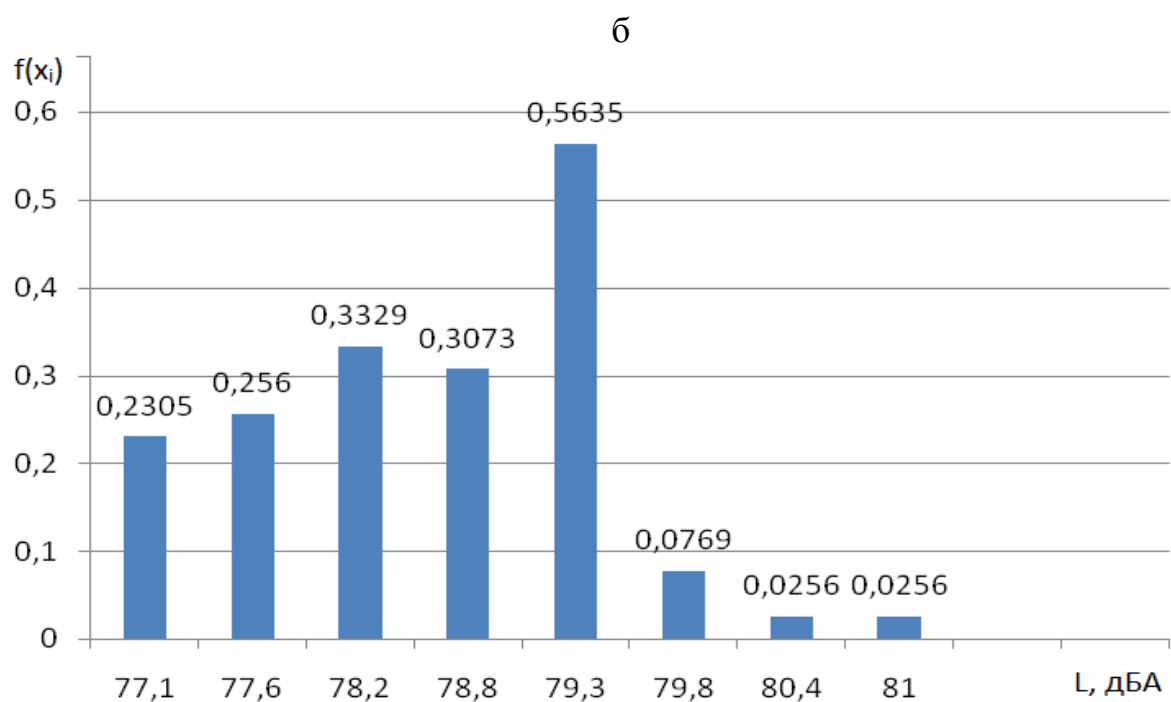
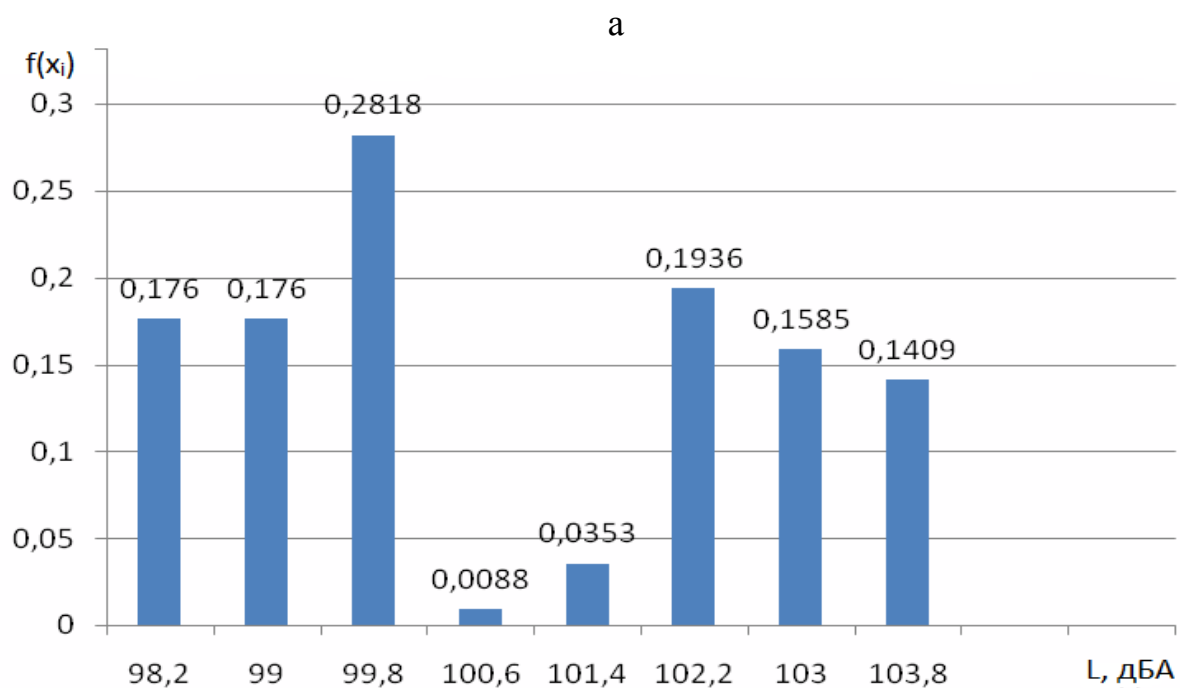


Рис. 4.4. Гистограммы распределения уровня шума в точке 1:  
а – без глушителя; б – с глушителем

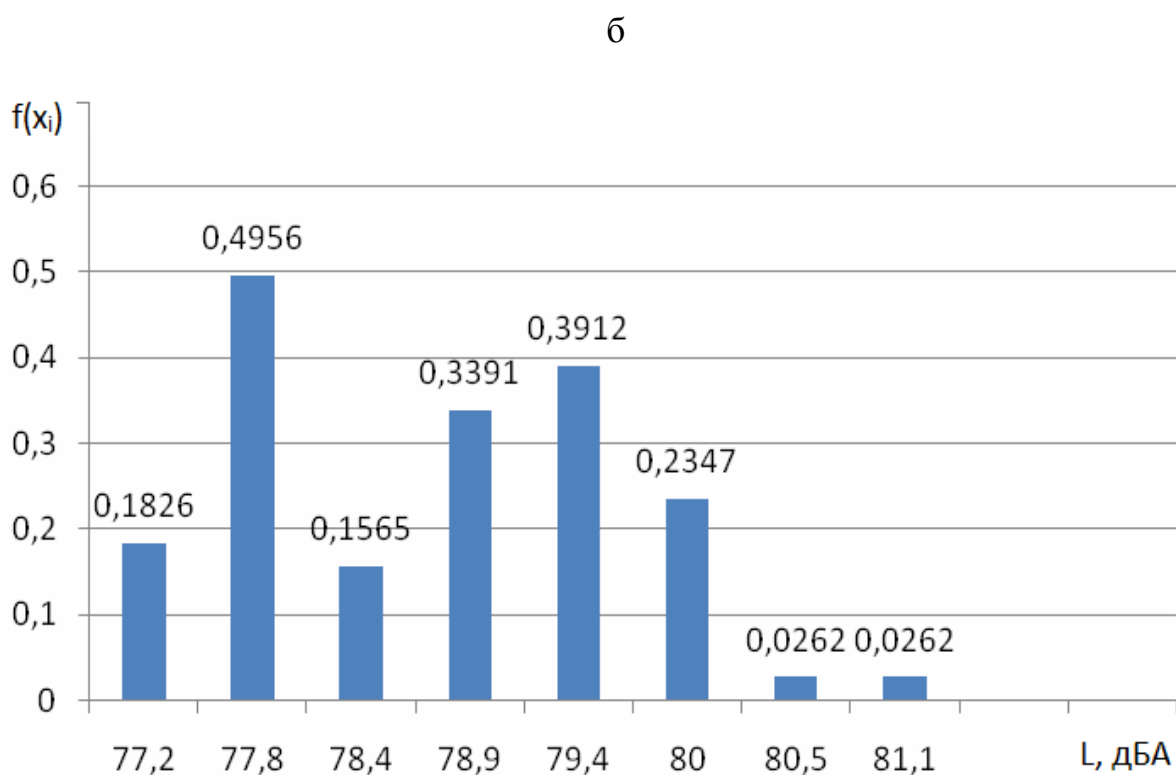
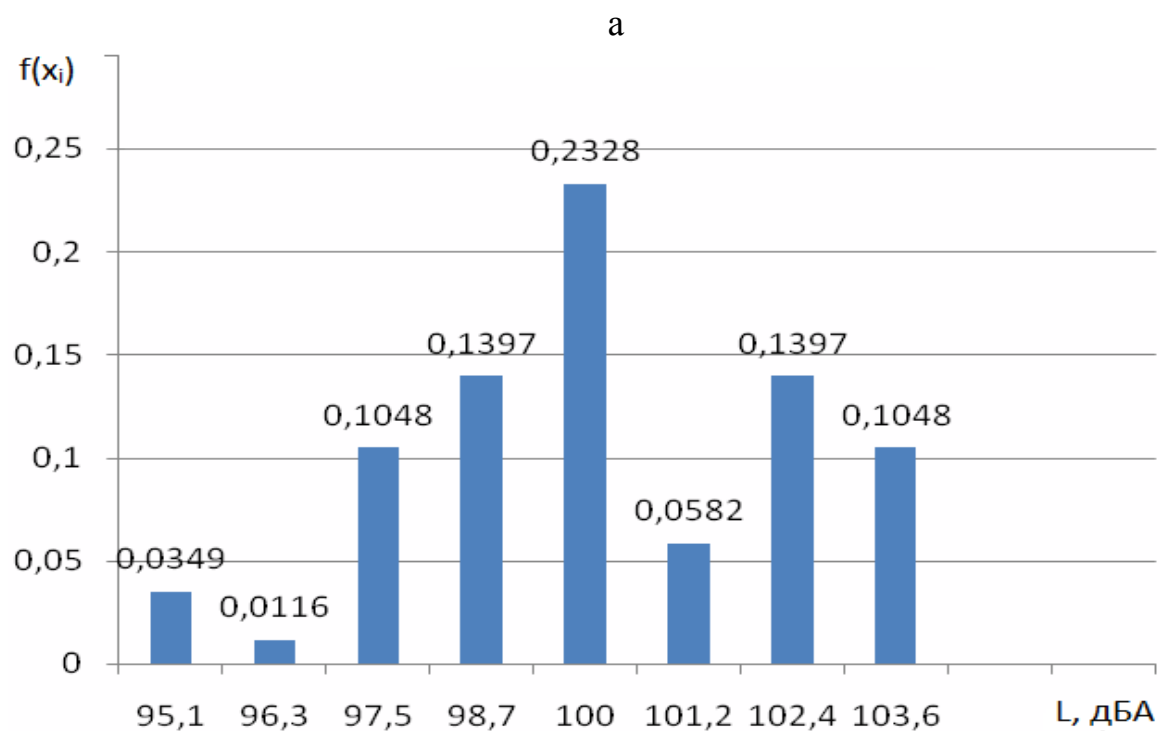


Рис. 4.5. Гистограммы распределения уровня шума в точке 2:  
а – без глушителя; б – с глушителем

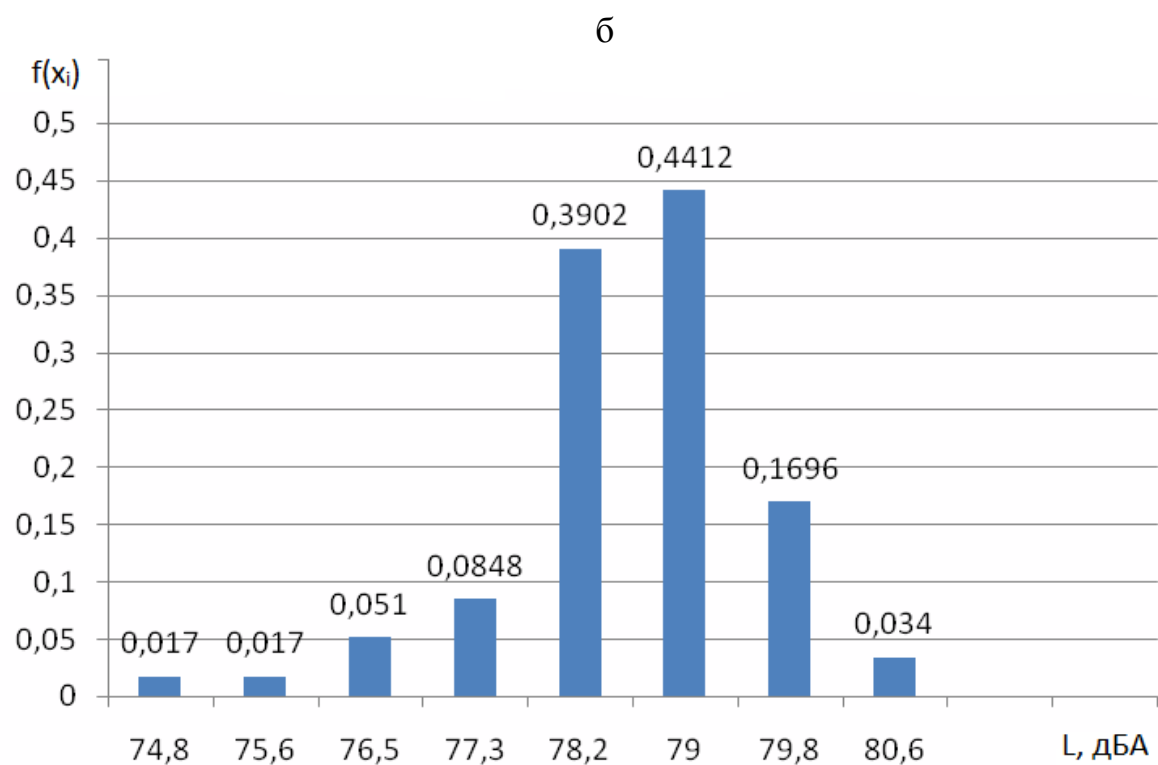
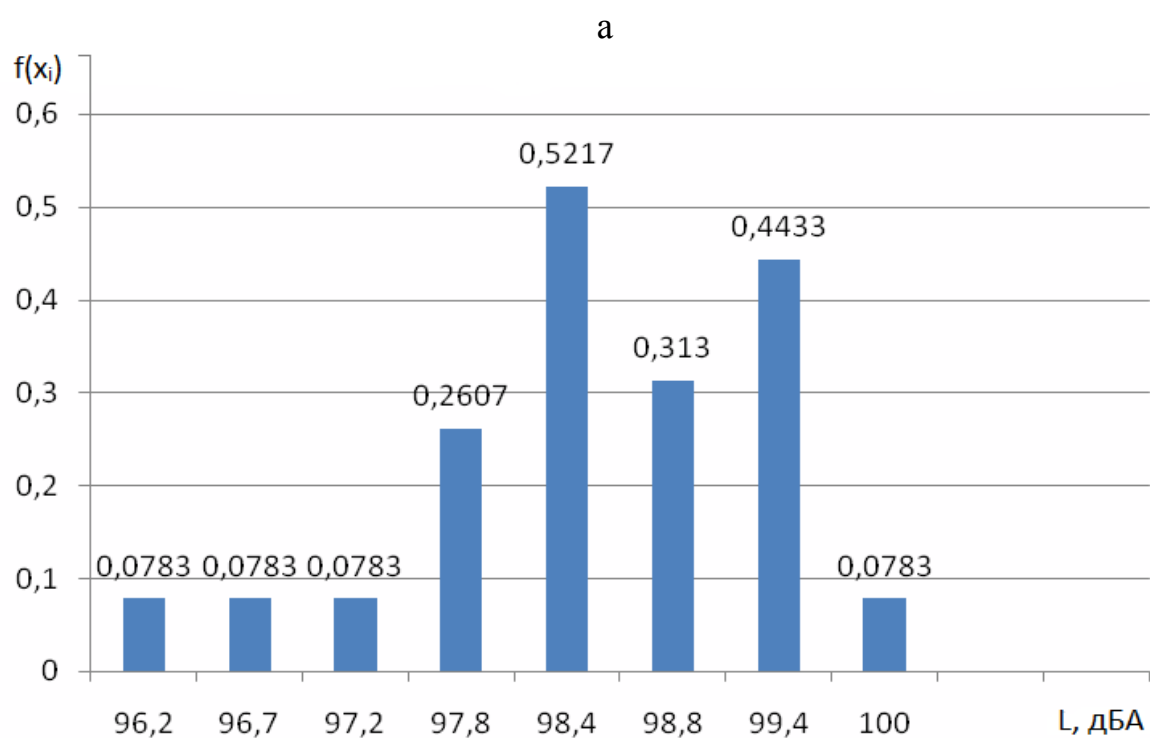


Рис. 4.6. Гистограммы распределения уровня шума в точке 3:  
а – без глушителя; б – с глушителем

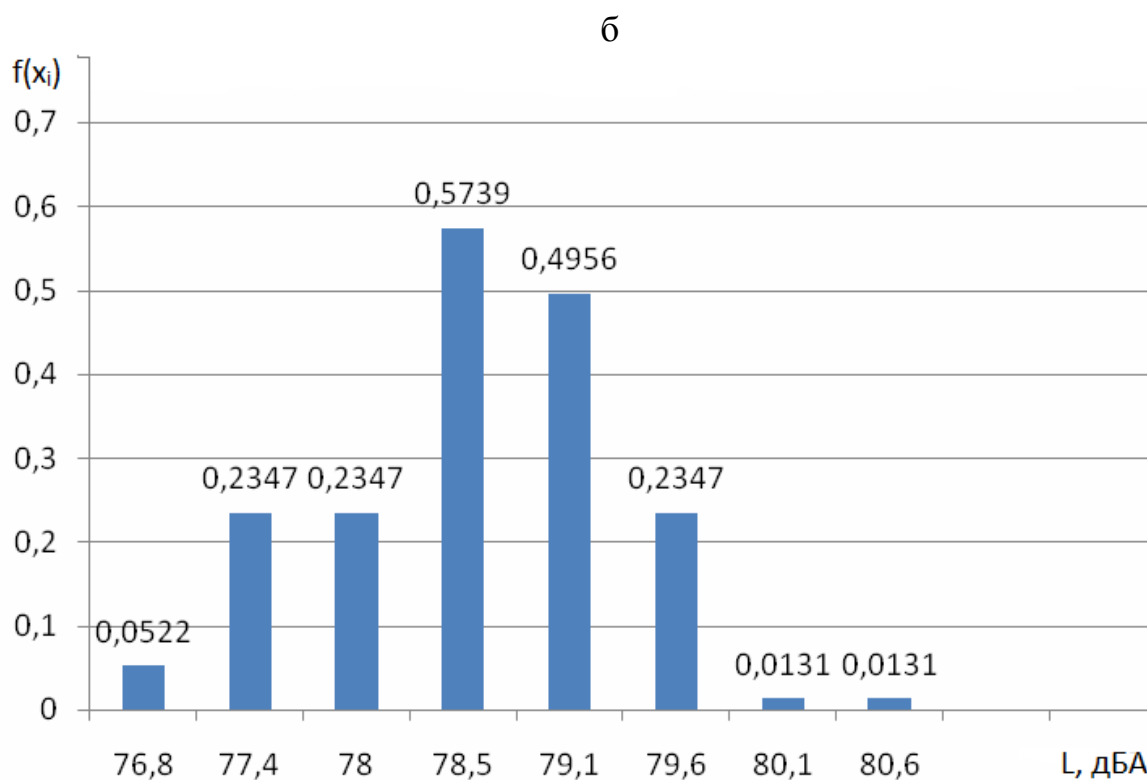
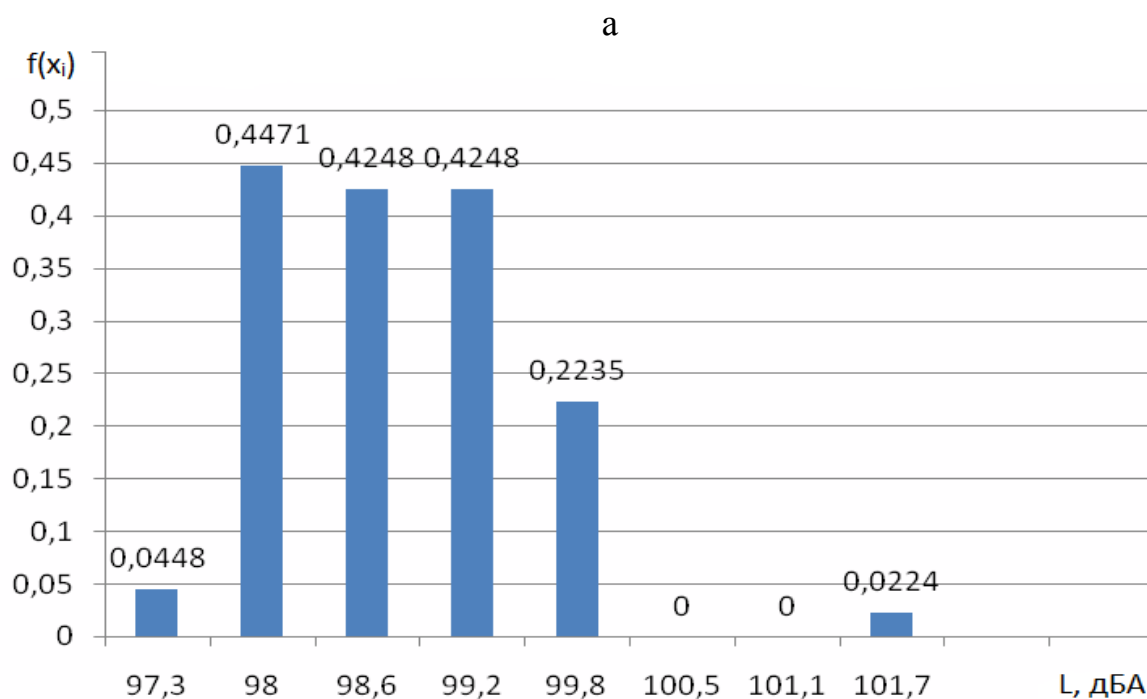
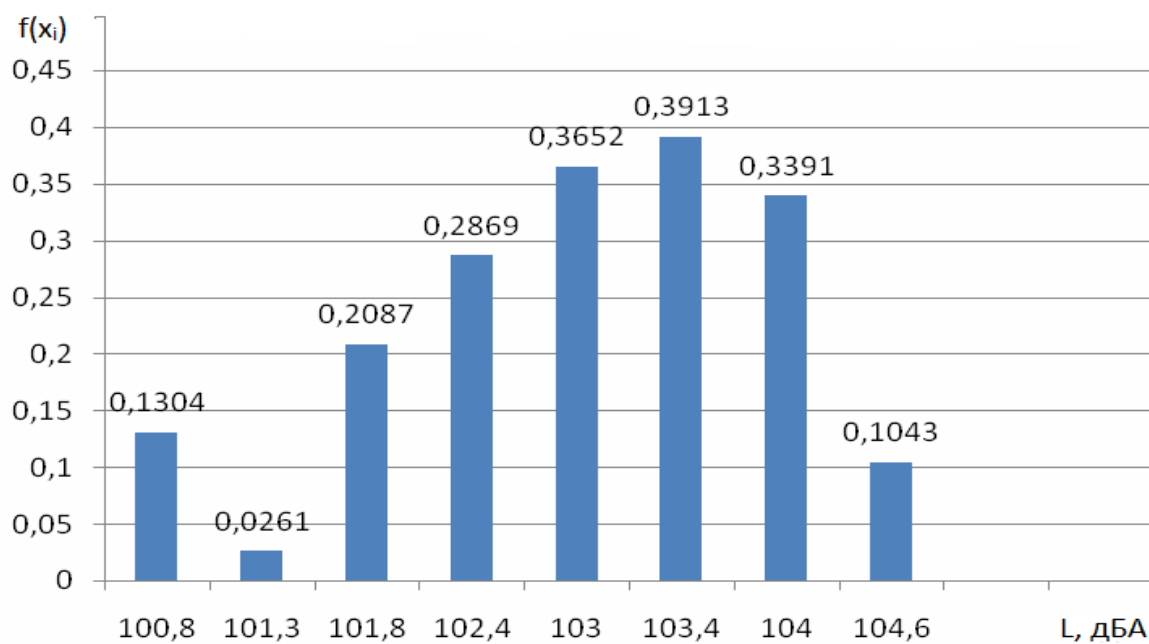


Рис. 4.7. Гистограммы распределения уровня шума в точке 4:  
а – без глушителя; б – с глушителем



а



б

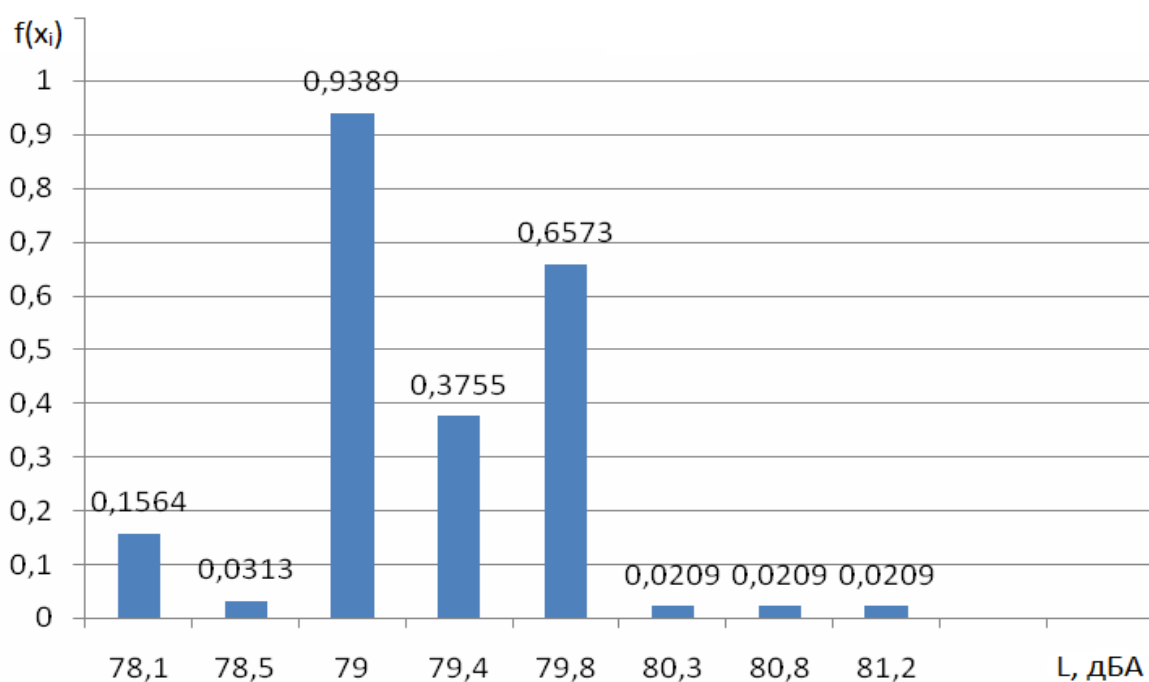


Рис. 4.8. Гистограммы распределения уровня шума в точке 5:  
а – без глушителя; б – с глушителем

В результате статистической обработки получены основные числовые характеристики плотности распределения уровня шума: математические ожидания  $X_i^*$  и среднеквадратические отклонения  $\sigma X_i$ . Их величины характеризуются данными, приведенными в табл. 4.8.

Таблица 4.8

Основные числовые характеристики плотностей распределения уровня шума  
L, дБА

№ точки	Математические ожидания		Среднеквадратические отклонения	
	без глушителя	с глушителем	без глушителя	с глушителем
	$X_i^* = \frac{\sum X_i}{\sum m_i}$		$\sigma X_i = \sqrt{\frac{\sum_{m_i=1}^{m_i} (X_i - X_i^*)^2}{\sum m_i - 1}}$	
1	100,84	78,61	1,90	0,96
2	100,09	78,73	2,17	0,95
3	98,48	78,64	0,90	1,07
4	98,48	78,59	0,79	0,74
5	103	79,31	0,96	0,65

#### 4.2.2. Оценка производственного риска в рабочей зоне

Анализ полученных данных статистической обработки показывает, что применение глушителя снижает в рабочей зоне (точки 1 – 5) математические ожидания от диапазона 98,48 – 103 дБА до диапазона 78,59 – 79,31 дБА. При этом на рабочем месте формовщика (точка 1) математическое ожидание уровня шума уменьшается почти в 1,3 раза (от 100,84 до 78,61 дБА). Среднеквадратические отклонения снижаются от диапазона 0,79 – 2,17 дБА до диапазона 0,65 – 1,07 дБА, а на рабочем месте формовщика среднеквадратическое отклонение уменьшается почти в 2 раза (от 1,9 до 0,96 дБА).

Эти данные говорят о значительной эффективности применяемого глушителя. Все же в отдельных измерениях наблюдались превышения уровня шума на рабочем месте и в рабочей зоне предельно допустимой величины 80 дБА.

Допустимость этого оценивалась с использованием критерия производственного риска в соответствии с изложенным выше стохастическим подходом и методикой оценки риска.

Результаты оценки производственного риска в рабочей зоне по частоте  $p$  превышения уровня шума допустимого предела 80 дБА и доверительные интервалы  $I_{\beta_{p1}}$ ,  $I_{\beta_{p2}}$  этой частоты при доверительной вероятности  $\beta = 0,95$ , полученные по таблице XIX из приложения [165], характеризуются данными, приведенными ниже в табл. 4.9.

Таблица 4.9

Оценка производственного риска в рабочей зоне по частоте  $p$  и ее доверительные интервалы  $I_{\beta_{p1}}$ ,  $I_{\beta_{p2}}$  при  $\beta = 0,95$

Номер точки	$\alpha(P_i)$	$I_{\beta_{p1}}$	$I_{\beta_{p2}}$
1, 2, 3, 5	0,0282	0,0985	0,0035
4	0,0141	0,0775	0

В рабочей зоне (точки 1 – 5) аппроксимация данных измерений при испытаниях плотностями распределения в виде гистограмм (табл. 4.2–4.6 и рис. 4.4–4.8) и оценка с использованием их производственного риска  $\alpha$  по формулам (4.7), (4.8) характеризуется данными, приведенными в табл. 4.10.

Таблица 4.10

Зависимость производственного риска  $\alpha$  от номеров точек в рабочей зоне

Номер точки	Координаты точек		$\alpha(P_i)$
	$x$ , м	$y$ , м	
1	2	3	4
1	17,4	9	0,0359
2	21,6	9,6	0,0810

1	2	3	4
3	2,4	9,6	0,0340
4	2,4	2,4	0,0118
5	21,6	2,4	0,0611

Таким образом, обе оценки не противоречат друг другу.

Данные оценки в рабочей зоне производственного риска по частоте  $p$  превышения уровня шума допустимого предела (табл. 4.9), которые практически не зависят от расположения точки измерений в рассматриваемой рабочей зоне, позволяют высказать гипотезу, что все измерения для пяти точек можно рассматривать как единую выборку из генеральной совокупности с суммарным числом независимых испытаний по пяти точкам (в каждой точке 71 испытание)  $n = 355$ .

При таком допущении оценка производственного риска по частоте  $p$  превышения уровня шума допустимого предела составляет 0,0254 при доверительном интервале, равном 0,0138 – 0,0557.

Аппроксимация данных измерений плотностями в виде гистограммы (табл. 4.11 и рис. 4.9) с включением измеряемого уровня шума  $L = 80$  дБА в последний интервал и оценка с помощью гистограммы производственного риска показывают, что величина его составляет  $\alpha = 0,0535$  и лежит в пределах приведенного выше доверительного интервала для этого случая.

Таблица 4.11

Разряды  $I_i$  случайного изменения уровня шума  $L$ , дБА, характеристики статистических рядов  $m_i$ ,  $p_i$  и гистограммы  $f(X_i)$  для пяти точек (при  $n=355$ )

С глушителем			
$I_i$ ( $X_i; X_{i+1}$ )	$m_i$	$p_i = \frac{m_i}{\sum m_i}$	$f(X_i) = \frac{p_i}{X_{i+1} - X_i}$
1	2	3	4
74,4-75,3	1	0,0028	0,0032
75,3-76,2	1	0,0028	0,0032

1	2	3	4
76,2-77	13	0,0366	0,0418
77-77,9	67	0,1887	0,2156
77,9-78,8	77	0,2169	0,2479
78,8-79,7	152	0,4282	0,4893
79,7-80,0	25	0,0704	0,2347
80,0-81,4	19	0,0535	0,0382

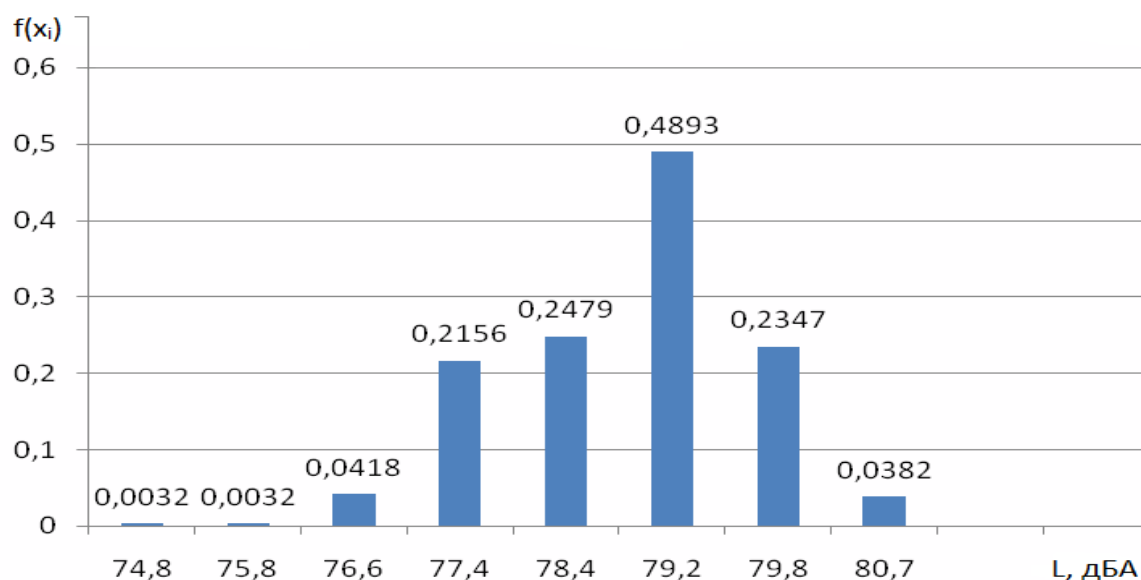


Рис. 4.9. Гистограмма распределения уровня шума (с глушителем, n=355)

### 4.3. Выводы по разделу 4

1. Применен стохастический подход к оценке воздействия шума на человека на рабочем месте и в рабочей зоне. При этом подходе уровень шума  $X_i$ , дБА и допустимое воздействие его на человека  $Y_i$ , дБА в общем случае рассматриваются как случайные величины.

2. Оценка качества рабочей зоны при воздействии шума впервые произведена по критерию производственного риска – вероятности превышения уровня шума  $X_i$ , дБА над допустимой величиной  $Y_i=80$  дБА.

3. Впервые предложено оценивать производственный риск от превышения уровня шума допустимых величин с использованием данных измерений двумя способами: по частоте превышения уровня шума его допустимой величины и как интеграл вероятности этого превышения от полученной по данным измерений плотности распределения уровня шума в диапазоне ее случайного изменения.

4. Оценка производственного риска на рассмотренном рабочем месте формовщика, в рабочей зоне без применения глушителя показала, что диапазоны случайного изменения уровня шума полностью превышают допустимые нормы и производственный риск при этом достигает максимальной величины  $\alpha=1$ , то есть существует 100-процентное нарушение норм, что является недопустимым.

5. Предложенный для снижения шума виброагрегата глушитель камерно-экранного типа существенно снизил максимальные значения уровня шума в рабочей зоне от диапазона 100,2 – 104,8 до 80,9 – 81,4 дБА.

6. Оценка производственного риска превышения уровня шума на рабочем месте формовщика (точка 1) по частоте показала, что величина его составляет 0,0282 с доверительным интервалом 0,0035 – 0,0985 при доверительной вероятности  $\beta=0,95$ . В рабочей зоне в зависимости от места измерения (точки 2 – 5) производственный риск составляет 0,0142 – 0,0282 с доверительным интервалом 0 – 0,0985 при той же доверительной вероятности. Оценка производственного риска через интеграл вероятности от плотности распределения уровня шума, полученной по данным измерений, показала, что величина его лежит в пределах доверительных интервалов, то есть обе оценки не противоречат друг другу.

7. Принятая гипотеза о том, что все измерения в рабочей зоне (точки 1 – 5) можно рассматривать как единую выборку из генеральной совокупности с суммарным числом испытаний  $n=355$ , показала, что оценка производственного риска по частоте составляет 0,0254 при доверительном интервале 0,0138 – 0,0557. Про-

изводственный риск, определенный через интеграл вероятности, составляет 0,0535 и лежит в пределах доверительного интервала.

8. Полученная с использованием различных способов оценка производственного риска превышения уровня шума на рабочем месте формовщика и в рабочей зоне показала, что величина риска составляет около 0,03 и с высокой надежностью 0,97 обеспечивается отсутствие превышения действующих нормативов.

## ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Проведенный анализ литературных источников и результатов натурных исследований показал, что наиболее мощными источниками шума на предприятиях по производству ЖБИ являются формовочные цеха, где уплотнение бетонной смеси проводится вибрированием на виброагрегатах – самых мощных источниках шума в этих цехах; максимальное значение уровней звука на рабочих местах формовщиков достигают значений 112 – 115 дБА, а эквивалентные 97 – 105 дБА (при норме для постоянных рабочих мест 80 дБА); в помещениях этих цехов эквивалентные уровни составляют 99 – 112 дБА.

2. Для снижения шума виброагрегата впервые предложено демпфирование – покрытие вибрирующих металлических поверхностей упруговязким материалом с высокими показателями внутреннего трения; в качестве такого материала была разработана, испытана и запатентована мастика полимерная виброзвукопоглощающая «Вибромаст», по своим физико-механическим свойствам существенно превосходящая прототип.

3. Практически доказана существенная акустическая эффективность (до 4,5 дБА) применения демпфирования вибрирующих металлических поверхностей виброагрегатов с использованием мастики полимерной виброзвукопоглощающей «Вибромаст» на опытном виброагрегате, изготовленном на ООО «Баловский завод ЖБИ»; установлена эмпирическая зависимость снижения уровня звука и звукового давления в октавных полосах частот от толщины слоя демпфирующего покрытия (от 0 до 6 мм).

4. Для снижения шума виброагрегатов впервые предложен камерно-экранный глушитель, устраиваемый в приемке под виброагрегатом, и теоретически обоснована его шумозащитная эффективность (до 11,0 дБ на частоте 1000 Гц).

5. Для проверки достоверности шумозащитной эффективности камерно-экранный глушитель, полученной расчетным путем, была сконструирована и собрана экспериментальная установка ЭУ-2010 для прямого физического моделирования, повторяющая фрагмент камерно-экранный глушитель, расположенного в



приямке под виброагрегатом; экспериментально доказана его шумозащитная эффективность, которая составила до 13,0 дБ на частоте 1000 Гц.

6. Эмпирически установлены зависимости снижения уровней звукового давления камерно-экраным глушителем от ширины акустического зазора между столом виброагрегата и экраном-щитком глушителя, направлением излучения шума в зону рабочего места формовщика, наличием или отсутствием звукопоглощающего слоя мастики «Вибромаст» на внутренних поверхностях глушителя и от взаиморасположения поверхности стола виброагрегата и уровня пола цеха.

7. Практически подтверждена шумозащитная эффективность камерно-экранного глушителя при проведении испытаний на ОДО «Полтавтрансбуд», которая составила 8,5 дБА.

8. Впервые применен стохастический подход к оценке воздействия шума на человека на рабочих местах и рабочей зоне; оценка качества рабочей зоны при воздействии шума впервые проведена по критерию производственного риска; впервые предложено оценивать производственный риск от повышения уровня шума над допустимыми значениями с использованием данных измерений двумя способами: по частоте превышения уровня шума его допустимой величины и как интеграл вероятности этого превышения по данным плотности распределения уровня шума в диапазоне ее случайного изменения; вычисления показали, что оценки производственного риска, полученные разными способами, не противоречат друг другу; величина производственного риска после применения камерно-экранного глушителя составляет около 0,03 и с высокой надежностью 0,97 обеспечивается отсутствие превышения действующих нормативов.

9. Внедрение диссертационной разработки камерно-экранного глушителя на предприятии ОДО «Полтавтрансбуд» показало экономическую эффективность в размере 35570 грн/год.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Дивинская Т. Тренд современного строительства – сборный железобетон. / Т. Дивинская // Бетон. – 2012. – №1. – С.20 – 24.
2. Самойлюк Е. П. Борьба с шумом и вибрацией в строительстве и на предприятиях строительной индустрии / Е. П. Самойлюк, В. В. Сафонов. – К. : Будівельник, 1979. – 152 с.
3. Каспаров А. А. Гигиена труда и промышленная санитария / А. А. Каспаров – М. : Медицина, – 2003. – 354 с.
4. Богданов Ю. В. Расчет звуковых зон внутри помещений / Ю. В. Богданов, В. В. Сафонов, И. Н. Паращиенко // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – 2011. – № 6 – 7. – С. 29 – 33.
5. Богданов Ю. В. Некоторые теоретические предпосылки оптимизации шумового режима в замкнутом пространстве / Ю. В. Богданов, В. В. Сафонов, И. Н. Паращиенко // Строительство, материаловедение, машиностроение. – 2011. – Вып. 62. – С. 90 – 93.
6. Сафонов В. В. Состояние и методы борьбы с шумом на заводах сборных железобетонных изделий / В. В. Сафонов, Ю. В. Богданов, И. Н. Паращиенко // Комунальне господарство міст: наук.-техн. зб. – 2011. – Вип. 99. – С. 80 – 87.
7. Сафонов В. В. Исследование параметров трудовой среды на предприятиях строительной индустрии / В. В. Сафонов, Ю. В. Богданов, И. Н. Паращиенко // Безпека життєдіяльності в навколишньому і виробничому середовищах: матер. Міжнар. наук.-практ. конф. – Х. : ХНАМГ, 2011. – С. 37 – 38.
8. Богданов Ю. В. Некоторые аспекты расчета звуковых зон внутри производственных помещений / Ю. В. Богданов, В. В. Сафонов, И. Н. Паращиенко // Безпека життєдіяльності людини як умова сталого розвитку сучасного суспільства: матер. IV Міжнар. наук.-практ. конф. – К., 2011. – С. 169 – 173.
9. Свідोцтво про реєстрацію авторського права на твір №38498. Твір технічного характеру «Анализ условий труда на предприятиях строительной индустрии» /

Ю. В. Богданов, В. В. Сафонов, И. Н. Паращиенко // ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», 2011.

10. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 38499. Твір технічного характеру «Анализ условий труда на предприятиях строительной индустрии» / Ю. В. Богданов, В. В. Сафонов, И. Н. Паращиенко // ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», 2011.

11. Патент 78000 України, МПК Е 04 В 1/00. Спосіб зниження шуму вібраційних агрегатів для ущільнення бетонних сумішей / Ю. В. Богданов, В. В. Сафонов, І. М. Паращійенко; заявник і патентовласник ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури». – № 201207847; заявл. 26.06.2012; опубл. 11.03.2013, Бюл. № 5.

12. Паращиенко И. Н. Оценка риска от воздействия шума на рабочих местах предприятий ЖБИ / И. Н. Паращиенко, Ю. В. Богданов // Наука и мир: Международный научный журнал. – Волгоград, 2013. – № 2 (2). – С. 63 – 66.

13. Богданов Ю. В. Методический подход по оценке экологического риска на рабочих местах и его применение для шумового воздействия / Ю. В. Богданов, И. Н. Паращиенко, С. З. Полищук, В. В. Сафонов // Строительство, материаловедение, машиностроение. – 2013. – Вып. 71. Том 2. – С. 44 – 48.

14. Паращиенко И. Н. Снижение шума на предприятиях по производству ЖБИ и прилегающих к ним территориях / И. Н. Паращиенко, Ю. В. Богданов, В. В. Сафонов // Тези 66-ї наукової конференції професорів, викладачів, наукових працівників, аспірантів та студентів університету. – Полтава: ПолтНТУ, 2014. Том 3. – С. 18 – 20.

15. Патент 93258 України, МПК С 09 D 1/00. Мастика віброзвукопоглинальна / І. М. Паращійенко, А. І. Биковський, М. В. Шпірько, Ю. В. Богданов, В. В. Сафонов; заявник і патентовласник ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури». – № 201403739; заявл. 10.09.2014; опубл. 25.09.2014, Бюл. №18.

16. Патент 93319 України, МПК С 04 В 111/52. Мастика полімерна віброзвукопоглинальна «Вібромаст» / І. М. Паращійенко, Ю. В. Богданов, М. В. Шпірько,

В. В. Сафонов, А. І. Биковський; заявники і патентовласники І. М. Паращійенко, Ю. В. Богданов, М. В. Шпірько, В. В. Сафонов, А. І. Биковський. – № 201404385; заявл. 23.04.2014; опубл. 25.09.2014, Бюл. № 18.

17. Паращійенко І. Н. Снижение шума виброагрегатов при уплотнении бетонной смеси методом вибродемпфирования / И. Н. Паращійенко, Ю. В. Богданов, В. В. Сафонов, Н. В. Шпірько, А. И. Быковский // Строительство, материаловедение, машиностроение. – 2014. – Вып. 76. – С. 312 – 316.

18. Паращійенко І. Н. Снижение шума виброагрегатов путем устройства камерно-экранного глушителя / И. Н. Паращійенко, Ю. В. Богданов, В. В. Сафонов // Международный научный журнал. – 2015. – Вып. 1. – С. 22 – 28.

19. Конституция Украины [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [http://kodeksy.com.ua/konstitutsiya\\_ukraini/statja-43.htm](http://kodeksy.com.ua/konstitutsiya_ukraini/statja-43.htm)

20. Профилактика профессиональных заболеваний. Всемирный день охраны труда 28 апреля 2013 года. МОТ, 2013. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://mintrudrb.ru/images/doklad%20mot%202013.pdf>

21. Beranek L. L. Protection of the public health and welfare from the effects of environmental noise / Beranek L. L. // In Noise Shock and Vibration: conference proceedings. – Monash University, Clayton, Victoria, Australia. – 1974. – P. 215 – 220.

22. Burns W. Hearing and Noise in Industry / Burns W., Robinson D. W. – London: HMSO, 1970. – 453 p.

23. Doelle L. J. Environmental Acoustics / Doelle L. J. – New York: McGraw Hill, 1972. – 368 p.

24. Dowling A. Sound and Sources of Sound / Dowling A., Ffowcs-Williams J. – Chichester: Halstead Press, 1982. – 408 p.

25. Noise control in Russia: Coll. rev. in principal topics / Ed. board: Prof. O. Rudenko, Prof. S. Rybak. – Tbilisi: NPK Informatica, 1992. – 263 p.

26. Burns W. Noise and man / William Burns, D.Sc., Prof. – London: Murray, 1968. – 336 p.

27. Анализ страхования несчастных случаев на производстве и профзаболеваний за 2013 г. – Фонд социального страхования от несчастных случаев на про-

изводстве и профессиональных заболеваний Украины [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.social.org.ua/view/4126>.

28. Технологии производства ЖБИ [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://zavodjbi.com.ua/a50606-Tehnologii-proizvodstva-ZHBI.html>

29. Воробьев В. А. Строительные материалы / В. А. Воробьев, А. Г. Комар. – М. : Стройиздат, 1971. – 496 с.

30. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны : ГОСТ 12.1.005-88. – М. : Издательство стандартов, 1988. – 75 с.

31. Санитарные нормы производственного шума, ультразвука и инфразвука : ДСН 3.3.6.037-99. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [http://search.ligazakon.ua/l\\_doc2.nsf/link1/MOZ641.html](http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/MOZ641.html)

32. Государственные санитарные нормы производственной общей и локальной вибрации: ДСН 3.3.6.039-99. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [http://search.ligazakon.ua/l\\_doc2.nsf/link1/MOZ639.html](http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/MOZ639.html)

33. Заборов В. И. О снижении шума при уплотнении бетонных смесей на виброплощадках / В. И. Заборов, И. В. Горенштейн // Бетон и железобетон. – 1970. – №12. – С. 24 – 27.

34. Евтушенко А. И. Анализ акустической обстановки в рабочих зонах формовочных цехов заводов ЖБК / А. И. Евтушенко, В. И. Беспалов // Строительство – 2010: матер. Междунар. научн.-практ. конф. / Рост. гос. строит. ун-т . – Ростов-на Дону: РГСУ, 2010. – С. 99 – 100.

35. Сафонов В. В. Опасные и вредные производственные факторы, сопровождающие работников при реконструкции машиностроительных заводов / В. В. Сафонов, Г. И. Харачих // Коммунальное хозяйство городов: научн.-техн. сб. – К., 2005. – Вып. 64. – С. 42 – 48.

36. Елизаров Ю. М. Борьба с шумом на заводах железобетонных изделий и конструкций / Ю. М. Елизаров. – Воронеж: Прогресс, 1969. – 320 с.

37. Борщевский А. А. Механическое оборудование для производства строительных материалов и изделий / А. А. Борщевский, А. С. Ильин – М. : Высшая школа, 1987. – 366 с.

38. Крылов Б. А. Современные проблемы заводской технологии производства железобетонных изделий / Б. А. Крылов // Бетон и железобетон. – 1977. – № 9. – С. 17 – 19.
39. Богданов В. С. Механическое оборудование предприятий промышленности стройматериалов: [учеб. пособие] / В. С. Богданов, Н. П. Несмеянов, В. З. Пироцкий, А. И. Морозов. – Белгород: БелГТАСМ, 1998. – 180 с.
40. Рябов Л. И. Зарубежные виброплощадки / Л. И. Рябов, В. А. Шмелев // Строительные и дорожные машины. – 1974. – № 8. – С. 26 – 27.
41. Arnold W. Betrachtungen zur Verdichtung von Beton auf horizontal erregten Vibrationstischen / W. Arnold, G. Vogel // Bauzeitung. – 1996. – № 10. – P. 510 – 513.
42. Осьмаков С. А. Виброударные формовочные машины: расчеты и применение / С. А. Осьмаков, Ф. Г. Брауде. – Л. : Строиздат, 1976. – 128 с.
43. Быховский И. И. Новые направления в разработке вибромашин для станкового формования железобетонных изделий / И. И. Быховский. – М. : ЦНИИТЭстроймаш, 1972. – 50 с.
44. Камар А. Г. Уплотнение бетонной смеси при воздействии низкочастотных ударно-вибрационных режимов / А. Г. Камар, Б. В. Гусев // Бетон и железобетон. – 1978. – № 5. – С. 18 – 19.
45. Крюков Б. И. Низкочастотная резонансная асимметричная виброплощадка / Б. И. Крюков // Строительные и дорожные машины. – 1975. – № 3. – С. 5 – 6.
46. Чешля Р. Р. Результаты испытаний ударно-вибрационной формовочной установки с двухсторонними ударами СИЖ-196 / Р. Р. Чешля. – М. : Политехника, 1992. – 234 с. – (Вибрационная техника).
47. Шингальский В. Н. Формование изделий на виброплощадках / В. Н. Шингальский. – М. : Стройиздат, 1968. – 104 с.
48. Баженов Ю. М. Технология бетонных и железобетонных изделий / Ю. М. Баженов, А. Г. Комар. – М. : Стройиздат, 1984. – 672 с.
49. Лермит Р. Проблемы технологии бетона: [пер. с франц. А. Е. Десова]. – М. : Наука, 1994. – 294 с.

50. Савинов О. А. Теория и методы вибрационного формования железобетонных изделий / О. А. Савинов, Е. В. Лавринович. – Л. : Стройиздат, 1972. – 153 с.

51. Ребо П. Вибрирование бетона: практическое руководство: [пер. с франц.] / П. Ребо – М. : Стройиздат, 1970. – 256 с.

52. Лаваришек Э. В. Исследование резонансных виброформовочных машин в целях установления основных параметров для создания машин нового типа: автореф. дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук : спец. 05.05.02 «Машины для производства строительных материалов и конструкций» / Э. В. Лаваришек. – М., 1972. – 20 с.

53. Голод В. Б. Исследование формуемости бетонных смесей / В. Б. Голод. – Л. : Сб. трудов ВНИИГС, 1987. – № 24. – 265 с.

54. Ананьин Г. П. Некоторые пути снижения шумовых и вибрационных характеристик формовочного оборудования на заводах ЖБИ / Г. П. Ананьин, В. А. Даева. – Тула: ТулПИ, 1984. – С. 100 – 108. – (Транспортирующие и строительные машины).

55. Елизаров Ю. М. Снижение шума и вибраций при формировании сборного железобетона / Ю. М. Елизаров. – М. : Изд. литературы по строительству, 1998. – 176 с.

56. Осипов Г. Л. Шум и звукоизоляция / Г. Л. Осипов. – М. : Стройиздат, 1967. – 104 с.

57. Acoustics – Estimation of noise-induced hearing loss (ISO 1999:2013). – [Действует с 2013-09-23]. – ТС 43. – III, 30 с. – (Европейский стандарт).

58. On the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (noise) (seventeenth individual Directive within the meaning of article 16(1) of Directive 89/391/EEC) (Directive 2003/10/EC of the European Parliament and of the Council). – [Действует с 2003-02-02]. – 23 с. – (Директива Европейского Парламента и Совета).

59. Шум. Общие требования безопасности : ГОСТ 12.1.003-83. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://docs.cntd.ru/document/gost-12-1-003-83-ssbt>

60. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых и общественных зданий, на территории жилых застроек : СанПиН 2.2.4/2.1.8.562-96. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [http://www.dnaop.com/html/30947/doc-CH\\_2.2.4\\_2.1.8.562-96](http://www.dnaop.com/html/30947/doc-CH_2.2.4_2.1.8.562-96)

61. Технический контроль шума [Электронный ресурс] / Dennis P. Driscoll // Энциклопедия по охране и безопасности труда – 2005. – гл. 47, раздел VI. – С. 106. – Режим доступа: <http://base.safework.ru/iloenc>.

62. Поспелов П. И. Борьба с шумом на автомобильных дорогах / П.И. Поспелов – М. : Стройиздат, 1981. – 88 с.

63. Ковриги С. Д. Уменьшение шума на предприятиях связи методом звукопоглощения / С. Д. Ковриги, А. П. Михеев. – М. : Стройиздат, 1978. – 218 с.

64. Снижение шума в зданиях и жилых районах / [Осипов Г. Л., Юдин Е. Я., Хюбнер Г. И. и др.]: под ред. Г. Л. Осипова, Е. Я. Юдина. – М. : Стройиздат, 1987. – 558 с.

65. Градостроительные меры борьбы с шумом / [Осипов Г. Л., Прутков Б. Г., Шишкин И. А., Карагодина И. Л.]. – М. : Стройиздат, 1975. – 216 с.

66. Самойлюк Е. П. Борьба с шумом в градостроительстве / Е. П. Самойлюк – К. : Будівельник, 1975. – 125 с.

67. Самойлюк Е. П. Борьба с шумом в населенных местах / Самойлюк Е. П., Денисенко В. И., Пилипенко А. П. – К. : Будівельник, 1981. – 144 с.

68. Шум. Транспортные потоки. Методы измерения шумовой характеристики : ГОСТ 20444-85 – [Действует с 1986-01-01] – М. : Государственный стандарт СССР. – 17 с.

69. Богданов Ю. В. Определение границ зоны шумового воздействия промышленного предприятия для городских территорий / Ю. В. Богданов – Днепропетровск: ДИСИ, 1985. – 20 с.

70. Богданов Ю. В. Руководство по расчету санитарно-защитных зон промышленных предприятий по шумовому фактору / Богданов Ю. В., Самойлюк Е. П., Городецкая Н. М. – Паспорта НТД. – № 6. – Вып. IX. – К., 1987.



71. Самойлюк Е. П. Проектирование санитарно-защитных зон промышленных предприятий по фактору шума. Руководство по расчету / Е. П. Самойлюк, Ю. В. Богданов – Днепропетровск: ДИСИ, 1988. – 23 с.

72. Руководство по разработке карт шума улично-дорожной сети городов / НИИСФ. – М. : Стройиздат, 1980. – 17 с.

73. Захаров Ю. И. Графоаналитический способ построения карт зашумленности городских территорий от точечных источников / Ю.И. Захаров, Ю.В. Богданов // Борьба с шумом и вибрацией в городах: всесоюз. конф. – Днепропетровск, 1982. – С. 110 – 112.

74. Богданов Ю. В. Расчет внешних звуковых полей промышленных объектов в градостроительном проектировании / Ю. В. Богданов, Е. П. Самойлюк, Л. И. Реутенко // Акустическая экология – 90: всесоюз. конф. – Л., 1990. – С. 27 – 29.

75. Защита территорий, зданий и сооружений от шума : ДБН В.1.1-31:2013. – [Действует с 2014-06-01]. – К. : Мінрегіон України, 2014. – 54 с. – (Государственные строительные нормы Украины).

76. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений : ДБН 360-92\*\*. – [Действует с 2002-03-19]. – К. : Укрархбудинформ, 2002. – 94 с. – (Государственные строительные нормы Украины).

77. Руководство по проведению расчета шума в помещениях и на территориях : ДСТУ - Н Б В.1.1-35:2013. – [Действует с 2014-01-01]. – К. : Мінрегіон України, 2014. – 58 с. – (Национальный стандарт Украины).

78. Руководство по расчету и проектированию звукоизоляции ограждающих конструкций жилых и общественных зданий : ДСТУ - Н Б В.1.1-34:2013. – [Действует с 2014-01-01]. – К. : Мінрегіон України, 2014. – 92 с. – (Национальный стандарт Украины).

79. Руководство по расчету и проектированию защиты от шума селительных территорий : ДСТУ - Н Б В.1.1-33:2013. – [Действует с 2014-01-01]. – К.: Мінрегіон України, 2014. – 46 с. – (Национальный стандарт Украины).

80. Указания по проектированию защиты от шума в помещениях средствами звукопоглощения и экранирования: ДСТУ - Н Б В.1.1-32:2013. – [Действует с

2014-01-01]. – К. : Мінрегіон України, 2014. – 48 с. – (Национальный стандарт Украины).

81. Панцке К. Ю. Защита от шума и вибрации в строительстве / К. Ю. Панцке – К.: Будивельник, VEB Verlag fur Bauwesen, Berlin, 1988. – 88 с.

82. Новак С. М. Защита от вибрации и шума в строительстве: справочник / С. М. Новак, А. С. Логвинец. – К. : Будивельник, 1990. – 181 с.

83. Основные требования к зданиям и сооружениям. Защита от шума : ДБН В.1.2-10-2008. – [Действует с 2008-10-01]. – К. : Мінрегіон України. – 2008. – 11 с. – (Государственные строительные нормы Украины).

84. Мягшин В. Н. Борьба с шумом на предприятиях легкой промышленности / В. Н. Мягшин, Е. И. Чудакова. – К. : Будивельник, 1982. – 200 с.

85. Борьба с шумом / [коллектив авторов] ; под ред. Е. Я. Юдина. – М. : Стройиздат, 1964. – 704 с.

86. Снижение шума в зданиях и жилых районах / [Осипов Г. Л., Юдин Е. Я., Хюбнер Г. и др.] ; под ред. Г. Л. Осипова, Е. Я. Юдина. – М. : Стройиздат, 1987. – 557 с.

87. Тартаковский Б. Д. Системный метод борьбы с шумом и вибрацией / Б. Д. Тартаковский. // Борьба с шумом и вибрацией в городах: тез. докл. всесоюзн. конф. – Днепропетровск, 1982. – С. 83 – 88.

88. Богданов Ю. В. Защита производственной и жилой среды от шума предприятий ЖБИ при планировке промышленных и промышленно-жилых районов: дис. кандидата тех. наук : 05.26.01 / Богданов Юрий Владимирович. – Днепропетровск, 1986. – 276 с.

89. Maekawa Z. Noise Reduction by Screens / Z. Maekawa // Applied Acoustics – 1968. – № 1. – P. 157 – 173.

90. Заборов В. И. О снижении шума при уплотнении бетонных смесей на виброплощадках / В. И. Заборов, И. В. Горенштейн, Д. И. Рудаков // Бетон и железобетон. – 1970. – № 2. – С. 24 – 27.

91. Горенштейн И. В. Снижение шума виброплощадок с механическими дебалансными вибраторами / И. В. Горенштейн, В. И. Заборов, Л. П. Тюменцев // Акустический журнал. – 1969. – Т.15, № 3. – С. 351 – 353.

92. Горенштейн И. В. Особенности возникновения излучения шума виброплощадок / И. В. Горенштейн, В. И. Заборов // Акустический журнал. – 1968. – Т.14, № 2. – С. 210 – 212.

93. Елизаров Ю. М. О борьбе с производственным шумом в формовочных цехах заводов железобетонных изделий / Ю. М. Елизаров // Промышленное строительство. – 1961. – № 12. – С. 46 – 48.

94. Ионов Ю. К. О снижении шума на заводах железобетонных изделий при формировании железобетонных труб методом виброгидропрессованием / Ю. К. Ионов, В. В. Сафонов // Специальные работы в промышленном строительстве, ЦБТИ. – 1969. – С. 32 – 88.

95. Осмаков С. А. Исследование движения виброплощадки с формой, свободно опирающейся на упругие прокладки / С. А. Осмаков. // Тр. ВНИИГС. М.-Л. : 1964. – Вып.17. – С. 105 – 111.

96. Клячко Л. Н. Разработка и исследование строительных конструкций звукоизолирующих кожухов / Л. Н. Клячко – М. : Стройиздат, 1966. – 112 с.

97. Заборов Ю. М. О борьбе с производственным шумом в формовочных цехах заводов железобетонных изделий / Ю. М. Заборов, В. Н. Никольский // Промышленное строительство. – 1961. – № 12. – С. 49 – 53.

98. Заборов В. И. Борьба с шумом методами звукоизоляции / Заборов В. И., Клячко Л. И., Росин Г. С. – М. : Стройиздат, 1964. – 122 с.

99. Елизаров Ю. М. Снижение шума и вибраций при формировании сборного железобетона / Ю. М. Елизаров. – М. : Стройиздат, 1970. – 175 с.

100. Иванов Н. И. Инженерная акустика. Теория и практика борьбы с шумом / Н. И. Иванов. – М. : Университетская книга, 2008. – 424 с.

101. Harris C. M. Handbook of Noise Control / Harris C. M. – New York: McGraw-Hill Book Co, 1957. – 349 p.

102. Справочник проектировщика. Защита от шума / [Юдин Е. Я., Рассадина И. Д., Никольский В. Н. и др.] ; под ред. Е. Я. Юдина. – М. : Стройиздат, 1974. – 134 с.

103. Защита от шума и ультразвука. Средства индивидуальной защиты от шума. Защита от ультразвука [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [http://ohrana-bgd.narod.ru/mashin/mashin\\_045.html](http://ohrana-bgd.narod.ru/mashin/mashin_045.html)

104. Производство бетонных и железобетонных изделий. : ДБН А.3.1-7-96. – [Действует с 1997-07-01]. – К.: Держкоммістобудування України, 1997. – 46 с. – (Государственные строительные нормы Украины).

105. Пособие по технологии формования железобетонных изделий – [Действует с 1986-07-07]. – М. : Стройиздат, 1988. – 56 с.

106. Junger M. Sound, structures and their interaction / M. Junger, D. Feit. – Mass. : MIT Press, 1972. – 214 p.

107. Рекомендации по вибрационному формованию железобетонных изделий. – [Действуют с 1985 г.] – М. : Госстрой СССР НИИЖБ, 1985.

108. Plunkett R. Friction damping, in Damping Applications for Vibration Control / R. Plunkett // ASME Publication AMD. – 1981. – V. 38. – P. 65 – 74.

109. Иванов Н. И. Борьба с шумом и вибрациями на путевых и строительных машинах / Н. И. Иванов. – М. : Транспорт, 1987. – 225 с.

110. Никифоров А. С. Вибропоглощение на судах / А. С. Никифоров. – Л. : Судостроение, 1979. – 184 с.

111. Никифоров А. С. Распространение и поглощение звуковой вибрации на судах / А. С. Никифоров, С. Б. Будрин. – Л. : Судостроение, 1968. – 216 с.

112. Селеев Д. К. Демпфирование. Акустика. Колебания : энциклопедический словарь / Д. К. Селеев, Е. Б. Утенов. – Алматы : Рылым, 2002. – 340 с.

113. Сергеев С. И. Демпфирование механических колебаний / С. И. Сергеев. – М. : Физматгиз, 1959. – 408 с.

114. Соломатов В. И. Вибропоглощающие материалы / Соломатов В. И., Черкасов В. Д., Фомин И. Е. – Саранск : Изд-во Мордов. ун-та, 2001. – 94 с.

115. Суворов Г. А. Вибрация и защита от неё / Г. А. Суворов, Л. О. Прокопенко. – М. : Охрана труда и соц. страхование, 2001. – 230 с.

116. Тартаковский Б. Д. Методы и средства вибропоглощения / Б. Д. Тартаковский // Борьба с шумом и звуковой вибрацией : сб. науч. тр. – М. : Знание, 1974. – С. 3 – 19.

117. Нашиф А. Демпфирование колебаний / Нашиф А., Джоунс Д., Хендерсон Дж. – М. : Мир, 1988. – 448 с.

118. Oberst H. Reduction of noise by the use of damping materials / H. Oberst // Trans. Roy. Soc., A 263. – 1968. – P. 441.

119. Plunkett R. Friction damping, in Damping Applications for Vibration Control / R. Plunkett // ASME Publication AMD. – 1981. – V. 38. – P. 65 – 74.

120. Тартаковский Б. Д. Перечень вибропоглощающих материалов и конструкций, рекомендуемых к применению в народном хозяйстве / Б. Д. Тартаковский – М. : Акустический институт, 1979. – 32 с.

121. Новые вибропоглощающие материалы и покрытия и их применение в промышленности / [коллектив авторов] ; под ред. А. С. Никифорова. – Л. : Знание, 1980. – 100 с.

122. Наумкина Н.И. Эксплуатационные свойства листовых и мастичных вибропоглощающих полимерных материалов / Н.И. Наумкина, Б.Д. Тартаковский // Борьба с шумом и звуковой вибрацией / МДНТП им. Ф.Э. Дзержинского. – М., 1986. – С. 90 – 94.

123. Алексеев С. П. Борьба с шумом и вибрацией в машиностроении / Алексеев С. П., Казаков А. М., Колотилов Н. Н. – М. : Машиностроение, 1970. – 208 с.

124. Grootenhuis P. The control of vibrations with viscoelastic materials / P. Grootenhuis // Journal of Sound and Vibration. – 1970. – V. 11. – P. 421 – 433.

125. Nakra B.C. Vibration control in machines and structures using viscoelastic damping / B.C. Nakra // Journal of Sound and Vibration. – 1998. – V. 211. – P. 449 – 466.

126. Ungar E. Plate damping due to thickness viscoelastic layers / E. Ungar, E. Kerwin // JASA. – 1964. – V. 36. – № 2. – P. 386 – 392.

127. Соломатов В.И. Вибропоглощающие материалы / Соломатов В.И., Черкасов В.Д., Фомин И.Е. – Саранск : Изд-во Мордов. ун-та, 2001. – 94 с.

128. Охрана труда в машиностроении : учебник для машиностроительных вузов / [Е. Я. Юдин, С. В. Белов, С. К. Баланцев и др.]; под ред. Е. Я. Юдина, С. В. Белова. [2-е изд., перераб. и доп.]. – М. : Машиностроение, 1983. – 432 с.

129. Патент 43174 України, МПК С 04 В 14/00. Мастика полімерна віброзвукопоглинальна «Демпфішторм» / Биковський А. І.; заявник і патентовласник Биковський А. І. – № 200901120; заявл. 12.02.2009; опубл. 10.08.2009, Бюл. № 15.

130. ССБТ Шум. Методы измерения шума на рабочих местах : ГОСТ 12.1.050-86. – [Действует с 1981-01-01] – М. : Государственный стандарт СССР. – 18 с.

131. Шум. Методи оцінювання виробничого шумового навантаження. Загальні вимоги : ДСТУ 2867-94. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [http://www.dnaop.com/html/43864/docДСТУ\\_2867-94/](http://www.dnaop.com/html/43864/docДСТУ_2867-94/).

132. Инструкции по расчету уровней шума на рабочих местах заводов сборного железобетона / Министерство строительного, дорожного и коммунального машиностроения. – 25.03.1969. – 16 с.

133. Справочник по технической акустике: пер. с нем. / под ред. М. Хекла и Х. А. Мюллера. – Л. : Судостроение, 1980. – 440 с.

134. Ковригин С. Д. Анализ звуковых полей производственных помещений / С. Д. Ковригин, С. И. Крышов, В. И. Леденев // Строительная акустика : Междунар. науч.-техн. конф. : сб. науч. трудов. – Bratislava, Czechoslovakia, 1980. – С. 116 – 119.

135. Контюри Л. Акустика в строительстве / Л. Контюри. – М. : Стройиздат, 1960. – 235 с.

136. Hirata Y. Geometrical acoustical acoustics for rectangular rooms / Hirata Y. // *Acustica*. – 1979. – V. 43. – № 4. – P. 247 – 252.

137. Качерович Л. Н. Об отражениях звуковой энергии в помещениях / Л. Н. Качерович // Труды НИКФИ. – 1957. – Вып. 12(22). – С. 8 – 21.

138. Качерович Л. Н. Об отражениях звуковой энергии в помещениях / Л. Н. Качерович // Труды НИКФИ. – 1957. – Вып. 4(14). – С. 5 – 22.

139. Ковригин С. Д. Архитектурно-строительная акустика / С. Д. Ковригин. – М. : Высшая школа, 1980. – 184 с.
140. Noise and Vibration Control / ed. by L. L. Beranek. – N.-Y. : Mc Graw-Hill, 1971. – 630 p.
141. Redmore T. L. A theoretical analysis and experimental study of the behavior of sound in corridors / T. L. Redmore // Applied Acoustics. – 1982. – V. 15. – № 3. – P. 161 – 170.
142. Redmore T. L. Method to predict the transmission of sound through corridors / T. L. Redmore // Applied Acoustics. – 1982. – V. 15. – № 2. – P. 133 – 146.
143. ПромСтромМашина. Вибрационное оборудование. Виброплощадка СМЖ-773Б-02. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.promsm74.ru/products/vibro/vibropl773/>.
144. Юдин Е. Я. Глушители шума вентиляционных установок / Е. Я. Юдин. – М. : Госстройиздат, 1958. – 160 с.
145. Измерение шума машин и оборудования / Осипов Л. Г. и др. – М. : Изд-во стандартов, 1968. – 147 с.
146. Пустыльник Е. И. Статистические методы анализа и обработки наблюдений / Е. И. Пустыльник. – М. : Наука, 1968. – 288 с.
147. Марчук Г. И. Методы вычислительной математики / Г. И. Марчук. – М. : Наука, 1977. – 456 с.
148. Гмурман В. Е. Руководство к решению задач по теории вероятности и математической статистики / В. Е. Гмурман – М. : Высшая школа, 1975. – 333 с.
149. Самойлюк Е. П. Борьба с шумом и вибрацией в строительстве и на предприятиях строительной индустрии / Е. П. Самойлюк, В. В. Сафонов. – К. : Будівельник, 1979. – 153 с.
150. Parbait F. Le bruit dans la ville. (Шумовое загрязнение окружающей среды и борьба с ним). / Parbait F. – Techn. Et sci. Munic. – 1984. – №7. – P. 357.
151. Обменные курсы валют. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://ru.coinmill.com>.

152. Пузина Ч. Экономические аспекты снижения шума в промышленности / Ч. Пузина // Экономика и организация труда (НИР). – 1972. – № 3. – С. 31 – 34.

153. Makajima T., Kogai to taisaku. – J. Environ. Pollut. Contr. (Контроль строительных и промышленных шумов в Японии за последние 15 лет) / Макаjима Т. – 1983. – № 13. – Р. 1214 – 1217.

154. Макарова Е. Защита от шума и вибрации / Е. Макарова // [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://fb.ru/article/64134/zaschita-ot-shuma-i-vibratsii>.

155. Борьба с шумом на производстве: справочник / [ Е. Я. Юдин, Л. А. Борисок, И. В. Горенштейн и др.] ; под ред. Е. Я. Юдин. – М. : Машиностроение, 1985. – 400 с.

156. БиОТХХI век. Охрана труда (опасные и вредные производственные факторы) [Электронный ресурс]. – 2012. – Режим доступа : <http://www.nwbiot.narod.ru /151.htm>.

157. Федорец А. Г. Методические основы количественного оценивания производственных рисков / Энергобезопасность в документах и фактах: научно-технический, информационно-аналитический и учебно-методический журнал. [Электронный ресурс]. – 2008. – № 2. – Режим доступа : <http://www.endf.ru>

158. Акимов В. А. Основы анализа и управления риском в природной и техногенной сфере / Акимов В. А., Лесных В. В., Радаев Н. Н. – М. : Деловой экспресс, 2004. – 352 с.

159. Артамонова А. В. Применение методов системного анализа, аэродинамики приземного слоя и теории надежности для оценки экологического риска / А. В. Артамонова, В. А. Долодаренко, В. Ю. Каспийцева, И. Ю. Лесникова, В. В. Фалько // Екологія і природокористування. – 2003. Вып. 6. – С. 194 – 199.

160. Фалько В. В. Прогнозна оцінка екологічного ризику від точкового джерела викидів: дисертація на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: 21.06.01 / Фалько Віра Володимирівна. – Суми, 2012. – 208 с.

161. Зинченко В. Ю. К вопросу надежности обеспечения предельно допустимого содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны / Зинченко В. Ю., Фалько В. В., Долодаренко В. А., Вотченикова Ю. Ю. // Охорона навколишнього



середовища промислових регіонів як умова сталого розвитку України: VII Всеукр. наук.-практ. конф.: зб. стат. – Запоріжжя: Видавництво ЗДІА, 2011. – С. 37 – 38.

162. Ядренко М. И. Случайное поле // Энциклопедия кибернетики, т. 2. – Главная редакция Украинской СЭ. – К., 1974. – С. 376 – 377.

163. Вентцель Е. С. Теория вероятностей: учеб. для вузов / Е. С. Вентцель. – М. : Высш. шк., 1999. – 576 с.

164. Надежность технических систем / [Переверзев Е., Алпатов А., Даниев Ю., Новак П.]. – Днепропетровск: Пороги, 2002. – 396 с.

165. Дунин-Борковский И. В. Теория вероятностей и математическая статистика в технике / И. В. Дунин-Борковский, Н. В. Смирнов. – М. : ГИТТЛ, 1995. – 556 с.

## **ПРИЛОЖЕНИЯ**

## Приложение А





УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **93319** (13) **U**  
 (51) МПК  
**C04B 111/52** (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
 ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
 ВЛАСНОСТІ  
 УКРАЇНИ

**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ**

<p>(21) Номер заявки: <b>u 2014 04385</b></p> <p>(22) Дата подання заявки: <b>23.04.2014</b></p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: <b>25.09.2014</b></p> <p>(46) Публікація відомостей про видачу патенту: <b>25.09.2014, Бюл.№ 18</b></p>	<p>(72) Винахідник(и):  <b>Паращівко Ірина Миколаївна (UA),          Богданов Юрій Володимирович (UA),          Шпирько Микола Васильович (UA),          Сафонов Володимир Васильович (UA),          Биковський Анатолій Іванович (UA)</b></p> <p>(73) Власник(и):  <b>Паращівко Ірина Миколаївна,          пр. М. Вавілова, 13/42, кв. 296, м. Полтава,          36004 (UA),          Богданов Юрій Володимирович,          вул. С. Ковалевської, 90-а, кв. 62, м.          Дніпропетровськ, 49108 (UA),          Шпирько Микола Васильович,          вул. Ілліча, 21-а, кв. 24, м. Дніпропетровськ,          49069 (UA),          Сафонов Володимир Васильович,          вул. Пролетарської Перемоги, 35, кв. 62, м.          Дніпропетровськ, 49032 (UA),          Биковський Анатолій Іванович,          пр. Героїв Сталінграда, 39-а, кв. 13, м. Київ,          04210 (UA)</b></p>
--	---

**(54) МАСТИКА ПОЛІМЕРНА ВІБРОЗВУКОПОГЛИНАЛЬНА "ВІБРОМАСТ"****(57) Реферат:**

Мастика полімерна віброзвукопоглинальна містить цемент, пластифікатор, графіт, вермікуліт случений, волокно та воду. Як полімер містить тілозу (в'язуче), пластифікатор - гіперпластифікатор полікарбоксилатного типу, волокно - поліпропіленове або целюлозне волокно.

**UA 93319 U**

## UA 93319 U

Корисна модель належить до галузі охорони навколишнього середовища, охорони праці та машинобудування, як віброзвукопоглинальний матеріал для зниження впливу вібрації та шуму.

Відома суміш для виготовлення віброзвукопоглинального матеріалу з метою зниження ступеня впливу вібрації та шуму на організм людини у виробничих та житлових умовах, що

5 включає наступні компоненти з співвідношеннями, мас. %:

гіпс	3-4
цемент	0,5-1,5
перліт	0,5-2,0
скоп	5,0-7,0
ПВА	0,1-0,3
вода	решта.

Недоліком такої суміші є низькі звукопоглинальні властивості, що обмежує її використання у спорудах виробничого, обслуговуючого призначення, енергетичного вібронпруженого устаткування та на транспорті.

10 Найбільш близькою за фізико-механічними показниками є мастика полімерна віброзвукопоглинальна "Демпфішторм", з наступними співвідношеннями компонентів, мас. %:

дисперсія ПВА	27-29
пластифікатор	3-4
вермікуліт случений	16-17
перліт	3-4
графіт кристалічний ГЛ-1	17-18
волокно поліамідне або базальтове	5-6
цемент марки 400	4-7
вода	решта.

Недоліком такої суміші є недостатні звукопоглинальні властивості та велика об'ємна маса, що обмежує її використання у спорудах виробничого, обслуговуючого призначення, енергетичного вібронпруженого устаткування та на транспорті.

15 В основу корисної моделі поставлена задача створення мастики розширених можливостей, що поширює можливість її використання шляхом значного зменшення її об'ємної маси та якісного збільшення показників віброзвукопоглинання.

Поставлена задача вирішується тим, що мастика полімерна віброзвукопоглинальна "Вібромаст" як полімер містить тілозу (в'язуче), пластифікатор - гіперпластифікатор полікарбоксилатного типу, волокно - поліпропіленове або целюлозне волокно з зміненим

20 співвідношенням компонентів у мас. %:

тілоза (в'язуче)	6-7
гіперпластифікатор	
полікарбоксилатного типу	2-2,5
цемент марки 400	15-17
графіт кристалічний ГЛ-1	19-20
вермікуліт случений	18-19
волокно поліпропіленове або целюлозне	8-10
вода	решта.

Включення до складу мастики целюлозного або поліпропіленового волокна замість поліамідного або базальтового дозволило підвищити міцність та тріщиностійкість композиції за рахунок покращеного зчеплення цементно-полімерної матриці з волокном, а введення як пластифікатор - гіперпластифікатор полікарбоксилатного типу дозволило поліпшити

25 формувальні властивості за рахунок зниження водопотреби.

Віброзвукопоглинальні властивості мастики "Вібромаст" підвищуються за рахунок більш високого змісту графіту, вермікуліту та волокна, а також за рахунок зниження середньої щільності мастики після затвердіння.

30 Для виготовлення дослідних зразків з запропонованої суміші використовували такі матеріали:

Вермікуліт случений по ГОСТ 12865; волокно поліпропіленове по ТУУ 24.7-32781078-001-2006; цемент по ДСТУ Б В.2.7-46-96 "Цементы общестроительного назначения", ДСТУ Б В.2.7-112-2002 "Цементы. Общие технические условия".

35 Після змішування компонентів була отримана мастика (в'язка речовина), з такими фізико-механічними властивостями:

## UA 93319 U

об'ємна маса, кг/м <sup>3</sup>	500-550
коефіцієнт механічних втрат у діапазоні частот, Гц (31,5-8000)	0,035-0,30
ревербераційний коефіцієнт звукопоглинання у третьоктавних смугах частот (100-5000 Гц)	0,23-0,9
вогнестійкість (група горючості)	важкогорюча
токсичність	нетоксична
зовнішній колір	темно-сіра
робоча температура	волокниста
	20-+100° С.

Дослідний зразок пройшов випробування шляхом нанесення його на дослідний екран у ревербераційній камері на базі Інституту спеціальних систем і технологій (IMIS), згідно з вимогами діючих стандартів, з використанням апаратури фірми "Briel and Kjaer". Результати випробувань наведені в табл. 1, 2.

5

Таблиця 1

Показники	Коефіцієнт механічних втрат у смугах частот, Гц									
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	6000	8000
Найближчий аналог "Демпфштурм"	0,024	0,028	0,032	0,042	0,047	0,06	0,08	0,12	0,21	0,24
Пропонована "Вібромаст"	0,03	0,035	0,04	0,45	0,05	0,08	0,1	0,15	0,23	0,25

Таблиця 2

Показник	Ревербераційний коефіцієнт звукопоглинання в октавних смугах частот, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Найближчий аналог "Демпфштурм"	0,02	0,1	0,14	0,17	0,2	0,24	0,27	0,3
Пропонована "Вібромаст"	0,18	0,28	0,37	0,43	0,54	0,65	0,73	0,83

Таким чином, мастика віброзвукопоглинальна "Вібромаст", що пропонується, за своїми фізико-механічними властивостями у часті ефективності віброзвукопоглинання значно перевершує найближчий аналог.

10

## ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Мастика полімерна віброзвукопоглинальна, що містить цемент, пластифікатор, графіт, вермікуліт случений, волокно та воду, яка **відрізняється** тим, що вона як полімер містить тілозу (в'яжуче), пластифікатор - гіперпластифікатор полікарбоксилатного типу, волокно - поліпропіленове або целюлозне волокно, з зміненим співвідношенням компонентів у мас. %:

15


тілоза (в'яжуче)	6-7
гіперпластифікатор	
полікарбоксилатного типу	2-2,5
цемент марки 400	10-12
графіт кристалічний ГЛ-1	19-20
вермікуліт случений	18-19
волокно поліпропіленове або целюлозне	8-10
вода	решта.

## Приложение Б

«СОГЛАСОВАНО»

Директор ООО «Баловский завод ЖБИ»  
 \_\_\_\_\_ Вакалюк И.В.

« \_\_\_\_\_ »



### АКТ ВНЕДРЕНИЯ

научно-технической разработки в производство

Настоящий акт составлен комиссией под председательством директора завода Вакалюка И.В.

Члены комиссии со стороны заказчика:

главный инженер завода Дубовик М.Н.; инженер-технолог Худенко Л.И.

Члены комиссии со стороны исполнителя:

к.т.н., проф. Сафонов В.В.; к.т.н., доц. Богданов Ю.В.; ст. преп. Парациенко И.Н.; к.т.н., г.н.с. Быковский А.И.

Разработка мастики полимерной виброзвукопоглощающей «Вибромаст» проводилась совместно специалистами Киевского института машин и систем, Днепропетровской Государственной академии строительства и архитектуры и Полтавского национального технического университета им. Юрия Кондратюка в период с 3.02. 2014 г. по 12.05. 2014 г. на базе лаборатории кафедры технологии строительных материалов, изделий и конструкций (зав.кафедрой д.т.н., проф. Приходько А.П., д.т.н., проф. Шпырько Н.В.).

В результате внедрения мастики полимерной виброзвукопоглощающей «Вибромаст» путем нанесения ее на все поверхности (кроме горизонтальной поверхности) одного виброагрегата послойно (каждый слой толщиной 2 мм) три раза, общей толщиной 6 мм – шумовая характеристика виброагрегата снизилась на 4,5 дБА.

Для проведения измерений был использован шумомер № 2235, октавный фильтр туре 1624 фирмы Bruel & Kjaer (Дания) (Свід. про повірку раб. зас. вимір. техн. ДП Стандартметрології (м. Харків) №02/0244. Дійсне до 19.02. 2015 р).

В результате внедрения мастики полимерной виброзвукопоглощающей «Вибромаст» на формовочном производстве Баловского завода ЖБИ значительно улучшились акустические условия труда не только у формовщиков, но и у всего персонала, находящегося в пространстве цеха (от 25 до 30 человек), то есть, социальный эффект очевиден. Кроме того, улучшились акустические условия на всей территории завода и на прилегающей к заводу селитебной территории.

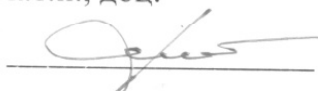
На основании вышеизложенного комиссия постановила, что мастика полимерная виброзвукопоглощающая «Вибромаст» имеет достаточно высокие виброзвукопоглощающие свойства и внедрена в соответствии с областью ее распространения.

От ПГАСА подписали:

к.т.н., проф.

 Сафонов В.В.

к.т.н., доц.

 Богданов Ю.В.

ст. преп.

 Парациенко И.Н.

к.т.н., г.и.с.

 Быковский А.И.

От ООО «Баловский завод ЖБИ»  
подписали:

главный инженер завода

 Дубовик М.Н.

инженер-технолог

 Худенко Л.И.



## Приложение В





ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **78000** (13) **U**  
(51) МПК (2013.01)  
E04B 1/00

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

<p>(21) Номер заявки: <b>u 2012 07847</b> (22) Дата подання заявки: <b>26.06.2012</b> (24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: <b>11.03.2013</b> (46) Публікація відомостей про видачу патенту: <b>11.03.2013, Бюл.№ 5</b></p>	<p>(72) Винахідник(и): <b>Богданов Юрій Володимирович (UA), Сафонов Володимир Васильович (UA), Паращівко Ірина Миколаївна (UA)</b> (73) Власник(и): <b>ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД "ПРИДНІПРОВСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА ТА АРХІТЕКТУРИ", вул. Чернишевського, 24-а, м. Дніпропетровськ, 49631 (UA)</b></p>
--	---

## (54) СПОСІБ ЗНИЖЕННЯ ШУМУ ВІБРАЦІЙНИХ АГРЕГАТІВ ДЛЯ УЩІЛЬНЕННЯ БЕТОННИХ СУМІШЕЙ

(57) Реферат:

Спосіб зниження шуму вібраційних агрегатів для ущільнення бетонних сумішей шляхом розміщення їх у спеціальних приямках, що екранують звукову енергію. Зазори між формою із бетонною сумішшю та стінками приямку закривають спеціальними звукоізолюючими щітками.

UA 78000 U

UA 78000 U

Корисна модель належить до галузі безпеки життєдіяльності людини, зокрема до охорони праці і може бути використана для зниження шуму агрегатів, що використовують для ущільнення бетонної суміші.

5 При вирішенні питань шумозахисту на робочих місцях формування бетонних за залізобетонних виробів на заводах будівельної індустрії застосовують пристрої для зниження шуму, виконані у вигляді звукоізолюючих кожухів, якими накривають вібраційні агрегати із формами, що заповнюють бетонною сумішшю [1].

Недоліком таких пристроїв є збільшення часу технологічного циклу ущільнення та відсутність можливості вирівнювання поверхні маси бетонної суміші.

10 Найбільш близьким до пропонованого є спосіб зниження шуму вібраційних агрегатів, що полягає у розміщенні їх у спеціальних приямках, що екранують звукову енергію, при цьому форми з бетонною сумішшю закріплюють на поверхні агрегатів за допомогою електромагнітів, що знижує шум співударяння форм з поверхнею агрегатів [2].

Однак, і в цьому випадку ефективність зниження шуму є недостатньою.

15 В основу корисної моделі поставлена задача вдосконалити спосіб зниження шуму агрегатів, що використовують для ущільнення бетонної суміші, у якому за рахунок особливостей конструктивного виконання суттєво збільшується шумозахисна ефективність.

20 Задача вирішується за рахунок того, що в спосіб зниження шуму вібраційних агрегатів для ущільнення бетонних сумішей шляхом розміщення їх у спеціальних приямках, що екранують звукову енергію, відповідно до корисної моделі, зазори між формою із бетонною сумішшю та стінками приямку закривають спеціальними звукоізолюючими щитками.

Суть корисної моделі пояснюється кресленням, на якому зображено процес ущільнення бетонної суміші.

25 Пропонований спосіб реалізують таким чином: на стіл віброагрегату 1, розміщеному у приямку 2, встановлюють форму 3 із бетонною сумішшю 4, зазори між формою 3 і стінками приямку 2 закривають спеціальними звукоізолюючими щитками 5 і вмикають віброзбуджувачі 6.

Звукова енергія, що збуджується віброагрегатом, втрачає свою інтенсивність в утвореному, так званому, камерно-екранному глушнику.

30 Таким чином, пропонований спосіб ущільнення бетонної суміші, на відміну від прототипу, дозволяє уникати використання відкритих віброуючих елементів і суттєво знижувати шум агрегатів.

Джерела інформації

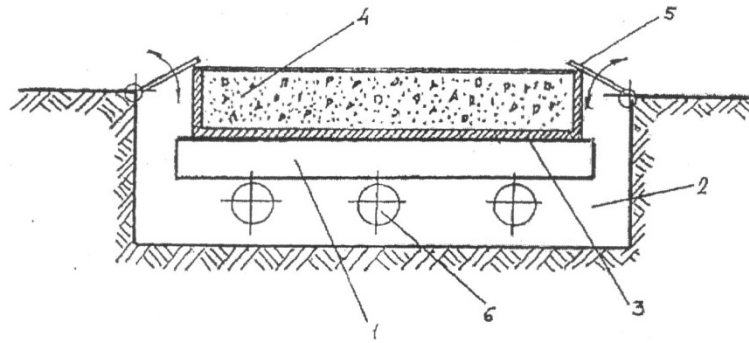
1. Защита от шума и вибрации в строительстве/ К. - Ю. Панцке, З. Критс, П. Краузе, К. Попов. К. Будівельник, VEB Verlag fur Bauwesen, Berlin, 1988. - 88 с.

35 2. Новак С.М., Логвинец А.С. Защита от вибрации и шума в строительстве. Справочник. К.: Будівельник, 1990. - 184.

#### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

40 Спосіб зниження шуму вібраційних агрегатів для ущільнення бетонних сумішей шляхом розміщення їх у спеціальних приямках, що екранують звукову енергію, який відрізняється тим, що зазори між формою із бетонною сумішшю та стінками приямку закривають спеціальними звукоізолюючими щитками.

UA 78000 U



---

Комп'ютерна верстка С. Чулій

---

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

---

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601

## Приложение Г

"ЗАТВЕРДЖУЮ"

Проректор з наукової роботи ДВНЗ  
«Придніпровська державна академія  
будівництва та архітектури»  
д.т.н., професор

Савицький М.В.



"ПОГОДЖУЮ"

Заступник генерального директора з  
технічних питань  
ТзДВ «Полтавтрансбуд»

Маляренко В.І.



### АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

науково-технічної розробки в виробництво

Ми, що нижче підписалися члени комісії у складі представників ТзДВ «Полтавтрансбуд»: провідний інженер з охорони праці Вовк А.М. та інженер-технолог Байдалов Д.С. з однієї сторони та представники ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»: к.т.н., доцент кафедри безпеки життєдіяльності Богданов Ю.В., к.т.н., професор кафедри безпеки життєдіяльності Сафонов В.В., ст. викладач кафедри екології ПолтНТУ, здобувач кафедри безпеки життєдіяльності ПДАБА Паращійко І.М. з другої сторони склали акт про впровадження науково-технічної розробки «Камерно-екранний глушник для віброагрегату по ущільненню бетонної суміші» з метою зниження рівнів шуму віброплощадки (СМЖ-773Б-02), у формувальному цеху підприємства, на його території в цілому та на території прилеглої жилої забудови.

Сутність розробки полягає в частковому перекритті зазору між формою із бетонною сумішшю та стінками прямоку під віброагрегатом екранами-щітками, що виконані зі сталі (патент на корисну модель UA №78000 U E04B 1/00) та покриття внутрішніх стінок прямоку мастикою полімерною

віброзвукопоглинальною «Вібромаст» (патент на корисну модель UA №93319 U C04B 111/52).

Впровадження значно знизило інтенсивність звукової енергії, що потрапляє на робоче місце формувальника та в робочу зону цеху, що призвело до покращення акустичних умов праці на території цеху, підприємства в цілому та на території житлової забудови, що підтверджено результатами замірів рівнів звукового тиску та рівнів звуку.

Від ПДАБА підписали:

к.т.н., доц.

 Богданов Ю.В.

к.т.н., проф.

 Сафонов Ю.В.

Здобувач, виконавець роботи

 Паращійенко І.М.

Від ТзВД «Полтавтрансбуд»  
підписалися:

провідний інженер з охорони праці

 Вовк А.М.

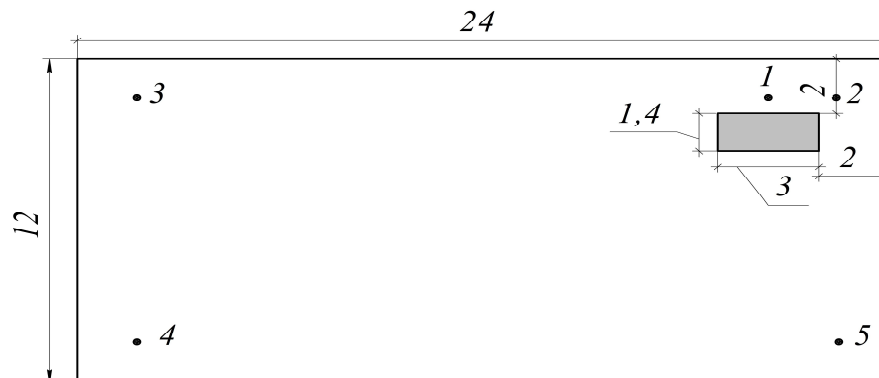
інженер-технолог

 Байдалов Д.С.

## Приложение Д

Данные измерений уровней звука на территории формовочного цеха  
ОДО «Полтавтрансбуд»

Схема мест измерений:



Место измерений: т. 1 – рабочее место формовщика; т. 2-5 – территория рабочей зоны

Измерительный прибор: шумомер № 2235, октавный фильтр № 1624  
фирмы Brüel & Kjær (Дания)

(Свідоцтво про перевірку робочого засобу вимірювальної техніки №22-00/1274536).

Таблица Д.1

Результаты измерений уровней звука на территории формовочного цеха  
ОДО «Полтавтрансбуд» без внедрения камерно-экранного глушителя

Уровни звука, дБА				
№ точки измерения				
1	2	3	4	5
101,8	100,3	98,0	102,0	104,0
98,1	94,5	99,0	99,2	100,8
103,5	100,2	98,0	98,4	102,0
102,2	101,3	99,3	97,7	101,8
98,0	100,2	97,2	100,0	102,5
103,3	94,6	98,8	99,4	100,5
102,1	100,4	98,2	98,6	103,4

Продолжение таблицы Д.1

1	2	3	4	5
97,8	101,4	99,4	97,5	102,0
103,7	100,0	98,0	98,2	103,3
102,0	95,0	98,8	98,3	101,2
97,9	102,1	97,8	97,7	104,5
103,6	100,0	99,5	99,0	102,8
101,7	103,2	98,2	99,9	103,0
100,0	100,1	98,6	98,4	101,0
103,3	101,9	98,2	98,8	101,8
101,9	101,2	98,8	98,2	103,7
100,2	100,4	98,3	99,7	103,2
103,4	102,2	98,5	98,8	102,8
102,1	101,2	97,3	99,2	102,7
100,1	99,8	98,0	98,3	104,8
103,5	99,8	97,8	97,0	102,8
102,0	99,9	98,6	98,0	103,9
99,8	101,8	98,8	99,3	102,9
102,8	98,8	97,0	99,5	103,8
102,0	97,0	96,9	98,2	103,4
102,5	98,4	98,7	97,9	104,0
102,9	102,0	98,3	99,0	102,3
100,4	98,0	97,9	99,2	103,5
102,7	97,8	99,0	98,3	103,5
103,0	98,3	99,0	98,4	103,5
100,3	102,0	99,2	98,4	103,4
102,6	97,8	97,2	98,5	104,2
103,2	97,9	98,3	98,4	104,5
100,6	99,4	99,2	98,8	103,6



## Продолжение таблицы Д.1

1	2	3	4	5
102,3	104,2	99,5	98,6	104,5
99,8	96,9	98,2	98,0	103,8
100,5	98,3	98,4	98,2	103,2
99,2	98,3	98,3	99,9	101,8
99,7	103,2	97,0	99,2	103,9
100,5	98,8	99,3	97,7	103,7
99,0	99,3	99,5	98,4	102,1
99,9	99,4	98,4	100,0	102,5
104,0	104,0	98,2	99,3	103,0
99,0	98,0	99,4	98,4	103,7
100,0	99,4	95,9	99,4	102,1
104,1	98,8	98,3	99,2	100,8
98,8	100,1	99,2	99,8	102,7
100,2	99,2	100,0	98,8	104,0
104,2	99,0	95,9	98,2	103,2
98,9	100,0	99,0	97,8	101,0
100,0	102,0	99,5	99,7	103,0
104,0	100,3	100,2	98,3	103,0
99,1	97,5	95,9	98,3	102,4
100,0	101,2	98,2	97,7	104,2
99,5	103,0	99,4	99,5	103,4
100,2	102,4	99,8	98,1	102,5
99,4	97,8	98,0	98,5	103,1
98,5	102,0	99,3	98,4	102,7
99,8	104,0	99,6	99,8	103,7
99,3	103,5	97,9	99,5	103,4
98,7	98,9	98,3	98,4	104,0

Продолжение таблицы Д.1

1	2	3	4	5
102,2	102,3	99,4	98,6	102,8
99,6	100,1	99,4	98,0	104,0
98,6	102,0	98,2	99,7	102,8
103,0	97,9	98,4	99,0	102,5
99,7	102,4	98,8	99,0	103,9
98,4	100,2	99,2	99,2	103,5
99,4	103,0	97,9	99,0	102,4
98,3	98,3	98,5	99,8	102,6
98,0	103,0	98,8	98,6	104,0
98,5	100,3	99,0	99,3	102,0

Таблица Д.2

Результаты измерений уровней звука на территории формовочного цеха  
ОДО «Полтавтрансбуд» после внедрения камерно-экранного глушителя

Уровни звука, дБА				
№ точки измерения				
1	2	3	4	5
78,2	77,0	79,9	79,2	80,0
79,2	77,9	79,2	79,0	80,0
77,0	79,3	79,0	77,8	78,8
78,1	79,8	79,0	79,0	79,4
79,0	77,2	77,0	78,6	79,8
77,2	77,0	79,8	78,9	80,0
78,0	79,0	79,0	77,9	78,9
79,5	77,5	79,2	79,3	80,0
77,1	78,1	76,9	78,5	79,7

## Продолжение таблицы Д.2

1	2	3	4	5
77,8	77,5	79,3	78,6	78,9
79,4	78,5	78,3	77,5	78,8
76,8	77,6	79,8	79,5	79,2
77,9	79,9	79,0	79,0	78,8
79,3	79,2	79,5	79,0	79,9
76,9	77,9	78,4	77,6	77,8
78,0	77,8	79,2	79,4	79,4
79,6	78,2	77,2	79,6	79,0
77,0	79,8	81,0	78,8	79,0
78,1	77,8	78,5	77,8	79,0
79,7	77,9	79,3	79,3	79,0
77,2	77,8	76,9	80,3	80,0
78,0	79,9	79,9	77,9	79,0
79,5	77,8	77,9	79,2	79,5
77,1	79,2	78,4	79,2	78,8
78,2	77,9	75,9	78,9	81,2
79,5	81,2	78,9	77,9	79,5
81,2	77,8	77,8	79,2	81,4
78,4	79,0	78,4	78,8	78,8
79,4	78,2	76,3	79,0	80,0
81,1	81,3	78,2	78,3	79,2
78,3	78,3	79,3	78,8	79,9
79,5	79,8	77,8	78,3	79,2
78,9	79,3	77,9	78,6	79,7
78,6	79,4	79,3	78,5	78,8
79,7	78,4	79,4	78,8	79,2
77,9	79,3	77,6	78,6	79,4

## Продолжение таблицы Д.2

1	2	3	4	5
78,5	79,8	78,9	78,8	79,8
79,6	79,3	78,4	78,4	78,9
78,9	78,5	79,3	78,8	80,0
78,4	77,9	78,2	78,2	79,8
79,5	79,7	77,9	79,0	78,9
79,0	78,8	78,5	79,3	79,0
78,5	79,4	79,3	79,4	80,0
79,4	77,7	78,4	78,5	79,2
79,0	77,9	77,9	79,6	79,0
79,0	78,8	79,5	79,5	77,9
79,3	79,9	79,4	79,4	79,8
78,1	77,9	79,0	78,9	79,4
79,2	77,3	80,8	79,0	79,5
79,5	78,9	79,6	79,4	77,8
77,0	80,0	79,5	78,3	77,9
79,1	77,8	79,0	77,2	78,4
79,6	77,5	80,0	76,6	79,4
79,8	79,0	79,2	78,2	79,2
79,0	79,5	79,0	77,9	79,7
77,5	77,9	78,2	77,5	78,8
79,2	77,6	79,8	78,6	79,0
79,1	79,2	77,8	78,4	79,5
77,7	79,5	79,2	77,3	78,8
79,0	77,9	78,3	77,6	78,8
79,0	78,8	77,9	78,2	79,8
77,6	79,3	78,3	78,8	79,4
78,8	79,4	78,7	77,5	79,9

## Продолжение таблицы Д.2

1	2	3	4	5
79,2	79,3	74,4	77,0	79,8
77,5	79,2	78,2	79,0	78,2
79,1	79,4	78,5	78,9	79,2
77,5	79,5	78,6	77,6	79,0
79,2	79,8	77,7	78,3	79,5
77,7	79,5	79,3	78,4	79,0
79,0	79,0	78,6	79,4	79,0
77,6	79,2	79,0	77,7	79,4

## Приложение Ж

Упорядоченные данные измерений уровней звука на территории формовочного цеха ОДО «Полтавтрансбуд»

Таблица Ж.1

Упорядоченные данные измерений уровней звука без внедрения камерно-экранный глушителя

№№ п/п	Величина уровня звука, дБА				
	Точка 1	Точка 2	Точка 3	Точка 4	Точка 5
1	2	3	4	5	6
1	97,8	94,5	95,9	97	100,5
2	97,9	94,6	95,9	97,5	100,8
3	98	95	95,9	97,7	100,8
4	98	96,9	96,9	97,7	101
5	98,1	97	97	97,7	101
6	98,3	97,5	97	97,7	101,2
7	98,4	97,8	97,2	97,8	101,8
8	98,5	97,8	97,2	97,9	101,8
9	98,5	97,8	97,3	98	101,8
10	98,6	97,9	97,8	98	102
11	98,7	97,9	97,8	98	102
12	98,8	98	97,9	98,1	102
13	98,9	98	97,9	98,2	102,1
14	99	98,3	97,9	98,2	102,1
15	99	98,3	98	98,2	102,3
16	99,1	98,3	98	98,2	102,4
17	99,2	98,3	98	98,2	102,4
18	99,3	98,4	98	98,3	102,5
19	99,4	98,8	98	98,3	102,5

## Продолжение Таблицы Ж.1

1	2	3	4	5	6
20	99,4	98,8	98,2	98,3	102,5
21	99,5	98,8	98,2	98,3	102,5
22	99,6	98,9	98,2	98,3	102,6
23	99,7	99	98,2	98,4	102,7
24	99,7	99,2	98,2	98,4	102,7
25	99,8	99,2	98,2	98,4	102,7
26	99,8	99,3	98,2	98,4	102,8
27	99,8	99,3	98,3	98,4	102,8
28	99,9	99,4	98,3	98,4	102,8
29	100	99,4	98,3	98,4	102,8
30	100	99,4	98,3	98,4	102,8
31	100	99,8	98,3	98,4	102,9
32	100	100	98,3	98,5	103
33	100,1	100	98,4	98,5	103
34	100,2	100	98,4	98,6	103
35	100,2	100,1	98,4	98,6	103
36	100,2	100,1	98,5	98,6	103,1
37	100,3	100,1	98,5	98,6	103,2
38	100,4	100,2	98,6	98,8	103,2
39	100,5	100,2	98,6	98,8	103,2
40	100,5	100,2	98,7	98,8	103,3
41	100,6	100,3	98,8	98,8	103,4
42	101,7	100,3	98,8	99	103,4
43	101,8	100,3	98,8	99	103,4
44	101,9	100,4	98,8	99	103,4
45	102	100,4	98,8	99	103,4
46	102	101,2	98,8	99	103,5

## Продолжение Таблицы Ж.1

1	2	3	4	5	6
47	102	101,2	99	99,2	103,5
48	102,1	101,2	99	99,2	103,5
49	102,1	101,3	99	99,2	103,5
50	102,2	101,4	99	99,2	103,6
51	102,2	101,8	99	99,2	103,7
52	102,3	101,9	99,2	99,2	103,7
53	102,5	102	99,2	99,3	103,7
54	102,6	102	99,2	99,3	103,7
55	102,7	102	99,2	99,3	103,8
56	102,8	102	99,3	99,4	103,8
57	102,9	102	99,3	99,4	103,9
58	103	102,1	99,3	99,5	103,9
59	103	102,2	99,4	99,5	103,9
60	103,2	102,3	99,4	99,5	104
61	103,3	102,4	99,4	99,7	104
62	103,3	102,4	99,4	99,7	104
63	103,4	103	99,4	99,7	104
64	103,5	103	99,5	99,8	104
65	103,5	103	99,5	99,8	104
66	103,6	103,2	99,5	99,8	104,2
67	103,7	103,2	99,5	99,9	104,2
68	104	103,5	99,5	99,9	104,5
69	104	104	99,8	100	104,5
70	104,1	104	100	100	104,5
71	104,2	104,2	100,2	102	104,8



Упорядоченные данные измерений уровней звука после внедрения  
камерно-экранного глушителя

№№ п/п	Величина уровня звука, дБА				
	Точка 1	Точка 2	Точка 3	Точка 4	Точка 5
1	2	3	4	5	6
1	76,8	77	74,4	76,6	77,8
2	76,9	77	75,9	77	77,8
3	77	77,2	76,3	77,2	77,9
4	77	77,3	76,9	77,3	77,9
5	77	77,5	76,9	77,5	78,2
6	77,1	77,5	77	77,5	78,4
7	77,1	77,5	77,2	77,5	78,8
8	77,2	77,6	77,5	77,6	78,8
9	77,2	77,6	77,6	77,6	78,8
10	77,5	77,7	77,7	77,6	78,8
11	77,5	77,8	77,8	77,7	78,8
12	77,5	77,8	77,8	77,8	78,8
13	77,6	77,8	77,8	77,8	78,8
14	77,6	77,8	77,9	77,9	78,8
15	77,7	77,8	77,9	77,9	78,9
16	77,7	77,8	77,9	77,9	78,9
17	77,8	77,9	77,9	77,9	78,9
18	77,9	77,9	78,2	78,2	78,9
19	77,9	77,9	78,2	78,2	79
20	78	77,9	78,2	78,2	79
21	78	77,9	78,2	78,3	79
22	78	77,9	78,3	78,3	79
23	78,1	77,9	78,3	78,3	79

## Продолжение таблицы Ж.2

1	2	3	4	5	6
24	78,1	77,9	78,3	78,3	79
25	78,1	77,9	78,4	78,4	79
26	78,2	78,1	78,4	78,4	79
27	78,2	78,2	78,4	78,4	79
28	78,3	78,2	78,4	78,5	79
29	78,4	78,3	78,5	78,5	79
30	78,4	78,4	78,5	78,5	79,2
31	78,5	78,5	78,5	78,6	79,2
32	78,5	78,5	78,6	78,6	79,2
33	78,6	78,8	78,6	78,6	79,2
34	78,8	78,8	78,7	78,6	79,2
35	78,9	78,8	78,9	78,6	79,2
36	78,9	78,9	78,9	78,8	79,2
37	79	79	79	78,8	79,4
38	79	79	79	78,8	79,4
39	79	79	79	78,8	79,4
40	79	79	79	78,8	79,4
41	79	79,2	79	78,8	79,4
42	79	79,2	79	78,8	79,4
43	79	79,2	79	78,9	79,4
44	79	79,2	79	78,9	79,5
45	79,1	79,2	79,2	78,9	79,5
46	79,1	79,3	79,2	78,9	79,5
47	79,1	79,3	79,2	79	79,5
48	79,2	79,3	79,2	79	79,5
49	79,2	79,3	79,2	79	79,7
50	79,2	79,3	79,3	79	79,7

## Продолжение таблицы Ж.2

1	2	3	4	5	6
51	79,2	79,3	79,3	79	79,7
52	79,2	79,4	79,3	79	79,8
53	79,3	79,4	79,3	79	79,8
54	79,3	79,4	79,3	79	79,8
55	79,4	79,4	79,3	79,2	79,8
56	79,4	79,5	79,3	79,2	79,8
57	79,4	79,5	79,4	79,2	79,8
58	79,5	79,5	79,4	79,2	79,8
59	79,5	79,5	79,4	79,3	79,9
60	79,5	79,7	79,5	79,3	79,9
61	79,5	79,8	79,5	79,3	79,9
62	79,5	79,8	79,5	79,4	80
63	79,5	79,8	79,6	79,4	80
64	79,6	79,8	79,8	79,4	80
65	79,6	79,8	79,8	79,4	80
66	79,6	79,9	79,8	79,4	80
67	79,7	79,9	79,9	79,5	80
68	79,7	79,9	79,9	79,5	80
69	79,8	80	80	79,6	80
70	81,1	81,2	80,8	79,6	81,2
71	81,2	81,3	81	80,9	81,4