

Министерство образования и науки Российской Федерации
ФБГОУ ВО «Удмуртский государственный университет»
Институт гражданской защиты
Кафедра инженерной защиты окружающей среды

**К. Е. Пушин, И. Л. Бухарина,
Т. Т. Каверзнева, С. А. Гагарин**

ШУМ:

ОПРЕДЕЛЕНИЕ. МЕТОДЫ РАСЧЁТА. ИЗМЕРЕНИЯ

Учебно-методическое пособие



Ижевск

2018

УДК 534.835/.836.08:006.354(075.8)
ББК 30нбЯ73
Ш 96

Рекомендовано к изданию Учебно-методическим советом УдГУ

Рецензенты: доктор технических наук, профессор М. Ю. Слесарев, Институт гидротехнического и энергетического строительства ФГБОУ ВО НИУ МГСУ г. Москва
доктор технических наук, профессор В. И. Гуменюк, Высшая школа техносферной безопасности ФГАОУ ВО СПбПУ г. Санкт-Петербург
доктор технических наук, доцент Ю. В. Иванов, Институт гражданской защиты ФГБОУ ВО УдГУ, г. Ижевск
кандидат технических наук, доцент О. П. Дружакина, Институт гражданской защиты ФГБОУ ВО УдГУ, г. Ижевск

Пушин К. Е., Бухарина И. Л., Каверзнева Т. Т., Гагарин С. А.

Ш 96 Шум: Определение. Методы расчета. Измерения: учебно-методическое пособие. – Ижевск: Издательский центр «Удмуртский университет», 2018. – 261 с.

ISBN 978-5-4312-0633-7

Учебно-методическое пособие включает теоретический материал по истории акустики, характеристике шума, воздействию шума на живые организмы. Методическая часть пособия посвящена методам измерения и снижения шума. Пособие предназначено для практических занятий студентов бакалавриата и магистратуры направлений подготовки «Природообустройство и водопользование», «Техносферная безопасность». Пособие представляет интерес как учебное пособие и для других направлений подготовки.

Пособие может быть использовано для организации самостоятельной работы бакалавров и магистрантов, а также для проведения научно-исследовательских работ бакалавров, магистрантов и аспирантов.

УДК 534.835/.836.08:006.354 (075.8)
ББК 30нбЯ73

ISBN 978-5-4312-0633-7

© К. Е. Пушин, 2018
© И. Л. Бухарина, 2018
© С. А. Гагарин, 2018
© ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет», 2018
© Т. Т. Каверзнева, 2018

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие.....	4
ВВЕДЕНИЕ	6
ГЛАВА I. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ АКУСТИКИ.....	7
1.1 История акустики.....	7
1.2 Определение и классификация шума.....	11
1.3 Общая характеристика шума.....	21
1.4 Биологическое действие шума.....	28
1.5 Нормирование шума.....	46
ГЛАВА II. КЛАССИФИКАЦИЯ ИСТОЧНИКОВ ШУМА.....	55
2.1 Природные источники шума.....	55
2.2 Техногенные источники шума.....	75
2.3 Иные источники шума.....	89
ГЛАВА III. АКУСТИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ И РАСЧЁТЫ.....	99
3.1 Основные правила акустических измерений и расчетов.....	99
3.2 Точки акустических измерений и расчетов.....	114
3.3 Характеристика прибора для измерения шума.....	116
3.4 Описание программы для акустического расчёта.....	131
3.5 Проведение акустических измерений в помещениях. Расчеты шума в помещении	133
3.6 Измерение и расчёт шума на селитебной территории.....	142
3.7 Измерение шума на рабочем месте.....	152
3.8 Измерение шума транспортных потоков и внутри салонов транспортных средств	158
3.9 Обработка результатов измерений и оценка их достоверности.....	171
ГЛАВА IV. МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ ОТ АКУСТИЧЕСКОГО ШУМА.....	179
4.1 Классификация методов снижения шума.....	179
4.2 Защита от шума рабочего места.....	182
4.3 Защита от шума на селитебной территории.....	187
4.4 Защита от шума транспортных потоков.....	200
4.5 Защита от шума в кабинах и салоне автотранспорта.....	206
4.6 Сравнение методов защиты от шума.....	212
4.7 Акустическая обработка помещения. Реверберация звука в помещении и методы ее уменьшения.....	215
4.8 Акустическое обоснование применения шумозащитного экрана на транспортных магистралях.....	224
4.9 Учет влияния зеленых насаждений на распространение шума.....	235
4.10 Определение шумозащитной зоны предприятия.....	238
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	247

Предисловие



*...метод
есть осознание формы
внутреннего самодвижения
содержания.
Г.В.Ф. Гегель*

Все объекты вселенной излучают волновую энергию (импульс), часть (из множества) которой мы называем ШУМ.

ШУМ – это сумма волновых энергий, излучаемых каждым объектом вселенной в данной конкретной точке. Одинаковые (родственные) объекты находятся в резонансной волновой связи между собой и могут волноваться относительно друг друга. Жизнь биологического объекта, далее будем говорить о человеке, невозможна без волнового взаимодействия с очень большим количеством других объектов. То есть, без шума (в волновой изоляции), человек жить не сможет физически. Так как находясь в экосистеме не будет обмениваться информацией с живой и неживой природой.

Шум нельзя рассматривать как явление однозначно вредное. Оно может стать таковым в зависимости от меры (чрезмерного усиления) излучения от некоторых объектов и их вклада (иммисия) в общее жизненное пространство (окружающую природную среду). Излучение волновой энергии в окружающую природную среду – это в большой степени вопрос этический: правила не запрещают ездить на транспортном средстве без установки глушителя (шума), но это неэтично по отношению к окружающим, которые испытывают дополнительную шумовую нагрузку.

Таким образом, исследования источников волновой (шумовой) энергии в рамках экологии с опорой на накопленный опыт наблюдений, на основе расчётов и данных инструментальных измерений может приблизить нас к пониманию и оценке последствий шумового загрязнения.

Для современного человека при пребывании в условиях позитивно-негативного воздействия различных физических факторов в ходе частной и общественной деятельности становится особенно важным поддержание оптимума, сформулированного экологическими принципами. Различают два основных принципа адаптации организма к внешним условиям: толерантность и гомеостаз.

Толерантность – способность адаптации организма до уровня

стабилизации отдельных функциональных систем к основным меняющимся физическим факторам, постоянным совокупным условиям окружающей среды – способность приспособиться. Адаптация осуществляется преимущественно на клеточно-тканевом уровне до наступления необратимых процессов в организме, несовместимых с существованием в данных условиях, организм покидает место обитания или погибает.

Гомеостаз – совокупность лабильных реакций, поддерживающих относительное постоянство общего уровня стабилизации путем включения адаптивных функциональных реакций при отклонении конкретных условий среды от средних характеристик. Это более подвижная, чем толерантность, форма адаптации, когда в ответ на отклонение фактора организм активно сдвигает внутреннюю среду – продолжительность жизни увеличивается или снижается.

Определение местоположения инструментальными методами в условиях воздействия антропогенно-техногенных и естественно сложившихся в природе физических факторов окружающей среды помогает локализовать оптимальные экологические условия для данной местности в природе, а сохранение полученных данных измерений удобным для данной среды способом, позволяет в камеральных условиях воспроизвести их при помощи различных современных средств обработки информации.

При систематической практике измерений физических факторов окружающей среды в природе возникает опыт локализации искомых величин камерально, что сохраняет от внутреннего сдвига среды организма исследователя и существенно сокращает время пребывания в условиях воздействия определяемых физических факторов окружающей среды, что способствует также выработке профессиональных качеств и навыков, позволяющих снизить количество поступающей недостоверной теоретической информации, требующей дополнительной проверки.

Авторы выражают благодарность Яшкадрину Владимиру Леонидовичу, радиоинженеру, инженеру-разработчику ОАО «Морион» (Санкт-Петербург, Россия) за уточнения и ценные замечания.

ВВЕДЕНИЕ

Цель пособия – овладеть знанием и получить навыки подготовки к измерению шума, сформировать умения проводить измерения, обрабатывать полученные полевые данные и строить карты шума в камеральных условиях; развить способности ориентирования в условиях городского шума, определении источников шума как линейного, так и стационарного происхождения; определять характер и степень распространения шума на местности.

В первую очередь пособие предназначено для студентов, интересующихся физическими факторами окружающей среды, экологией шума. Пособие подготовлено как руководство по определению способов локализации источников шума, определению уровня звукового давления, мощности источников, частоты, что является основой для понимания и получения необходимых навыков по проведению измерений шума.

Умение сопоставлять полученные результаты измерений с санитарно-гигиеническими нормативами позволит установить степень, источник и причины формирования соответствующих психоэмоциональных расстройств человека, иногда приводящих к заболеваниям нервной и сердечно-сосудистой системы, а также позволяет прогнозировать последствия нахождения в той или иной области воздействия физического фактора шума как в пространстве, так и во времени. В связи с тем, что проблеме шума в городской среде и за её пределами уделяется недостаточно внимания, то актуальность пособия весьма значима.

При составлении пособия использовались санитарные нормы и правила, строительные нормы и правила, Государственные стандарты, специальная литература, интернет материалы по определению, измерениям и защите от шума.

Учебно-методическое пособие предназначено для практических занятий студентов бакалавриата и магистратуры направлений подготовки «Природообустройство и водопользование» и «Техносферная безопасность». Пособие может быть применено в организации учебного процесса для самостоятельных и контрольных работ, учебных и производственных практик.

Пособие направлено на формирование ряда компетенций у студентов бакалавриата: способность обеспечить требуемое качество работ; магистратуры: готовность к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала; способность профессионально использовать современное научное и техническое оборудование и приборы.

ГЛАВА I. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ АКУСТИКИ



1.1 История акустики

В окружающей среде звуки распространены достаточно широко, наверное, её можно сравнить с океаном, заполненным пребывающими в постоянном волнении звуками и шумами; и также как, по словам геологов, ложе океана заполнялось водой достаточно продолжительное время, наше пространство постепенно заполняют всё новые и новые звуки и шумы. Их воздействие на человека различно: от звуков, приносящих радость, до раздражающих, от успокаивающих звуков до пугающих своей неожиданностью.

Сохранившиеся в истории упоминания и впечатления от слышимых звуков и шумов говорят о том, что они казались людям удивительным, таинственным порождением сверхъестественных сил. Человек наблюдал, что звуки укрощают животных, двигают скалы и горы, порождая вместе со звуком и шумы, вызывают дождь, созидают и разрушают в окружающей их природе. Жрецы Древнего Египта, знали и использовали звуки определённой частоты для синхронизации природных и искусственных вибраций. Это помогало человеку настроиться на определенный ритм. Сегодня имеются данные о том, что мегалитическая цивилизация активно использовала определённые частоты и вибрации как средство связи при помощи различных сооружений: пирамиды, дольмены, храмовые комплексы и т. д.

Достижением этой цивилизации было создание, по некоторым данным, такого устройства, как инфрафон (аналог современного телефона). Древние ацтеки, майя участвовали в развитии общей мегалитической культуры и внесли свой вклад в развитие этой эпохи. Они разработали и широко использовали нотную грамоту задолго до того, как она появилась в Европе. Их музыкальная гамма – гармонические, упорядоченные колебания – также состояла из семи нот, но названия были другими: «са», «ре», «га», «ма», «па», «дха», «ни».

Считалось, что каждая из них отражает определенное духовное состояние: «са» и «ма» – спокойствие и умиротворение, «га» и «дха» – торжественность, «ре» – гнев, «па» – радость, «ни» – печаль.

Исследователи артефактов мегалитической цивилизации сходятся во мнении, что она легла в основание современной цивилизации, в ней произошло накопление колоссального опыта взаимодействия с окружающей средой и природой, именно она ускорила адаптацию и выработала механизмы выживания на Земле во время климатических изменений. Существующие мегалиты, напоминающие памятники природы, вероятно, были возведены предками современного человека.

Современная цивилизация оформилась, предположительно, 12000 лет назад с последующим непрерывным эволюционным развитием с несколькими этапами, которые обозначены вехами технического прогресса: изобретение колеса при наблюдении за небесными светилами луна-солнце. Человечество, в очередной раз пережив глобальное похолодание во время прохождения солнечной системы через неблагоприятный меридиан галактики (о чем свидетельствуют широко распространённые природные самописцы), сохранило культуру и знание о природе, не в последнюю очередь благодаря возведенным и уцелевшим инженерным сооружениям. В них заложены совершенные технологии того времени, когда использовалось знание о способах получения естественной энергии при минимальных уровнях физических излучений, например, из русского фольклора известно, что приложив ухо к земле, можно узнать о приближении путника или войска.

К пониманию и изучению звука люди приходили через общение с инструментом. В пифагорейской школе, практиковавшей философию гармонизацией звуков, музыкой серьёзно занимались как сами философы, так и их ученики. Это была не просто дань тогдашней моде, а способ привести свои мысли и чувства в соответствие с пафосной возвышенностью, позволявшей заглянуть опытному философу за границы бытия, почерпнув некое знание, и рассказать об этом своему окружению. Способ этот достаточно примитивен, но обладает огромным потенциалом, так, используя длинные струны в музыкальных инструментах, они получали низкие тона, а укороченные вдвое струны, меняя звук на целую октаву, повышали его.

Гармонические сочетания звуков послужили основанием для тех представлений, которые выработала эта философская школа, о гармонии в Мире. В понимание акустических явлений такое представление несомненно внесло упорядочивающий элемент, что по всей видимости послужило достаточно быстрому распространению традиций школы. Для predания большего эффекта и воздействия на слух зрителей в театрах Греции и Рима актеры вставляли в свои маски маленькие рупоры для усиления звука. Известно также применение звуковых приборов в египетских храмах, где были «шепчущие» статуи богов.

При обряде посвящения использовались, так называемые, «тронные технологии» – это когда под троном фараона устанавливался причудливой формы резонатор, а над головой его помещался сосуд. Посвящаемый во время

ритуала испытывал действие резонанса, исходившего от всего этого «тронного комплекса с его оператором», что приводило последнего в состояние второго рождения, после которого адепт становился посвященным для какого-либо дела, в народе о таких говорили «тронутый», конечно, со временем этот термин из указательного перешёл в разряд нарицательного и само «посвящение» стало обыденным. В явлении звукового резонанса, по всей видимости, происходило подавление внутренних шумов посвящаемого при помощи резонирующего внешнего звука. Такие шумы в естественных условиях формируются, так называемыми, вихревыми звуками, порождаемыми шумом ветра в лесу, свистящим гулом на открытой местности, завыванием в городских кварталах, на гребнях скал, в расщелинах и узких оврагах, отраженными звуками от водоёмов.

Китайцы, в совершенстве овладев игрой на бамбуковой трубочке, стали использовать голубей для озвучивания пространства своих жилищ и на потеху императору Поднебесной, привязывая к их хвостам маленькие бамбуковые трубочки, которые наполняли воздух посвистыванием. В Египте для извлечения звуков была использована тростниковая дудочка, которая стала прообразом флейты. Пан – представитель пантеона древнегреческих богов – использовал её для услаждения нимф. В легенде, гласящей о «стозвучной» двурогой трубе в «Огненной долине», говорится, что жертвенный негаснущий костер разогревал воздух, который устремлялся в трубу с протяжным завывающим, порождающим страх и ужас в окрестностях и за её пределами, шумом.

Существуют античные вазы из природного алебастра с конусовидной формой основания, которые невозможно установить вертикально; их основное назначение – создание резонансов. Такие вазы устанавливались или укладывались в штабеля в залах храмов, в амфитеатре, в местах скопления людей, на улицах и площадях для усиления голоса оратора и передачи информации на достаточно удаленные расстояния. Технология передачи звуковой информации совершенствовалась благодаря использованию цементного звукопровода. Архитектор Растрелли использовал при строительстве Смольного и Зимнего дворцов звукопроводы для голосовой связи между разными частями этих сооружений. Звукопроводы были известны и раньше, например, Дионисий Старший – тиран города Сиракузы – слышал в своем дворце даже легкий шепот, вероятно, благодаря устройству звукопроводов, звукоснимателей и усилителей звука.

В Пятигорске беседка «Эоловая арфа» издавала гармоничные звуки при помощи встроенных арф, совмещенных с поворотным устройством, которые разворачивались по ветру во время проносящегося мимо воздушного потока. В Лондоне в кафедральном соборе Святого Павла использована акустически правильная геометрия круглого зала, позволявшая за счёт скруглённых стен, словам произнесённым очень тихо на одной стороне, быть услышанными на другой стороне зала, здесь звук речи проходит по вогнутой сферической поверхности стены, при этом не распространяясь к центру зала, что конечно же удивительно.

Теория механических колебаний упругих волн в различных средах была оформлена и сформулирована, начиная с конца XVII до начала XX века. С этого времени были измерены характеристики звука (звукового давления, импульса, энергии и потока звуковой энергии волн, скорости распространения звука и т. д.). Сегодня любой желающий не выходя из дома может увидеть как родилась Вселенная, включив телевизор на канал без трансляции программ - это так называемое Реликтовое излучение (излучение), рисунок 1, которое приходит к нам одновременно со всех сторон небесной сферы, формируя природный шумовой фон.

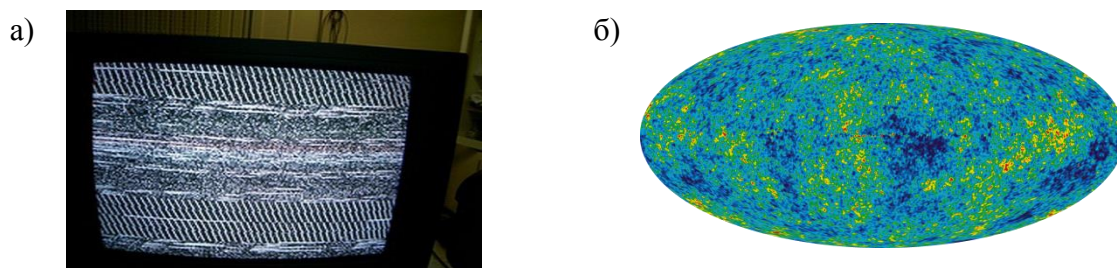


Рис. 1. Техногенный и реликтовое излучение: а) вдоль экрана в середине – реликтовое; сверху и снизу техногенные помехи - вдоль экрана телевизора; б) снимок реликтового излучения запечатлён радиотелескопом

Он описан в мифологических воззрениях народов (Белый свет), предсказан советско-американским физиком-теоретиком, астрофизиком и популяризатором науки Георгием Антоновичем Гамовым (также известен как Джордж Гамов) и открыт официальной наукой в 1965 году Арно Пензиас и Робертом Вудроу Вильсоном из Bell Telephone Laboratories в Холмдейле (штат Нью-Джерси) экспериментально подтвердившие его существование при помощи радиометра Дикке.

В XX веке знания об акустике позволили использовать и развивать, расширяя и задействуя неслышимый человеческим ухом спектр, технические области: пеленг самолетов, эхолокация подводных объектов, акустическая навигация, контроль взрывов, шумоглушение на транспорте и в промышленности.

Исследования ультразвука привели к возможности дефектоскопии материалов и изделий, диагностике в медицине, к новому изучению структуры вещества (молекулярная акустика) и др. Ультразвук используется для воздействия на вещества, ускоряя процессы тепло-, массо- обмена, для очищения от загрязнений, пайки, сварки пластмассовых деталей, соединения полимерных пленок и синтетических тканей, обработки деталей сложной конфигурации. В 70-е годы сформировались направления акустоэлектроники и акустооптики. Начинались исследования психофизиологической акустики, создавалась теория слуха, начали применяться акустические методы в биологии, медицине, экологии, охране труда. Все эти направления акустики возникли и развиваются на основе акустических измерений.

Учет всё нарастающей проблемы шума в городе при ведении

хозяйственной деятельности в строительстве и эксплуатации жилищно-коммунального хозяйства, приводит к изысканиям возможностей снижения фактора шума в архитектурной и строительной акустике при проектировании и возведении зданий и сооружений с учётом новейших разработок звуко-, шумоотражающих и поглощающих материалов и конструкций, шумозащитных лесных полос и экранов.

Вопросы для самоконтроля

1) Как в древности воспринимали и как использовали звуки? 2) Чем примечательна мегалитическая цивилизация? 3) Где и когда были созданы первые звуковые приборы, и для чего они были предназначены? 4) Какие особенности помещения для передачи речевой информации применены в кафедральном соборе святого Павла? 5) Что заменили звукопроводы, и где они использовались далее? 6) Чем интересен новый этап развития акустики в XX веке, приведите примеры? 7. Как вы понимаете, что такое "Реликтовый шум"?

Источники информации

1. Клюкин И. И. Удивительный мир звука. – Л.: Судостроение, 1978. – 168 с.

1.2 Определение и классификация шума

Физическая природа шума рассматривается в контексте звуковых волн различного вида. Поэтому следует различать понятия шум и звук.

Шумом принято считать беспорядочные колебания различной физической природы, отличающиеся сложностью временной и спектральной структур, оказывающее неблагоприятное, раздражающее, вредное воздействие на организм человека, нарушающее тишину и снижающее его работоспособность.

Звук – это особый вид механических колебаний в упругих средах и телах (твёрдых, жидких, газообразных), способный вызывать слуховые ощущения. Все эти колебания имеют очень широкий диапазон, который представлен на рисунке 2.

Представленный диапазон рассматривается по биологическому действию звука на человека. Способность человека воспринимать и осознавать звуковые колебания лежит в диапазоне от 16-20 Гц до 20000 Гц. Соответственно, частоты ниже 16-20 Гц относятся к области инфразвука, свыше 16-20 кГц – ультразвук.

Классификационные признаки, позволяющие различать типы шумов, можно разделить на две группы: по природе происхождения и по времени. В развернутом виде они отражены на рисунке 3.



Рис. 2. Диапазон акустических (звуковых) колебаний

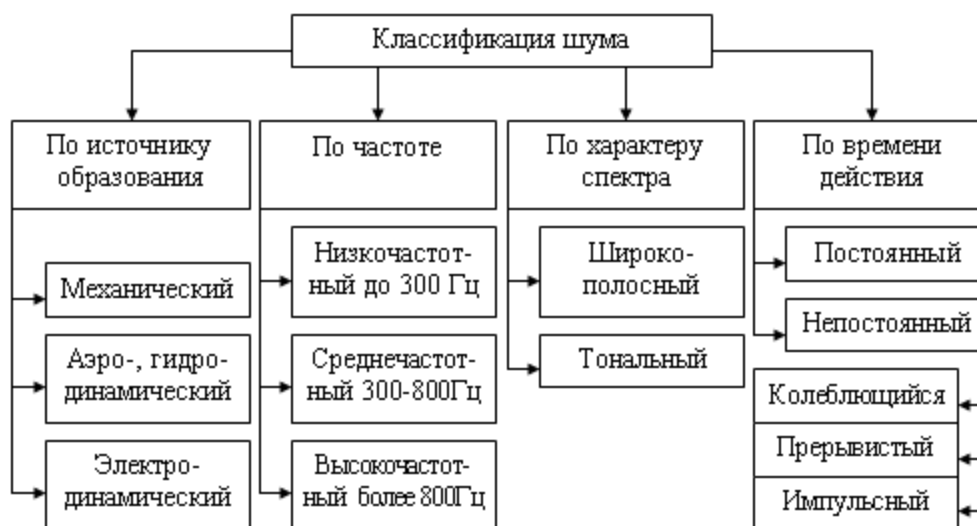


Рис. 3. Классификация шума по основным признакам

В пределах частот $10^9 \dots 10^{13}$ Гц находятся колебания упругих сред, называемых гиперзвуком. Гиперзвуковые колебания в кристаллах иногда рассматривают с позиций корпускулярной теории, уподобляя их квазичастицам, называемых фононами. В виду того, что гиперзвук не рассматривается биологически значимым для человека, он не рассматривается как источник опасного для человека воздействия.

Акустические шумы. Шум – беспорядочное сочетание различных по силе и частоте звуков; может оказывать неблагоприятное воздействие на организм.

Шум – беспорядочные колебания различной физической природы, отличающиеся сложностью временных и спектральных характеристик.

Шум – это совокупность звуков, неблагоприятно воздействующих на организм человека и мешающих его работе и отдыху.

Шум – это беспорядочное сочетание звуков различной частоты и интенсивности (силы), возникающих при механических колебаниях в твердых, жидких и газообразных средах.

Акустические шумы частотой $20 \text{ Гц} - 20 \text{ кГц}$ – беспорядочные колебания частиц в средах: газах, жидкостях, в телах с различной твёрдостью.

Обобщающее определение:

Шум – одновременное сочетание возникающих и затухающих упругих механических колебаний (Гц) частиц природного и антропогенного происхождения, распространяющиеся с различной скоростью (м/с) в твёрдых, жидких и газообразных средах (атмосфере, гидросфере, литосфере Земли), воздействующие на биологические объекты и человека перепадом звукового давления (Па). При изучении шума, где требуется измерение величин, меняющихся в широком диапазоне, применяется равная одной десятой безразмерная дольная единица громкости звука децибел (дБ).

Шумы различны по времени действия, спектру, уровню, интенсивности. Источниками акустического звука и шума, также как и инфра- и ультра звука и шума, которые не слышны, но в некоторых случаях могут быть видимыми и чувствуемыми, являются внешние и внутренние процессы трансформации вещества (физические, химические, биологические), сопровождаемые колебательными движениями. Энергия высвободившегося при трансформации импульса порождает структурную вибрацию вещества.

При совпадении частоты внутренних и внешних вибраций постепенно нарастает явление резонанса. Оно формирует волны, которые, постепенно отделяясь от породившей их среды, переходят за границу раздела фаз волноводов, проникая в соседнюю – другую среду (например, волноводы: скала – воздух). Если переход из одной среды в другую не происходит, при волновых колебаниях твердых, жидких и газообразных сред (фаз), – звук остается внутри полости волновода, о чём исследователя может информировать внешний шум, вызванный воздействием звука на пределы границ сред. Таким образом, большая часть энергии импульса проносится в полости однородной среды волновода с одинаковой скоростью, а другая его часть (импульса), соприкасающаяся с границей другой среды, переходит в неё (среду) с шумом (для исследователя) в следствие различной скорости распространения в неоднородностях и средах.

Нужно отметить, что интенсивный звук и шум воздействуют на экосистему, вызывая в ней реакцию в виде изменений либо свойств и состава вещества, либо физиологических особенностей, а также оказывают информационное воздействие, вырабатывая особенности поведения и запоминания акустического ландшафта. Все отрасли, использующие энергию в своём производстве, обладают избыточным шумом. Такая энергия может измеряться в Ваттах, лошадиных силах, она порождает техногенный шум в антропосфере. О вредности или полезности того или иного шума-звука сложно говорить, не вдаваясь глубоко в проблему и полностью не изучив её, необходимо глубокое исследование как самого шума и звука, так и его источников.

Шум в конструкциях слышен в связи с тем, что снаружи и внутри устройств находятся сопряженные узлы, состоящие из множества деталей, которые собраны в одно целое посредством различного крепежа (шпильки, болты, заклёпки, уплотнители). Также, шум слышен в различных механизмах при передаче вращений по плоскостям (под различными углами – используется в редукторах). Сюда входят подшипники скольжения и качения, обеспечивающие соосность валов и вращение шестерен с коническими прямыми и трапециевидными зацеплениями. При неуравновешенности масс шум слышен, например, у поршневых двигателей внутреннего сгорания, компрессоров. Он возникает в виде вибрационного ритмичного гула. В электродвигателях – несбалансированный ротор, находящийся на валу с изношенными, некачественными или недостаточно смазанными подшипниками, способен излучать шум достаточный для его характерного восприятия (высокий тон шума, издаваемый троллейбусом). Механики используют характеристику шума, определяя её на слух, для диагностики машин, таким образом выявляются неисправности по первичным признакам, не доводя до разрушения устройства.

Звук, возникающий во время удара предмета о предмет, воспринимается сначала, как неожиданный, резкий, раздражающий. При наличии нескольких источников ударного шума, например, в строительстве при забивании свай или при проведении плотницких работ с забиванием гвоздей при помощи молотков – звуки сливаются в молотящий шквал, при нахождении в котором, или случайном попадании в такие условия, может возникать дезориентирующее чувство, снижение порога чувствительности к опасности и т. д. Во время учений или войн такой ударный шум способен вызвать контузию – легкое сотрясение головного мозга и внутренних органов.

Воздушная струя, возникающая при движении потока среды в вентиляционных системах, поток раскаленного газа авиационной, паровой турбин порождают резкий высокочастотный свистящий звук. Аэродинамическим шум, можно слышать в аэропорту, в небе при пролёте самолета, на тепло-электростанции, газовых подстанциях, в цехах производств, при проезде спортивных машин с изменённой или просто негерметичной системой выпуска отработанных газов. Защищать от вырвавшегося звука из такой среды в окружающую среду необходимо, в первую очередь, органы слуха, так как они связаны с вестибулярным аппаратом, а во-вторых, поверхности тела при помощи специальных шумогасящих изолирующих костюмов.

Шум может характеризоваться физическими и физиологическими параметрами. С физической стороны шум характеризуется звуковым давлением, интенсивностью (силой) звука, плотностью звуковой энергии, уровнем звукового давления, частотой и плотностью дискретных составляющих и другими параметрами. Шум, как физиологическое явление, характеризуется высотой, громкостью, областью возбужденных частот или тембром и продолжительностью действия. Белый шум, спектральные составляющие которого, оказывают одинаковое физиологическое воздействие на человека. Например, человек воспринимает звуковую информацию одинаково при её

сдвиге на октаву. Информационная суть мелодии не меняется с изменением частоты (кратно двум). При этом особую роль играют частоты (ноты) самой октавы. Каждая нота обладает уникальным свойством, воздействующим на организм. Акустические шумы уменьшают жизненно важную информацию, которая является частью шума, приводя к более медленному её получению человеком. Для анализа шума, его нормирования используют спектр шума. Частотный спектр шума – это зависимость уровня звукового давления от частоты. В зависимости от характера шума его спектр может быть линейчатым или дискретным, непрерывным или сплошным, смешанным или непрерывно линейным.

Спектр разбивается на октавные полосы – октавы, так что отношение верхней границы частоты $f_{1,2,3, \dots n}$ полосы к нижней равно 2, т. е:

$$\frac{f_2}{f_1} = \frac{f_3}{f_2} = \dots = \frac{f_{n-1}}{f_n} = 2 \quad (1)$$

Характеристикой частоты в октавной полосе принимается средняя геометрическая частота:

$$f_{сг} = \sqrt{f_{n-1} \cdot f_n} \quad (2)$$

По характеру спектра шум делится на широкополосный с непрерывным спектром шириной более одной октавы; тональный, в спектре которого имеются выраженные дискретные тона, т. е. уровень звукового давления в одной трети полосы октавы превышает соседние не менее чем на 10 дБ.

По временным характеристикам шум следует подразделять на постоянный, уровень звука которого, например, за рабочую смену (8-часовой день) изменяется во времени не более чем на 5 дБА при измерениях на временной характеристике «медленно» шумомера; непостоянный шум, который, в свою очередь, подразделяют на колеблющийся во времени, уровень звука которого непрерывно изменяется во времени; прерывистый, уровень звука которого ступенчато изменяется, причем длительность интервалов, в течение которых уровень остается постоянным, составляет 1 с и более; импульсный, состоящий из одного или нескольких звуковых сигналов, каждый длительностью менее 1 с, при этом уровни звука, измеренные на временных характеристиках «импульс» (в дБАУ) и «медленно» (в дБА) отличаются не менее чем на 7 дБ. По вероятно-статистическим характеристикам шумы подразделяются на статистически стационарные и нестационарные. Практически наблюдаемый шум, возникающий в результате множества отдельных независимых источников, является квазистационарным. Шум с медленно меняющимися параметрами или длящийся короткие промежутки времени (меньше, чем время усреднения в измерительных средствах) является нестационарным.

Акустические шумы представляют как научный, так и практический интерес, например, шумолокация и шумопеленгация (определение координат источника шума); диагностика машин и механизмов по изменению характера их шума, воздействующего на человека в условиях труда и отдыха. Шум является

общебиологическим раздражителем, влияет не только на слуховой анализатор, но и на структуры головного мозга, вызывает сдвиги в различных функциональных системах организма, нарушение периферического кровообращения, изменение артериального давления. Для непостоянного шума характеристикой является эквивалентный уровень звука в дБА, измеренный по шкале шумомера.

Характеристикой постоянного шума является уровень звукового давления L (дБ) в октавных полосах:

$$L = 20 \lg \left(\frac{p}{p_0} \right) \quad (3)$$

где: p – среднее квадратичное значение звукового давления, Па;

p_0 – пороговое значение звукового давления $p = 2 \cdot 10^{-5}$ Па.

В качестве характеристики непостоянного шума допускается использовать дозу шума, т. е. интегральную величину, учитывающую акустическую энергию, которая воздействует на человека за определенный период времени и измеряется в $\text{Па}^2 \cdot \text{ч}$.

Для непостоянного шума может использоваться относительная доза шума (%):

$$D_{\text{отн}} = \frac{D \cdot 100\%}{D_{\text{дон}}} \quad (4)$$

где: $D_{\text{дон}}$ – допустимая доза, $\text{Па}^2 \cdot \text{ч}$.

Допустимый уровень постоянного шума на рабочих местах задается предельным спектром, т. е. в каждой октавной полосе спектра задается допустимый уровень звукового давления. Причем для тонального и импульсивного шума допустимые уровни уменьшаются на 5 дБ.

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое шум? 2. Опишите характер шума в зависимости от источника. 3. Охарактеризуйте шум, как физиологическое явление. 4. Что такое спектр шума? Дайте его характеристику. 5. Охарактеризуйте временные характеристики шума.

Источники информации

1. Шатров М.Г. Шум автомобильных двигателей внутреннего сгорания: учеб. пособие / М.Г. Шатров, А.Л. Яковенко, Т.Ю. Кричевская. – М.: МАДИ, 2014. – 68 с.
2. Алексеев С.В., Усенко В.Р. Гигиена труда. – М: Медицина, 1998. – 576 с.
3. Резчиков Е.А., Носов В.Б., Щербак Е.Г. Безопасность жизнедеятельности: Учебное пособие. Ч. 2. – М.: МТИУ, 1997. – 255 с.
4. Долин П.А. Справочник по технике безопасности. 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоиздат, 1982. – 800 с.

Главное отличие звука от шума. Необходимо определить главное отличие звука от шума в виду того, что в бытовом понимании эти явления сливаются в одно, что препятствует чёткому определению их источника. На рисунке 4, в графическом виде проиллюстрированы разновидности звука. При внимательном рассмотрении обнаруживается, что звук характеризуется усилением и спадом давления, а у шума усиление давления может не сопровождаться спадом или возникает незначительно, на короткие промежутки времени, т. е. можно говорить о его постоянном присутствии. Также на рисунке 4, представлено главное отличие чистого, составного звука и шума.

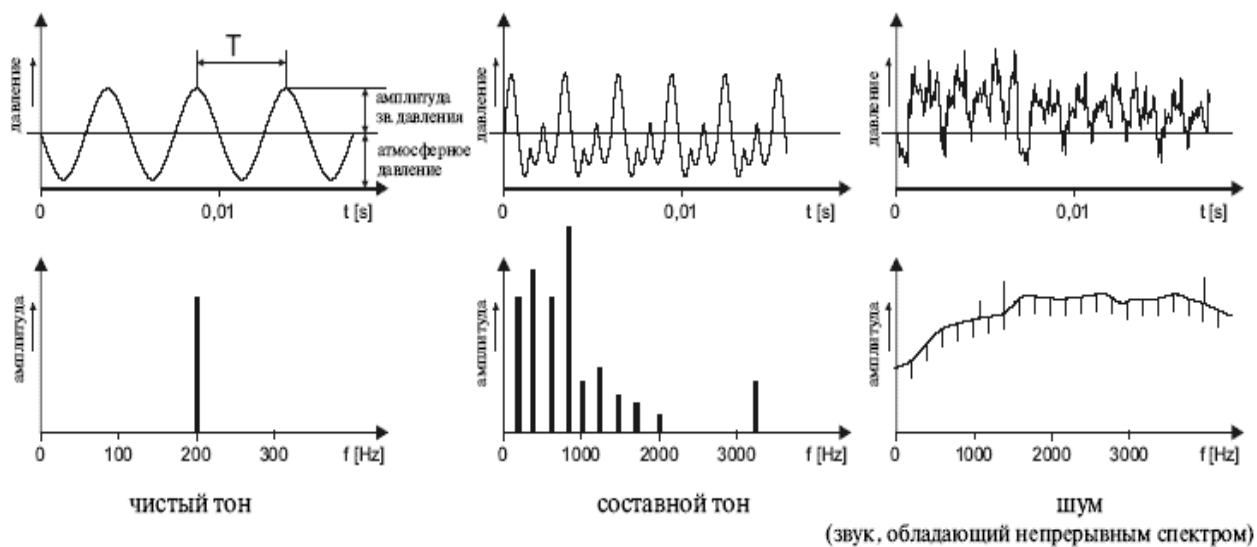


Рис. 4. Иллюстрация отличия звука от шума

Таким образом, в отличие от звуков шум, обладает непрерывным спектром, что выделяет его значимость в постоянстве влияния на окружающую среду. Шум является суммой звуков. Звук – это акустическая энергия объекта, несущая информацию о нем и совершаемых им действиях. Множество звуков образуют шум.

Для человека шумом является всякий нежелательный звук или множество звуков, информационную ценность которых он не воспринимает, или которая ему не нужна. Нежелательным может быть и полезно-информационный звук, например, сигнал машины, предупреждающий об аварийной ситуации. С физической точки зрения шум – это упругие колебания, которые распространяются волнообразно в твердой, жидкой или газообразной средах. Звуковые (шумовые) волны возникают из вибрирующих поверхностей сред вследствие приложения энергетического воздействия определённой силы.

Шумом принято называть негармоничное, беспорядочное сочетание звуков различной длины и интенсивности. Шум влияет на организм человека. Источники шума могут быть природного и техногенного происхождения.

Шумом можно назвать звуковые волны, создаваемые материальными объектами в пространстве, живыми организмами и происходящими

процессами, которые в данном конкретном месте, мешают человеку воспринимать полезную информацию, необходимую для его жизнедеятельности. Шум представляется беспорядочным, негармоничным; с точки зрения человека, это звуковые колебания, которые не могут быть им ассоциированы в полезную информацию. Если информация ассоциируется человеком, но она ему не нужна, то её называют ПОМЕХА. Как правило ШУМ, в отличие от ПОМЕХИ, имеет очень широкий (бесконечный) спектр.

В отличие от природного, антропогенный шум, шум городов, рождающийся из комплекса шумов транспорта, предприятий,строек, коммунальных систем, во многом перекрывает или вписывается, т. е. модулируется в несущую природную волну, что позволяет шуму распространяться достаточно далеко, даже в околоземное пространство, где наличие диссипационных газов Земного происхождения, уносясь в пространство, захватывает и часть шума. Антропогенный шум распространен также внутри помещений, которые основная часть населения планеты использует для укрытия, или в терминологии из раздела техники безопасности, для так называемой коллективной защиты, и где осуществляются различные виды деятельности, обеспечивающие поддержание жизни. Здесь тоже можно услышать шум производственного и бытового оборудования, шум транспорта, доносящийся с улицы, громкие голоса соседей. В отличие от природного антропогенный шум регламентируется и ограничивается во времени. Если антропогенный шум можно просто выключить, то природный – невозможно.

Однако оба вида шума имеют общий фактор воздействия на человека, который заключается в инертности реагирования на них, возникающей из-за парализующего волю к действию эффекта шума. Люди не могут моментально реагировать, чтобы противостоять нарастающей от этих шумов опасности. Те из них, которые способны выдержать и перенести воздействие шума, при этом успев проанализировать и сделать выводы по обеспечению личной безопасности до наступления полной адаптации и деградации (толерантность), способны предвидеть и защититься от возникновения нового цикла шумового воздействия.

Далее приведем примеры, характеризующие шум по физическим и физиологическим характеристикам.

Рассмотрим характеристики физических параметров шума: 1) звуковое давление p , единицей измерения является – Па (Паскаль) – сила в 1 ньютон/м²; 2) интенсивность звука I , Вт/м² (сила звука); 3) частота f , Гц.

При распространении звуковых колебаний в воздухе периодически появляются области снижения и повышения давления. Разность давлений в возмущенной и невозмущенной среде называется звуковым давлением (p). Интенсивность звука I , Вт/м² – это средний поток энергии в единицу времени и к единице поверхности:

$$I = \frac{p^2}{\rho \cdot c} \quad (5)$$

где: p^2 – давление, Па; ρ – плотность среды, кг/м³ (для воздуха 1,29 кг/м³); c – скорость звука, м/с.

На слух человека действует p^2 , осреднение происходит за время 30÷100 мс (миллисекунд, 1 мс=10⁻³ с). Скорость распространения звуковой волны зависит от среды, передающей звук. В воздухе при температуре 20 °С и нормальном давлении скорость распространения звуковой волны составляет 342 м/с, в пресной воде при 15 °С – 1460 м/с, в древесине мягких пород около 3000 м/с, твердых – 5000 м/с, в бетоне – 4470 м/с, кирпиче – 1200-1699 (3650) м/с, стали – 5000-6000 м/с, песке – 100-320 м/с.

Период колебаний T и частота f связаны соотношением:

$$T = \frac{1}{f} (\text{сек}) \qquad f = \frac{1}{T} (\text{Гц})$$

или (6)

Органы слуха человека воспринимают звуковые волны с частотой от 16 Гц до 20000 Гц. Колебания с частотой ниже 20 Гц (инфразвук) и выше 20000 Гц (ультразвук) человек не слышит, но может ощущать. Восприятие звука зависит не только от частоты, но и от интенсивности звука и звукового давления. При условиях $L_1 = L_p$. диапазон звуков, воспринимаемых человеком, в дБ: 0÷140 дБ. Уровни звукового давления различных источников рассмотрены в таблице 1. За единицу измерения уровня звукового давления и уровня интенсивности звука принят децибел.

1) Уровень интенсивности звука (L_1 , дБ) определяется по формуле:

$$L_1 = 10 \lg \left(\frac{I}{I_0} \right) \qquad (7)$$

где: I – интенсивность звука в данной точке, Вт/м²; I_0 – интенсивность звука, соответствующая порогу слышимости человека. (I_0 – постоянная величина; $I_0 = 10^{-12}$ Вт/м² – на частоте $f = 1000$ Гц).

2) Уровень звукового давления (L_p , дБ) определяется по формуле:

$$L = 20 \lg \left(\frac{p}{p_0} \right) \qquad (8)$$

где: p – звуковое давление в данной точке, Па; p_0 – пороговое звуковое давление. $p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па; на частоте $f = 1000$ Гц.

Звуковое давление выбрано таким образом, чтобы при нормальных атмосферных условиях уровни L_p были равны L_1 .

Область звуков с уровнем звукового давления $L = 120 \div 130$ дБ соответствует порогу болевого ощущения. Пороговое значение звукового давления p_0 соответствует порогу слышимости ($L = 0$ дБ) только на частоте 1000 Гц. Порог слышимости различен для звуков разной частоты.

Таблица 1

Уровни звукового давления различных источников. $f = 1000 \text{ Гц}$ – стандартная частота (при которой проводятся измерения)

Источник	$L_p, \text{ дБ}$	МПа
Выстрел из пушки – светозумовая граната, длительный звук с таким давлением вызывает смерть.	170-180	0,0063-0,02
Старт ракеты (контузия, травмы) – взлёт лунной ракеты на расстоянии 100 м, реактивный двигатель на расстоянии 30 м, соревнования по автомобильным звуковым системам (ухудшение зрения).	150	0,00063
Пневмо инструмент (почти невыносимо – болевой порог), гром (иногда до 120 дБ), отбойный молоток, вулкана на расстоянии 1 м, шум на стадионе, кислородная горелка	120	0,00002
Ансамбль рок музыки, крайне шумно – пескоструйный аппарат на расстоянии 1 м, мощный автомобильный сабвуфер, пневмосигнал для велосипеда.	110	0,0000063
Шум металлорежущего станка, очень шумно – громкие крики, пневматический отбойный молоток, тяжёлый дизельный грузовик на расстоянии 7 м, грузовой вагон на расстоянии 7 м; звук почти невозможно не замечать	90	$6,32 \times 10^{-7}$
Шум поезда $L = 7 \text{ м}$, очень шумно – громкий будильник на расстоянии 1 м; крик; мотоцикл с глушителем; шум работающего двигателя грузового автомобиля; длительный звук вызывает ухудшение слуха	80	2×10^{-7}
Шумно – громкие разговоры на расстоянии 1 м, шум пишущей машинки, шумная улица, пылесос на расстоянии 3 м	70	$6,3 \times 10^{-8}$
Негромкая речь - умеренно шумно	60	2×10^{-8}
Отчётливо слышно – разговор средней громкости, тихая улица, стиральная машина	50	$6,32 \times 10^{-9}$
Читальный зал, хорошо слышно – тихий разговор, учреждение (офис), шум кондиционера, шум телевизора в соседней комнате	40	2×10^{-9}
Шелест листьев, тихо – настенные часы, максимально разрешённый шум для источников постоянного шума, расположенных в жилых помещениях, ночью с 23:00 до 7:00.	30	$6,3 \times 10^{-10}$
Шепот на 1 м, едва слышно – уровень фона на открытой местности	20	2×10^{-10}
Зимний лес, порог слышимости для синусоидальной волны с частотой 1 кГц; ничего не слышно, почти ничего не слышно; безмолвие в горах	0-5	2×10^{-11} -

3) Уменьшение шума ΔL определяют в децибелах:

$$\Delta L = L_1 - L_2 = 20 \lg \left(\frac{P_1}{P_0} \right) - 20 \lg \left(\frac{P_2}{P_1} \right) = 20 \lg \left(\frac{P_1}{P_2} \right) = 10 \lg \left(\frac{I_1}{I_2} \right) \quad (9)$$

где: L_1 и L_2 – уровень до и после мероприятий.

Вопросы для самоконтроля

1) Найдите три величины (формула 5) интенсивности звука I , $Вт/м^2$ а) при нормальном атмосферном давлении (101 325 Па), а в качестве примера возьмём б) максимально зарегистрированное давление на уровне моря – 808,7 мм.рт.ст и в) минимальное – 684 мм.рт.ст. Формула для перевода единиц измерения выглядит так: $P_n = P_m \cdot 101325 / 760$, где P_m – давление, выраженное в миллиметрах ртутного столба, P_n – давление, выраженное в паскалях. 2) Найдите уровень интенсивности звука (L_1 , дБ) (по формуле 7) для источников шума 20; 57; 72 $Вт/м^2$ соответственно. 3) Какой уровень звука дБ в окружающей среде делает невозможным нормальное общение? Приведите примеры из своего личного опыта. 4) Чему соответствует минимальный уровень звука в дБ и Па?

Источники информации

1. Резчиков Е.А., Носов В.Б., Щербак Е.Г. Безопасность жизнедеятельности: Учебное пособие. Ч. 2. – М.: МТИУ. 1997. – 255 с.
2. Справочник по технике безопасности. 5-е изд., перераб. и доп. – М. : Энергоиздат, 1982. – 800 с.

1.3 Общая характеристика шума

Звуковые колебания в различных частотных диапазонах представляют собой силу, действующую на единицу поверхности, в акустике это называют звуковым давлением, и обозначают как P . Измеряется в паскалях ($1 Па = 1 Н/м^2$). Точкой отсчета для практического применения в оценке звукового давления, воспринимаемого ухом человека, нулевой порог, принимается: $P_0 = 2 \times 10^{-5}$ Па на частоте 1000 Гц. Воздействие шума на человека может быть оценена с помощью таких характеристик как: уровни звукового давления (уровень звукового давления); уровни звука (УЗ); частотный состав (спектр). Уровень звукового давления определяется по формуле:

$$L = 20 \lg \frac{P}{P_0} \quad (10)$$

где: P – среднее квадратичное значение звукового давления; P_0 – пороговое значение звукового давления $P = 2 \times 10^{-5}$ Па.

Для удобства измерения уровень звукового давления используется условная единица измерения Б (в честь американского изобретателя телефона А.Белла), а децибел – десятая часть Бела. Она характеризует рост интенсивности уровня звука в 10 раз. Таким образом, ориентировочная оценка шума (дБА) определяется по формуле:

$$L_A = 20 \lg \frac{P_A}{P_0} \quad (11)$$

где: P_A (Па) – среднеквадратичное давление с учетом частотной кривой коррекции фильтра «А» шумомера.

Частотные коррекции (рисунок 5). Для санитарного нормирования звука используется только коррекция А. Она примерно соответствует чувствительности человеческого уха при умеренных уровнях звука. Характеристика С применяется в технических целях, например, при испытаниях приборов. В европейских странах ее также используют для измерений пиковых уровней звука на рабочих местах. Характеристика Лин, применяется для оценки инфразвука.

Рис. 5. Частотные коррекции

Для каждой октавы, таблица 2, соответствует своя среднегеометрическая частота, в которой может быть измерен уровень звукового давления.

Уровень звука является интегральной частотной характеристикой шума, которая представлена суммой энергий 9 октав. Октава – интервал между двумя частотами, один из которых в два раза выше, чем другая. В таблице 3 представлена зависимость параметров интенсивности уровень звукового давления и уровень звука.

Таблица 2

Среднегеометрические и граничные частоты октавных и третьоктавных полос

Среднегеометрические частоты	Граничные частоты для полос, Гц	
	Октавных	Треть октавных
50 63 80	45-90	45-56 56-71 71-90
100 125 160		90-112 112-140 140-180
200 250 315		180-224 224-280 280-355
400 500 630	355-710	355-450 450-560 560-710
800 1000 1250		710-900 900-1120 1120-1400
1600 2000 2500		1400-1800 1800-2240 2240-2800
3150 4000 5000	2800-5600	2800-3540 3540-4500 4500-5600
6300 8000 10000		5600-7100 7100-9000 9000-11200

Источники шума могут оцениваться как уровни звукового давления (уровень звукового давления) в $дБ$ (относительно конкретной октавной полосы), так и могут выражаться в уровне звука $дБА$ (уровень звука), как сумма звуковой энергии всех девяти октавных полос. При использовании децибелов необходимо учитывать, что это логарифмическая единица. Поэтому энергетическое суммирование при определении уровня звука осуществляется по формуле:

$$L_{\Sigma} = 10 \lg \left(10^{\frac{L_1}{10}} + 10^{\frac{L_2}{10}} + \dots + 10^{\frac{L_n}{10}} \right) \quad (12)$$

где: L_1, L_2, L_n – уровень звука (уровень звукового давления) первого, второго, n -го источников шума. Формулу (12) можно преобразовать в готовые результаты с помощью таблицы 4.

Сложение шума выполняется последовательно. Выбираются два наибольших источника, к их энергетической сумме добавляется энергия последующего источника и т.д

Таблица 3

Интенсивность, звуковое давление и уровень звука в воздухе при комнатной температуре и нормальном давлении на уровне моря

Интенсивность, Вт\м ²	Звуковое давление,	Уровень звука, дБ
100 000 000	200 000	200
10 000 000		190
1 000 000	20 000	180
100 000		170
10 000	2 000	160
1 000		150
100	200	140
10		130
1	20	120
0,1		110
0,01	2	100
0,00 1		90
0,00 01	0,2	80
0,00 001		70
0,00 000 1	0,02	60
0,00 000 01		50
0,00 000 001	0,002	40
0,00 000 000 1		30
0,00 000 000 01	0,0002	20
0,00 000 000 001		10
0,00 000 000 000 1 «Песочный часы»	0,00002	0

Таблица 4

Сложение уровень звука (уровень звукового давления) источников шума

Разность уровня звукового давления (уровень звука) двух складываемых источников, дБ (дБА)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Добавка (Δ) к большему уровень звукового давления (уровень звука), дБ (дБА)	3	2,5	2,1	1,8	1,5	1,2	1	0,8	0,6	0,5	0,4

Пример. На слесарном участке в работе три станка с разными уровнями звука: $L_1 = 97$ дБА, $L_2 = 76$ дБА, $L_3 = 87$ дБА. Требуется определить суммарный уровень звука.

Решение. Разница уровень звука первого и второго станков: $97 - 76 = 21$ дБА слишком незначительная, поэтому второй станок не учитывается. Разница между первым и третьим станками: $97 - 87 = 10$ дБА. По таблице 4 добавка составит $\Delta = 0,4$ дБА. Следовательно, суммарный уровень звука составит: $97 + 0,4 = 97,4$ дБА.

При разработке шумозащитных мероприятий может возникнуть необходимость определить уровень звука при исключении одного или нескольких источников шума. Для удобства можно использовать данные из таблицы 5.

Таблица 5

Вычитание уровня звука (уровень звукового давления) источников шума

Разность двух значений уровня звукового давления (уровень звука), дБ (дБА)	10	6 - 9	5 - 4	3	2	1
Поправка (Δ) к большему уровня звукового давления (УЗ), дБ (дБА)	0	-1	-2	-3	-5	-7

Пример. На слесарном участке уровень звука составляет 87 ($L_{\Sigma} = 87$ дБА). Как изменится уровень звука в помещении после того, как отключили один станок ($L = 82$ дБА)? Решение: Разница уровень звука известных значений равна $L_{\Sigma} - L = 87 - 82 = 5$ дБА. По таблице 5 поправка составляет $\Delta = -2$ дБА. Следовательно, шум на участке после отключения станка составил: $L_{\Sigma} + \Delta = 87 - 2 = 85$ дБА.

Инструментальные измерения, либо паспортные данные применительно к объекту шума могут дать численные значения в режиме уровня звукового давления. С помощью поправочных данных из таблицы 6 можно произвести энергетическое сложение имеющегося спектра уровней звукового давления в уровень звука. При этом, следует учитывать, что обратная операция невозможна!

Пример. Имеются в наличии данные измерений уровень звукового давления пылесоса (первая строка таблицы 6). Требуется перевести уровень звукового давления в уровень звука. Решение: По таблице 6 используем измеренные характеристики. Показания прибора арифметически складываются со значением коррекции «А», полученные результаты последовательно складываются энергетически (таблица 6 строка 3 и 4). Искомая величина уровень звука относительно рассматриваемого спектра будет составлять $L_A = 47$ дБА.

Таблица 6

Перевод уровня звукового давления в уровень звука

Характеристики	Уровни звукового давления (δB) и поправки в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, $G_{ц}$								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Измеренная характеристика бытового прибора	74	63	50	48	45	40	35	30	22
Стандартная частотная характеристика «А» шумомера	-40	-26	-16	-9	-3	0	+1	+1	+1
Спектр прибора с поправкой на фильтр «А»	34___37		34___39		42____40		36_____31		21
Результат энергетического сложения	39___40 43 _____47_____						44___37 45		-

Разберём несколько вариантов сложения шумов.

1) Допустим в расчетную точку попадает шум от нескольких n – источников шума разных по интенсивности (силе). $I_1 I_2 \dots I_i \dots I_n$ – интенсивность звука, создаваемая i -ым источником шума, где $i = 1, 2, \dots n$. Определим общую силу звука (от всех источников). В этом случае складывают интенсивности звуков (источников), а не уровни:

$$I = I_1 + I_2 + \dots + I_n \text{ (Вт/м}^2\text{)} \quad (13)$$

При одновременной работе источников уровень интенсивности (∂B) может быть определен следующим образом. Левую и правую часть выражения (14) делим на I_0 , логарифмируем и умножаем на 10, получим:

$$10 \lg \left(\frac{I}{I_0} \right) = 10 \lg \left(\frac{I_1}{I_0} + \frac{I_2}{I_0} + \dots + \frac{I_n}{I_0} \right) \quad (14)$$

где: I_0 – интенсивность звука, соответствующая порогу слышимости, Вт/м².

Уровни шума в (∂B) нельзя арифметически складывать!

Или:

$$L = 10 \lg (10^{\frac{L_1}{10}} + 10^{\frac{L_2}{10}} + \dots + 10^{\frac{L_n}{10}}) \quad (15)$$

где: $I_1 I_2 \dots I_n$ – уровни звукового давления или уровни интенсивности, создаваемые каждым источником (1, 2, ..., n -ым) в расчетной точке. Особенность суммирования уровней звукового давления имеет большое практическое значение для борьбы с шумом. Если на рабочее место попадает шум от разных (по интенсивности) источников, то необходимо снижать сначала шум от более мощных источников.

2) Если имеется n источников шума, одинаковых по интенсивности:

$$L_1 = L_2 = \dots = L_i = \dots = L_n,$$

то суммарный уровень шума в расчетной точке определим:

$$L = L_i + 10 \lg(n) \quad (16)$$

где: L_i – уровень звукового давления, создаваемый каждым источником.

Из этой формулы видно, что два одинаковых источника одновременно работая, создают уровень на 3 дБ больше, чем каждый источник в отдельности; 10 источников – на 10 дБ; а 100 источников – на 20 дБ.

Уровень интенсивности звука, выраженный в децибелах, не позволяет судить о физиологическом ощущении громкости (чувствительность слуха к звукам), которое этот звук вызывает. Чувствительность слуха неодинакова к звукам различных частот, поэтому звуки, одинаковые по силе, но разные по частоте могут казаться неодинаково громкими. Уровни интенсивности звука и уровни звукового давления определяют только физическую сторону звука независимо от частоты звука. Физиологическими характеристиками шума являются: уровень громкости; тембр; высота. Для оценки субъективного воздействия шума на человека вводится понятие уровня громкости. Единица уровня громкости – *ФОН*.

ФОН – физиологическая оценка шума. На основании исследований (массовых опытов) построены кривые равной громкости, рисунок 6, т.е. зависимости физиологического ощущения громкости звуков от физических характеристик – интенсивности (силы) звука и частоты.

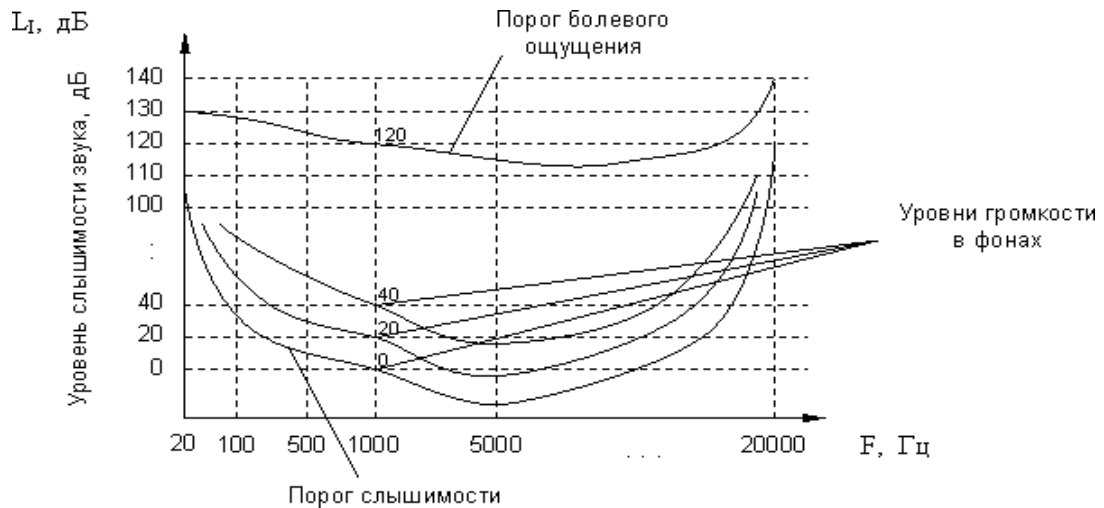


Рис. 6. Кривые равной громкости

Частота $F = 1000 \text{ Гц}$ принята в качестве стандартной частоты сравнения в акустике. Каждая из этих кривых соответствует звукам различным по интенсивности и частоте, но одинаковым по громкости, т.е. соответствует определенному уровню громкости (в фонах).

Вопросы для самоконтроля

- 1) Как определить общую силу звука?
- 2) Как определить уровень

интенсивности звука? 3) С какими источниками шума, если их несколько, нужно работать в первую очередь (снижать шум)? 4) По какой формуле делается расчет для одинаковых источников шума, и чем характерны полученные по ней результаты? Приведите примеры. 5) Для чего применяется кривая уровня громкости?

Источники информации

1. Резчиков Е.А., Носов В.Б., Щербак Е.Г. Безопасность жизнедеятельности: Учебное пособие. Ч. 2. – М.: МТИУ. 1997. – 255 с.
2. Долин П.А. Справочник по технике безопасности. 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоиздат, 1982 . – 800 с.

1.4 Биологическое действие шума

Существует мнение некоторых исследователей, что с помощью звуковых сигналов человек получает от 10 % информации и выше, способность восприятия зависит от пороговой чувствительности и развитости ассоциативного восприятия, регулируемого памятью человека, то есть, важности поступающей информации. Например, можно сказать: «красный помидор» и показать картинку красного помидора. Объем данных будет совершенно разный, а объем информации почти одинаковый.

Нормативный диапазон мужских и женских голосов в академическом вокале, иллюстрирует рисунок 7. Кроме того, важную роль играет относительный диапазон частот; у слуха он составляет 10 октав, а у зрения – 1 октава, рисунок 8.

Человек имеет синхронизацию, то есть определенную частоту поступления информационных фреймов, люди синхронизированы с пространством и временем, определёнными ритмами.

Это частота октавно повышается в процессе развития Цивилизации, увеличивая скорость проживания человека, и соответственно увеличивая количество одновременно живущих людей в теле Цивилизации. Можно выделить следующие частоты синхронизации человека в исторический период: 6,125 Гц, до исторический период, круг жизни 576 лет – 12,25 Гц , эпоха пирамид , круг жизни 288 лет – 24,5 Гц, ведический период, круг жизни, 144 лета – 98 Гц, римский период, круг жизни 36 лет – 49 Гц, современный период, круг жизни 72 лета. Например, с помощью зрения нельзя передать мелодию «Подмосковные вечера», недостаточно диапазона изменения частот: звуковой канал более широкий относительно своей несущей, чем канал зрения и, соответственно, по нему можно передать больше информации. Однако он более медленный. Человек принимает звуковые сигналы через слуховой анализатор (внешним рецептором является ухо).

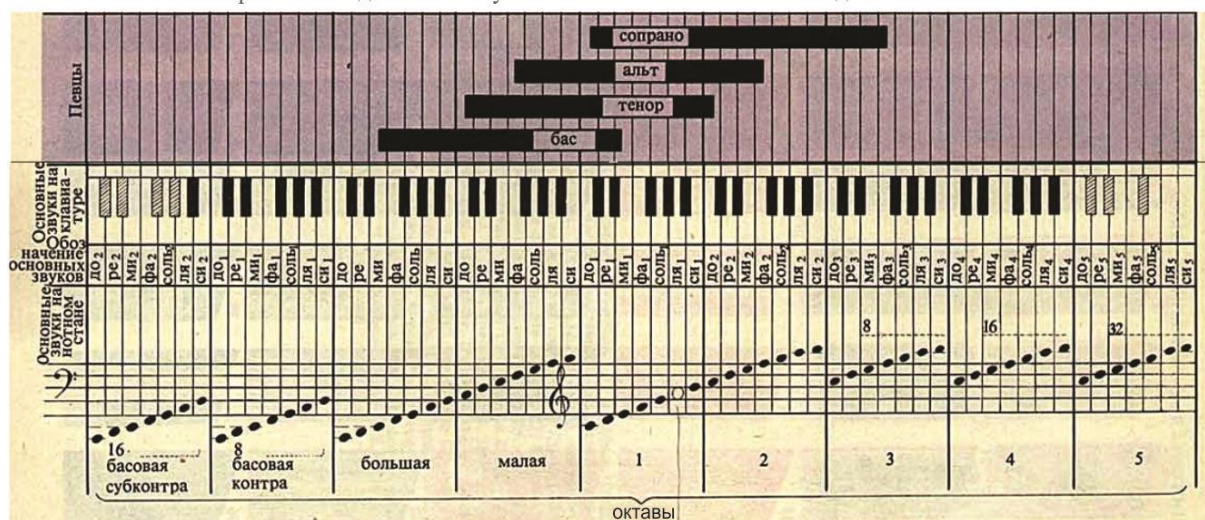


Рис. 7. Иллюстрация диапазона академического вокала

Степень воздействия шума на человека, рисунок 9, зависит от уровня, характера шума, продолжительности воздействия и индивидуальных особенностей человека.

Уровень шума влияет на биологические виды и человека:

50 - 60 дБ – отрицательно влияет на нервную систему, оказывает психологическое воздействие;

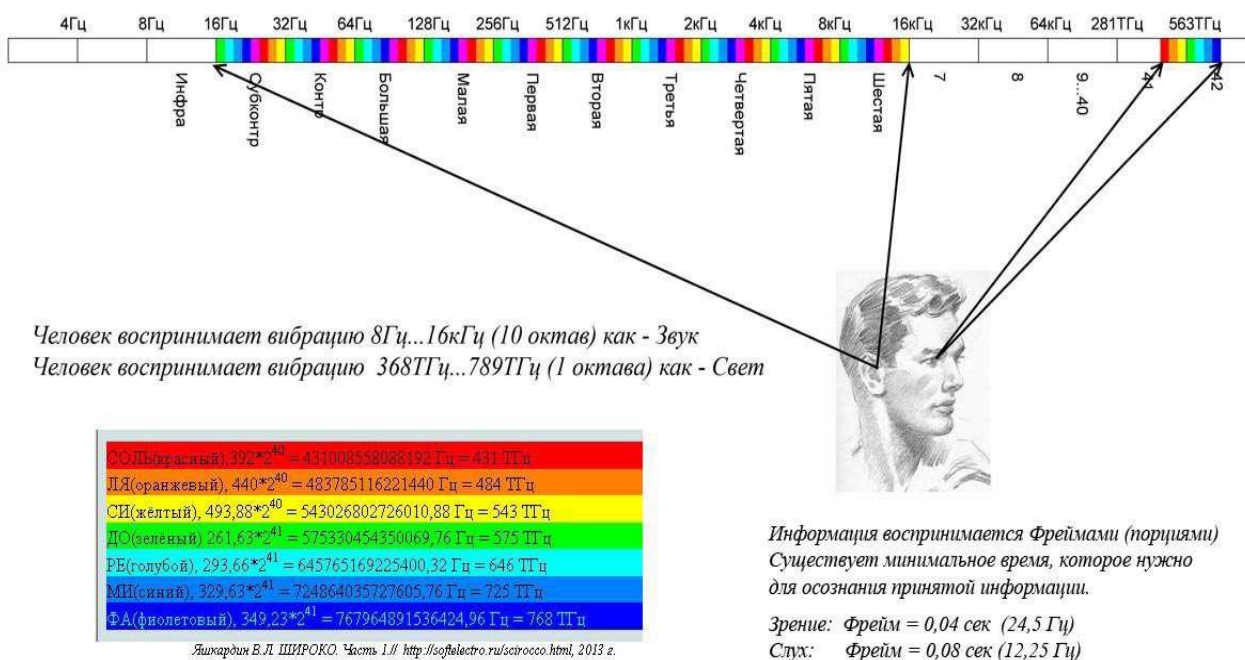
70 - 80 дБ – влияет на сердечно-сосудистую, вегетативную системы и обменные процессы;

85 - 90 дБ оказывает отрицательное влияние на органы слуха и снижает слуховую чувствительность.

Высокий уровень шума (выше 90 дБ) способен повлиять на нервную систему, может вызвать снижение остроты зрения и чувствительности к различным цветам. Шум оказывает влияние на кору мозга, оказывая раздражающее действие, ведущее к утомлению, снижению внимания и остроты зрения, вызывает психические расстройства и снижает быстроту реакций на раздражители, снижает продуктивность и работоспособность.

При действии шума (>140 дБ) возможна травма внутреннего уха и разрыва барабанной перепонки.

Физиологически шум воспринимается по разному. Например, шум в 30-40 дБ (*шелест листьев*) в ночное время может явиться фактором, приводящим к беспокойству и раздражению. Ощущение же полной тишины 20-10 дБ, может вызвать слуховые галлюцинации и чувство страха. Звуковые колебания могут восприниматься не только ухом, но и распространяться по всему скелету, воздействуя на костный и головной мозг. При этом уровень шума, передаваемый путем костной проводимости, на 20-30 дБ меньше уровня, воспринимаемого ухом. Следовательно, при высоких уровнях шума воздействие на скелетные ткани происходит интенсивнее.



Диапазон восприятия волновой энергии сознанием человека

Рис. 8. Иллюстрация 10-ти октав для слуха и 1-ой октавы зрения

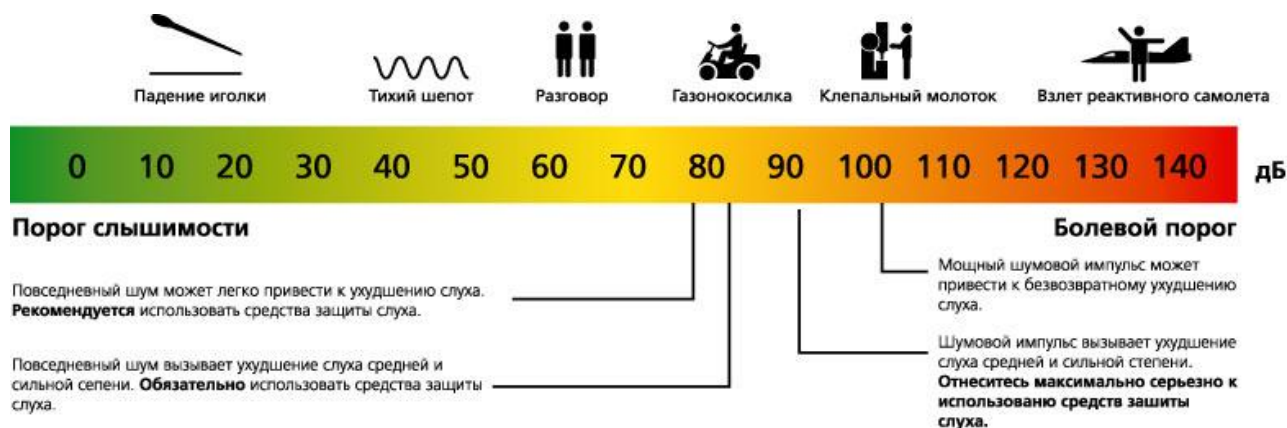


Рис. 9. Шкала уровня звукового воздействия в дБ

По характеру спектра шума выделяют: а) тональный шум, в спектре которого имеются выраженные тоны. Тональный характер шума для практических целей устанавливается измерением уровней звукового давления в 1/3-октавных полосах частот в диапазоне частот 25-10 000 Гц по превышению уровня в одной из 1/3-октавных полос над соседними не менее чем на 10 дБ или по превышению суммарного уровня двух соседних 1/3-октавных полос, уровни которых отличаются менее чем на 3 дБ, над соседними не менее чем на 12 дБ; б) широкополосный шум, не содержащий выраженных тонов.

По временным характеристикам шума выделяют: а) постоянный шум, уровень звука которого за 8-часовой рабочий день или за время измерения изменяется не более, чем на 5 дБА при режиме усреднения шумомера S (медленно); б) непостоянный шум, уровень звука которого за 8-часовой рабочий день, рабочую смену или за время измерения изменяется более чем на 5 дБА при измерениях с постоянной времени усреднения шумомера S (медленно); в) импульсный шум, состоящий из одного или нескольких звуковых событий, каждый длительностью менее 1 с, при этом уровни звука L_p, A_{lmax} и L_p, A_{Smax} , измеренные соответственно с временными коррекциями I (импульс) и S (медленно), отличаются не менее чем на 7 дБ.

Если особенности производства не позволяют работодателю снизить шум на всех или на части рабочих мест до уровня ниже гигиенического норматива, то в качестве дополнительной, хотя и нежелательной меры защиты рассматривается возможность использования средств индивидуальной защиты от шума. При выборе таких средств следует учитывать не только технические данные, указанные изготовителем, но и коэффициент снижения эффективности защиты средств в процессе их эксплуатации. Поскольку ношение средств индивидуальной защиты от шума увеличивает риск воздействия других неблагоприятных факторов (психологический дискомфорт, ухудшение восприятия информативных сигналов опасности и пр.), выбор вида и эффективности средств индивидуальной защиты от шума должен представлять собой компромисс в отношении данного риска и риска развития у работника профессиональной тугоухости. Если проведенная работодателем с привлечением компетентных лиц оценка рисков показывает, что риск от ношения средств индивидуальной защиты от шума существенно превышает риск развития профессионального заболевания, то средства индивидуальной защиты от шума не применяют, и работодателю следует использовать другие средства снижения шумовой нагрузки на работника.

Принимаемые работодателем меры, позволяющие снизить риск ухудшения состояния здоровья работников, в том числе появления у них повреждения слуха, должны быть отражены в правилах ведения работ. Правила ведения работ разрабатывает работодатель с привлечением специалистов соответствующего профиля (медицинских работников, конструкторов, технологов, экспертов по акустике и защите от шума и др.).

Полноту мероприятий, направленных на обеспечение безопасности воздействия шума и включенных в правила ведения работ, а также эффективность их выполнения оценивают соответствующие уполномоченные организации при оценке условий труда и периодическом контроле требований по соблюдению безопасных условий труда.

Органы слуха человека воспринимают звуковые волны с частотой в пределах от 16 Гц до 20000 Гц. Колебания с частотой ниже 20 Гц (инфразвук) и выше 20000 Гц (ультразвук) не вызывают слуховых ощущений, но воздействие низких частот особенно значимо для человека. Восприятие звука зависит не только от частоты, но и от интенсивности звука и звукового давления.

Абсолютная тишина на человека оказывает очень серьезное

психологическое воздействие. Стивен Орфилд, разработал помещение с максимальной акустической изоляцией, где практически нет эха, комната способна поглощать 99,99% звуков, рисунок 10. В комнате использованы стекловолоконные акустические платформы толщиной почти в метр, двойные стены из звукопоглощающей стали и бетон толщиной в 30 см. Стивен Орфилд, говорит: «Мы проводили эксперимент: как долго сможет человек продержаться в этой комнате в темноте. Максимальное время- 45 минут».

Биологическое действие инфразвука на человека имеет выраженное неблагоприятное воздействие. Даже слабые инфразвуковые колебания могут оказывать существенное влияние на организм человека, если они носят длительный характер. Воздействие инфразвука происходит не только через слуховой анализатор, но и через механорецепторы кожи. Инфразвуковое излучение при уровне более 100 дБ может вызывать у людей неприятные субъективные ощущения и многочисленные реактивные последствия, например, изменения в центральной нервной, сердечно-сосудистой и дыхательной системах, вестибулярном анализаторе.

В таблицах 1 и 2 Приложения 8, представлены обобщенные материалы большого количества исследований на добровольцах изолированного действия инфразвука разных амплитудно-частотных и временных характеристик

На эффекты воздействия слышимого шума, как правило, обращают большее внимание. Это в первую очередь связано с тем, что даже дозы незначительной экспозиции шума неконтролируемого человеком, будут вызывать психологический дискомфорт. Большой вклад в изучении вопроса по влиянию акустического воздействия на человека внесли Е.Ц. Андреева-Галанина, Н.Ф. Измеров. Они показали, что шум является обще- биологическим раздражителем и оказывает влияние не только на слуховой анализатор, но, в первую очередь, действует на структуры головного мозга, вызывая сдвиги в различных системах организма. Проявления шумового воздействия на организм человека могут быть условно подразделены на специфические изменения, наступающие в органе слуха, и неспецифические, возникающие в других органах и системах.

Неспецифические проявления. Экстраауральный эффект (или неспецифический) - воздействие на центральные звенья звукового анализатора как систему приема информации, которое можно объективно оценить по интегральным физиологическим показателям.

ЦНС. Головные боли, несистематические головокружения, Повышенная утомляемость, эмоциональная неустойчивость, снижение памяти, нарушение сна.

Сердцебиения и боли в области сердца, повышение артериального давления.

Снижение аппетита, дисфункция желудка, нарушение его эвакуаторной функции, изменение кислотности желудочного сока.

Иммунная система. Снижение иммунологической реактивности, снижение общей резистентности организма, что проявляется в повышении уровня заболеваемости с временной утратой трудоспособности в 1,2-1,3 раза.

Обмен веществ. При воздействии интенсивного шума 95 дБА и выше может иметь место нарушение витаминного, углеводного, белкового, холестерина и водно-солевого обменов.



Рис. 10. Безэховая камера с акустической изоляцией

Специфические проявления. Ауральный эффект - нагрузка на орган слуха как систему, воспринимающую звуковую энергию, оценивается по «утомлению органа слуха», выражающееся в смещении порогов восприятия тонов, которое пропорционально величине звукового давления и времени экспозиции.

Общепризнано, что ведущим признаком неблагоприятного влияния шума на организм человека является медленно прогрессирующее понижение слуха по типу кохлеарного неврита (при этом, как правило, страдают оба уха в одинаковой степени).

Профессиональное снижение слуха относится к сенсоневральной (перцепционной) тугоухости. Под этим термином подразумевают нарушение слуха звуковоспринимающего характера.

Профессиональная тугоухость развивается обычно после более или менее длительного периода работы в шуме. Сроки ее возникновения зависят от интенсивности и частотно-временных параметров шума, длительности его воздействия и индивидуальной чувствительности органа слуха к шуму. Например, у ткачей временные смещения порогов слуха на частоте 4000 Гц за дневную экспозицию шумом численно равны постоянным потерям слуха на этой частоте за 10 лет работы в этом же шуме.

Жалобы на головную боль, повышенную утомляемость, шум в ушах, которые могут возникать в первые годы работы в условиях шума, не являются специфическими для поражения слухового анализатора, а скорее характеризуют реакцию ЦНС на действие шумового фактора. Ощущение понижения слуха возникает обычно значительно позже появления первых аудиологических признаков поражения слухового анализатора.

Шум, сопровождающийся вибрацией, более вреден для органа слуха, чем изолированный.

В России степень профессиональной тугоухости оценивается по средней величине потерь слуха на трех речевых частотах (0,5-1-2 кГц); величины более 10, 20, 30 дБ соответствуют I-й, II-й, III-й степени снижения слуха.

Несмотря на то что шум оказывает влияние на организм в целом, основные изменения отмечаются со стороны органа слуха, центральной нервной и сердечно-сосудистой систем, причем изменения нервной системы могут предшествовать нарушениям в органе слуха.

Ультразвуковые волны. Влияние ультразвука на человека в первую очередь рассматривается на производстве. Это объясняется природой ультразвуковых колебаний, которые быстро затухают в газообразной среде. Поэтому воздействие имеет смысл рассматривать на рабочих местах (работа сварщика, врача, пациента ...). Частота ультразвуковых колебаний определяет глубину проникновения фактора: чем выше частота, тем большая часть энергии поглощается тканями, но при этом ультразвуковые колебания проникают на меньшую глубину. Следует отметить, что поглощение ультразвука в биологических тканях не подчиняется общим закономерностям. Согласно имеющимся данным, в биологических тканях существует не квадратичная, а линейная зависимость поглощения от частоты. Это объясняется большой неоднородностью тканей организма.

Ультразвук способен вызывать разнонаправленные биологические эффекты, характер которых определяется многими факторами: интенсивностью ультразвуковых колебаний, частотой, временными параметрами колебаний (постоянный, импульсный), длительностью воздействия, чувствительностью тканей.

С позиций оценки возможного неблагоприятного влияния ультразвука на организм работающих целесообразно выделить два основных направления:

1. Применение низкочастотных (до 100 кГц) ультразвуковых колебаний, распространяющихся контактным и воздушным путями, для активного воздействия на вещества и технологические процессы - очистка, обеззараживание, сварка, пайка, механическая и термическая обработка материалов (сверхтвердых сплавов, алмазов, керамики и др.), коагуляция аэрозолей; в медицине - ультразвуковой хирургический инструментарий, установки для стерилизации рук медперсонала, различных предметов и др.

2. Применение высокочастотных (100 кГц - 100 МГц и выше) ультразвуковых колебаний, распространяющихся исключительно контактным путем, для неразрушающего контроля и измерений; в медицине - диагностика и лечение различных заболеваний.

Применяемые в промышленности, биологии, медицине интенсивности контактного ультразвука принято подразделять на низкие (до 1,5 Вт/см²), средние (1,5-3,0 Вт/см²) и высокие (3,0-10,0 Вт/см²).

В зависимости от интенсивности контактного ультразвука различают три основных типа его действия:

1) ультразвук низкой интенсивности способствует ускорению обменных

процессов в организме, легкому нагреву тканей, микромассажу и т.д. Низкие интенсивности не приводят к морфологическим изменениям внутри клеток, так как переменное звуковое давление вызывает только некоторое ускорение биофизических процессов, поэтому малые экспозиции ультразвука рассматриваются как физиологический катализатор;

2) ультразвук средней интенсивности за счет увеличения переменного звукового давления вызывает обратимые реакции угнетения, в частности, нервной ткани. Скорость восстановления функций зависит от интенсивности и времени облучения ультразвуком;

3) ультразвук высокой интенсивности вызывает необратимые угнетения, переходящие в процесс полного разрушения тканей.

4) ультразвук в импульсном режиме оказывает несколько иное биологическое действие, чем постоянные колебания. Своеобразие физиологического действия импульсного ультразвука заключается в меньшей выраженности, но большей мягкости и длительности проявления эффектов. Мягкость действия импульсного контактного ультразвука связана с преобладанием физико-химических эффектов действия над тепловым и механическим.

Эффекты, вызываемые ультразвуком, условно подразделяют на:

- механические, вызываемые знакопеременным смещением среды, радиационным давлением и т.д.

Так, при малых интенсивностях (до $2-3 \text{ Вт/см}^2$ на частотах порядка 10^5-10^6 Гц) колебания частиц биологической среды производят своеобразный микромассаж тканевых элементов, способствующий лучшему обмену веществ;

- физико-химические, связанные с ускорением процессов диффузии через биологические мембраны, изменением скорости биологических реакций;

- термические, являющиеся следствием выделения тепла при поглощении тканями ультразвуковой энергии, повышения температуры на границах тканевых структур, нагрева на газовых пузырьках;

- эффекты, связанные с возникновением в тканях ультразвуковой кавитации (образование с последующим захлопыванием парогазовых пузырьков в среде под действием ультразвука). Кавитация приводит к разрыву молекулярных связей. Например, молекулы воды распадаются на свободные радикалы OH и H^+ , что является первопричиной окисляющего действия ультразвука. Подобным образом происходит расщепление под действием ультразвука высокомолекулярных соединений в биологических объектах, например, нуклеиновых кислот, белковых веществ.

Наиболее тесную связь с ультразвуковым оборудованием имеют дефектоскописты. Клиническое и лабораторное обследование у них выявило следующие заболевания кожи: гипергидроз ладоней и подошв, дисгидроз ладоней и подошв, руброфития и эпидермофития стоп и кистей, себорея волосистой части головы и др.

Вопросы для самоконтроля

1) Как шум действует на человека? Приведите примеры, свои ощущения. 2)

Какие бывают методы нормирования? 3) Как классифицируется шум? 4) Какие существуют различия в нормировании шума, с чем это связано? 5) В связи с чем нужно использовать средства индивидуальной и проходить медосмотры при шуме 80 дБ, ваше мнение.

Источники информации

1. Волобуева Л. Н. Синхронизация пространства и времени в архаичной и информационной культурах // Вестник МГУКИ. – 2012. – №6 (50). – С. 36-40.
2. СанПиН 2.2.4.3359-16. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах. // Утв. пост. гл. Гос. санит. врача РФ от 21.06.2016. – № 81. – 88 с.

Влияние шума на животных. Животные хорошо ориентируются в своём акустическом ландшафте, состоящем из литосферы, гидросферы и атмосферы. Их органы слуха сформированы и адаптированы для нахождения в этих средах, в которых они рождаются, живут и погибают. В условия их обитания включён помимо других факторов и шум как природного, так и антропогенного происхождения. У видов, в результате становления, сформированы органы слуха, которые позволяют улавливать звуки и шумы, информирующие о близости того или иного события.

Это позволяет сориентироваться в обстановке и окружающей их среде. Так, у морских млекопитающих, рисунок 11, развита система поиска рыбы как источника питания. При помощи высоких частот, посылаемых для локации, они пеленгуют косяки рыб. Известно, что слоны обмениваются информацией при помощи инфранизких частот, воспринимаемых на удалённых расстояниях. В условиях антропогенного присутствия в природных экосистемах различного ранга происходит смешивание звуков различного происхождения, можно предположить, что животные воспринимают появляющиеся неестественные звуки как новый вид присутствия. Например, животные могут воспринимать технику как конкурента или, напротив, дружественное существо, достаточно вспомнить приветливых дельфинов, сопровождающих катера, или стаю собак, облаивающих велосипедиста, неподозревающего, что спицы вращающих колес порождают неприятный низкочастотный шум.

Вызывает сочувствие регулярно приходящие известия о массовой гибели китов, которые «сбившись с курса», оказываются на отмели и погибают постепенно прибывшие к берегу волнами моря или океана, рисунок 12.

Есть заявления, что китов и дельфинов губит оглушительный гул субмарин. Субмарина при спуске на воду со стапелей завода, сразу даёт о себе знать всем обитателям морских глубин из-за того, что инфразвук достаточно быстро распространяется по мировому океану. Теряя слух, киты перестают ориентироваться и выбрасываются на берег. По другой версии причиной того, что животные резко покидают глубину, являются шумы тектонического происхождения. Исследование тел выброшенных животных дало основание предполагать, что причиной самоубийства является кессонная болезнь

(декомпрессионная болезнь).



Рис. 11. Звук как средство поиска питания



Рис. 12. Погибшие киты на одном из пляжей

Возникает это недомогание тогда, когда происходит резкое уменьшение внешнего давления. Кессонную болезнь называют болезнью дайверов, пилотов и рабочих, трудящихся в кессонах (подводных рабочих камерах). Чувствительность анализатора слуха у животных различна и зависит от высоты звука и некоторых других факторов. Собаки способны воспринимать колебания в диапазоне от 38 до 80 000 Гц, овцы – от 20 до 20 000 Гц, лошади – от 35 до 75000 Гц. Достаточной остротой слуха обладает также крупный рогатый скот, который может дифференцировать весьма близкие по тембру звучания тоны.

Нам наиболее понятны шумы современных животноводческих предприятий, возникающие в результате содержания животных и связанные с работой технологического оборудования: механизмов и машин для подготовки кормов и их раздачи, уборки навоза, вентиляции помещений, доения коров и др.

Могут иметь значение и внешние (по происхождению) шумы (при размещении животноводческих помещений под воздушными трассами или вблизи аэродромов, железных дорог и т. п.). Известен случай, когда шум реактивных самолетов вызывал развитие агалактии у крольчих и гибель крольчат.

Под влиянием шума в организме коров происходят существенные физиологические изменения: учащаются дыхание, пульс, уменьшаются использование кислорода и уровень теплопродукции, снижаются частота жевательных движений и сокращений рубца, молочная продуктивность. Шумовые раздражители от 60 до 120 дБ снижают приросты свиней и молодняка крупного рогатого скота, вызывая у животных повышение температуры тела, уменьшение количества эритроцитов и гемоглобина.

Производственные шумы угнетают условнорефлекторную деятельность организма, отрицательно влияют на здоровье и продуктивность животных и птиц. Интенсивность уровня шума для сельскохозяйственных животных не должна превышать 65-70 дБ.

Многие шумы можно отнести к чрезмерным раздражителям, которые вызывают беспокойство животных и появление у них стресса. Одно из самых пагубных последствий шума – нарушение сна. Животные переносят отсутствие сна тяжелее, мучительнее, чем полное голодание. В опытах собаки, лишенные сна, погибали через 4-5 суток, то есть в несколько раз быстрее, чем при голодании.

Морские свинки широко используются как лабораторные животные, рисунок 13.



Рис. 13. Лабораторные морские свинки

Известно, что они обладают хорошим слухом и как люди имеют патологии слуха, в частности наследственную тугоухость, и другие. Поэтому этих животных целесообразно использовать при исследованиях влияния городского шума на адаптационные способности организма.

Ранее было установлено, что гемограмма морских свинок хорошо

реагирует на изменения окружающей среды. Поэтому возможно установление адаптационных критериев на воздействие городского шума по динамике гематологических показателей у морских свинок. Цель эксперимента заключалась в том, чтобы комплексно изучить особенности адаптационных реакций морских свинок при воздействии на них высоким уровнем городского шума (90-120 дБ).

Эксперимент проведён в двух группах половозрелых морских свинок самцах массой 250-270 г. Контрольная группа животных находилась на протяжении эксперимента в условиях относительной тишины, а опытная – ежедневно в течение 45 суток подвергалась получасовому акустическому воздействию (городскому шуму) интенсивностью 90 дБ.

Для отслеживания общего состояния животных и поведения во время шумового воздействия обращали внимание на следующие проявления: активность животного, почёсывание мордочки, интенсивность дефекации, частота мочеиспускания, агрессивность и т.п. Активность животных оценивалась также по баллам: неактивные – 0, малоактивные – 1, активные – 2-3 балла.

В первый день эксперимента активность животных в условиях шума меняется с состояния малоактивного на 10 мин воздействия, до активного к 30 мин. На второй день животные были оглушены и находились в состоянии стресса.

Агрессия животных чётко прослеживается в конце каждого экспериментального испытания.

Наиболее активны морские свинки на 5 сутки эксперимента, причем как на 10, так и на 20 и 30 мин воздействия шума. Стабилизация со снижением активности морских свинок наблюдается после 7 дня эксперимента. То есть к этому сроку животные в основном адаптировались к условиям хронического воздействия городского шума. Это подтверждается еще и тем, что на четырнадцатый день животные выстраиваются группой в непосредственной близости от источника шума (перед динамиком). При сравнении поведения опытных животных и контрольных выявлены значительные отличия в активности, агрессивности и т.д. То есть, в условиях шума животные, независимо от срока адаптации, более раздражительны.

Таким образом, хроническое воздействие городского шума на организм морских свинок показал изменение активности и поведения от срока шумового воздействия. Отмечена зависимость уровня агрессии от продолжительности воздействия. Получены данные о сроках адаптации морских свинок к городскому шуму интенсивностью 90-120 дБ.

На основании проведенных исследований было выявлено, что в процессе адаптации морских свинок к условиям шума высокой интенсивности (90 дБ) наблюдаются специфические реакции в поведении и двигательной активности, а также резкое снижение количества и функциональной активности нейтрофилов периферической крови, изменение коэффициента адаптации.

Вопросы для самоконтроля

1) В чем отличие чувствительности к звукам у животных и людей? 2) Как влияет шум на животных, приведите примеры (природный, антропогенный). 3) Нормирование шума для животных, рекомендации. 4) Гипотезы гибели китов. Выскажите ваше мнение по этому вопросу. 5) Каким органом чувств видят морские млекопитающие? 6) В чем выражается изменение поведения морских свинок после воздействия шума?

Источники информации

1. Гипотезы и факты. Электронный журнал. 22.12.2011 [Электронный ресурс]. – URL: <http://gifakt.ru/archives/index/7-gipotez-o-gibeli-kitov/> (дата обращения 23.03.2017 г.).
2. Портал медицинских лекций. Влияние шума на животных [Электронный ресурс]. – URL: <http://medlec.org/lek-21564.html> (дата обращения 23.03.2017 г.).
3. Галиева С.А., Галиев Р.С. Адаптационные реакции морских свинок к условиям городского шума // Вестник ВУиТ. – 2015. – №1 (23). – С.105-109.

Влияние шума на птиц. Птицы долго адаптируются к техногенному шуму, такому как, например, грохот железной дороги и гул самолетов, взрывы в карьерах и стрельбы по движущимся мишеням, потому что этот шум кратковременный. Исследования свидетельствуют, что непрерывный шум разрушает общение птиц. Источником такого шума являются, в частности, загруженные автодороги.

Около 10 тыс. автомобилей в день – это уже плохо, но 60 *тыс.* – гораздо хуже и может влиять на плотность птиц в глубь леса на расстоянии 2,8 км от дороги. Воздействию подверглись более половины из 46 видов, которых изучали в рамках исследований. Птицы стараются избегать шумных мест, если имеется более толерантная экологическая ниша.

На продуктивность птицы птицефабрик шум также оказывает влияние. Производственный шум, возникающий при работе технологического оборудования и вызываемый самой птицей, действует на птицу положительно, если он равномерен и по силе не превышает 70-80 дБ. При повышении силы шума до 90 дБ с частотой звуков 2-5 кГц (резко возникающий шум) продуктивность птицы (яйценоскость кур) заметно снижается.

Шумовое загрязнение меняет брачное поведение птиц. Самкам синиц, живущим вблизи дорог и человеческих поселений, приходится изменять своим сексуальным привычкам: обычно они отдают предпочтение низкоголосым самцам, но промышленный шум заставляет их иметь дело с теми, кто поёт высоко, но слышно, пишет Discovery News. Мы привыкли к шуму города, промышленных производств, автодорог, и влияние шумовой «грязи» на окружающую среду для нас не слишком очевидно. Тем не менее промышленно-городские звуки, которые группируются преимущественно в зоне низких частот,

могут мешать общению зверей и птиц, влияя таким образом на их поведение и экологию.

В своих предыдущих исследованиях орнитологи из Нидерландов показали, что дорожный шум заставляет самцов большой синицы (*Parus major*), рисунок 14, в буквальном смысле повышать голос — петь на более высоких частотах. В новой работе учёные выясняют, насколько сильно такое повышение тона сказывается на поведении птиц. Орнитологи записали песни 30 самцов, которые они исполняют на рассвете во время весеннего брачного периода. Анализ вокальных упражнений позволил сделать вывод, что самые низкочастотные песни самцы исполняют непосредственно для самок, готовых вот-вот отложить яйца. После того как птенцы вывелись, исследователи проверили, какие из самцов получили в свои гнёзда собственных птенцов, а какие оказались одураченными.



Рис. 14. Большая синица (*Parus major*)

Оказалось, что чем выше была брачная песня самца, тем больше оказывалась вероятность, что самка сбежит от него на свидание с новым кавалером, и птенцы в гнезде окажутся потомством последнего. Таким образом, самки синиц являются поклонницами самцов с сексуальным баритоном. В третьем варианте эксперимента авторы предлагали послушать самкам, прячущимся в своих гнёздах, записи голосов самцов. Самки отдавали предпочтение низким песням, но если на запись накладывался низкочастотный шум, им не оставалось ничего другого, как отвечать на высокие голоса.

Результаты своих наблюдений учёные представили в журнале PNAS. Таким образом, самцам синиц, живущим вблизи человека, приходится делать нелёгкий выбор: если они будут петь сексуально и низко, их могут просто не услышать, а если высоко — есть вероятность, что им предпочтут другого. Самкам же приходится как-то изменять своё поведение, выбирая не того, кого хочется, а того, кого слышно.

При этом синицам, как пишут исследователи, ещё повезло: они могут варьировать свои песни по высоте. Как в этом случае ведут себя те, кого природа не наделила таким пластичным голосом, насколько фатально на их экологию сказывается шумовое загрязнение — ещё предстоит изучить. Но можно предположить, что судьба таких видов, которых к тому же угораздило

оказаться вблизи города или шоссе, весьма незавидна.

Из-за воздействия шумов животные и птицы вынуждены покидать привычные места ареалов обитания. За счет перераспределения популяционных групп, покидающих зоны влияния строительства и эксплуатации магистральных трубопроводов, происходит уплотнение популяций в новых местах обитания, что приводит, в конечном счете, к снижению продуктивности охотничьих угодий.

Вопросы для самоконтроля

1) Какой шум опасен для птиц, и с чем это связано? 2) Как птицы адаптируются к шуму?

Источники информации

1. Каталог ветеринарных учреждений. Каждая птица свои песни поёт [Электронный ресурс]. – URL: <http://blog.vetatlas.ru/ptitsy/ptitsy/kazhdaya-ptica-svoi-pesni-poet/1000591/> (дата обращения 23.03.2017 г.).
2. Урбанизация привела к изменению сексуальных привычек птиц. Портал о человеке и его здоровой жизни iLive. [Электронный ресурс] – URL: http://ilive.com.ua/news/urbanizaciya-privela-k-izmeneniyu-seksualnyh-privychek-ptic_71396i15821.html (дата обращения 27.08.2017 г.).
3. Содержание домашней птицы. Микроклимат и его влияние при содержании кур. Портал промышленного птицеводства [Электронный ресурс]. – URL: http://pticainfo.ru/article/?ELEMENT_ID=1780 (дата обращения 23.03.2017 г.).
4. Горюнкова А.А., Галунова Д.В. Экологические проблемы газовой промышленности // Известия ТулГУ. Технические науки. – 2014. – №11-2. – С. 292-296.

Влияние шума на растения. Растения остро реагируют на различного рода шум и воспринимают их как целостный живой организм. После множества исследований ученые установили влияние шума на растения. Например, растения возле аэродрома, с которого непрерывно стартуют реактивные самолеты, растут очень плохо, а отдельные виды даже исчезают. Поэтому не стоит сажать деревья и, особенно, цветы там, где ведется производство или любая другая работа с постоянным шумом – они все равно не вырастут. Существует целый ряд научных работ, которые раскрывают действие шумов на растение табака. У него обнаружили значительное уменьшение интенсивности роста листьев. Это, прежде всего, касается молодых растений. Привлекло внимание ученых также и воздействие ритмических звуков на растения. Исследования на растениях кукурузы, тыквы, петунии, циннии и календулы показали, что на индийские музыкальные мелодии и музыку Баха растения отзываются положительно. Интересно, что их стебли вытягивались в сторону источника звуков. А вот непрерывные барабанные ритмы и рок-музыку зеленые растения не любят. От нее

уменьшается размер листьев и корней, снижается масса, и растения отклоняются от источника звуков, как будто хотят уйти от их губительного воздействия.

Зашумление среды снижает количество распространения семян птицами, поскольку они покидают зоны шума. Группа экологов решила выяснить, как антропогенный шум сказывается на распространении растений. Исследователи проследили за тем, кто приходит за семенами сосны, рассыпанными в зашумлённой и обычной зоне. В последнем случае к семенам, помимо птиц (соек), приходили мыши, белки, бурундуки и кролики. В зашумлённой зоне наблюдалось больше мышей и значительно меньше соек. Семена сосны не выдерживают путешествия через желудок, так что всё, что мышь или сойка съели, будет переварено.

Однако сойки обычно прячут часть семян про запас, оставляя их в тайниках – в деревьях и в земле. Птицы часто забывают про свои закладки, и семена прорастают. Но если за семенами прилетает мало птиц и приходит много мышей, то шансы на расселение у сосны уменьшаются: большая часть семян будет съедена.

Чтобы подтвердить это, экологи пересчитали молодую сосновую поросль в зашумлённых и обычных районах, обнаружив, что в первых число молодых побегов в четыре раза меньше. То есть повышенный шумовой уровень действительно мешает дереву расселяться, так как распугивает тех, кто распространяет его семена.

Таким образом, антропогенный шум на растения, безусловно, влияет, но опосредованно, через опылителей. Некоторые растения от этого выигрывают, некоторые – наоборот. Правда, исследователи уточняют, что негативный эффект более опасен тем, что его последствия проявляются на протяжении очень длительного времени, если учесть, насколько медленно растут те же сосны.

Шум влияет на долголетние растения. Последствия воздействия шума на деревья могут продолжаться в течение нескольких десятилетий даже после исчезновения источника этого шума.

Вопросы для самоконтроля

1) Как влияет шум и звук на растения, в чём особенность? 2) Почему шум влияет на растения опосредованно, приведите примеры.

Источники информации

1. Агропромышленный портал. Как антропогенный шум влияет на растения [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.agroxxi.ru/zhurnal-agroxxi/novosti-nauki/kak-antropogenyi-shum-vlijaet-na-rastenija.html> (дата обращения 23.03.2017 г.).
2. Как влияет шум на растения [Электронный ресурс]. – URL: <http://ecovoice.ru/blog/science-technology/4120.html> (дата обращения 23.03.2017 г.).
3. Растениеводство. Губительное влияние шума на растения [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.drugsbrand.info/fakt/gubitelnnoe-vliyanie-shuma-na->

Шум и его влияние на рыб. Интересным фактом в анатомии рыб является наличие органов слуха. Отсутствие внешне выделенных органов слуха, таких как у других млекопитающих, заставляло ученых до тридцатых годов XX века считать рыб глухими существами. Но длительные наблюдения за поведением уклейек, карпов и сомов позволили сделать вывод, что рыбы слышат, и слух имеет огромное значение в их жизнедеятельности.

У рыб существует две системы, способные воспринимать звуковые сигналы, – это, так называемое, внутреннее ухо и органы боковой линии. Внутреннее ухо расположено внутри головы и способно воспринимать звуки частотой от 10 Гц до 10 кГц. Оно состоит из трех полукружных каналов с ампулами овального мешочка и круглого мешочка с выступом (лагеной), рисунок 15.

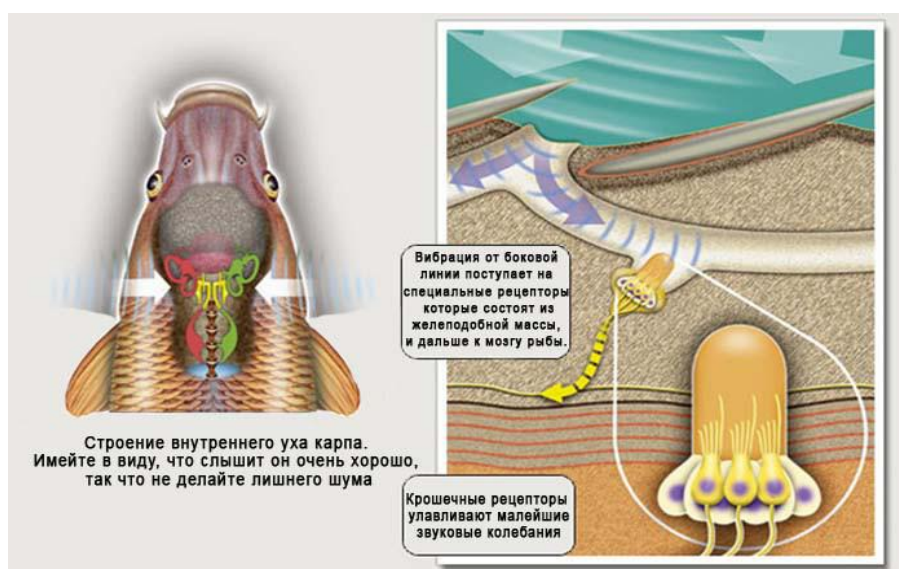


Рис. 15. Особенности слухового аппарата рыб

Внутреннее ухо связано с плавательным пузырем посредством цепи специальных косточек, что значительно повышает чувствительность слуха, и расширяет диапазон воспринимаемых частот.

Боковая линия воспринимает сигналы только низкой частоты – от 1 до 600 Гц и выглядит как цепочка маленьких отверстий, проходящих от головы к хвосту вдоль тела карпа. Внутри отверстий имеются волоски, соединенные с нервными окончаниями, которые передают импульсы низких звуков в мозг рыбы.

С помощью «головных ушей» рыбы чувствуют звуки на большом расстоянии, рисунок 15, а с помощью боковой линии – тонко анализируют акустическую ситуацию вблизи источника звука.

Характеризуя слуховые возможности карпа можно привести следующие примеры: карп способен услышать колебания, создаваемые копошащимся в иле мотылем с расстояния в 10 метров, а с помощью боковой линии, определяет

скопления зарывшихся в ил или песок перловиц – любимого своего лакомства, ориентируясь по ничтожным вибрациям кровеносной системы моллюсков! Следует также помнить, что карп не любит шума и старается избегать шумных мест.

Даже прикармливания точки ловли, а это довольно шумный процесс, вызванный падением в воду шаров прикормки, кормушки – пугает рыбу, не зависимо от того, что в воду попадает вкусная и полезная для карпа пища! Как показывает практика, только через полчаса, а иногда и больше на закармливаемое место приходит карп, выждав и убедившись, что в шумном месте нет для него опасности.

Вопросы для самоконтроля

1) Какой частоты звуковые сигналы принимают рыбы? 2) На каком расстоянии проявляется чувствительность слуха у рыбы?

Источники информации

1. Ле, Ю. Немного об анатомии и строении карпа. [Электронный ресурс]. – URL: <http://feederist.ru/lovlja-karpa/94-anatomija-i-stroenie-karpa> (дата обращения 28.08.17).

Адаптация насекомых к шуму. Кузнечики производят низкочастотные звуки с помощью задних ног, которые трут о крылья, в результате получаются довольно громкие "песни", рисунок 16.

Немецкие исследователи из Университета Билефельда поймали 188 самцов кузнечиков, обитающих в тихой и шумной среде, и сделали записи 1 тысячи звуков, которые самцы производили в ответ на звуки самок. Ученые сообщили, что кузнечики, живущие у дорог, меняют часть своих песен, которую заглушает шум автомобилей. Кузнечики вида *Chorthippus biguttulus*, которые были предметами исследований, "распевают песни", состоящие из компонентов высоких и низких частот. Ученые выяснили, что насекомые, которые обитают в шумной среде, увеличивают громкость низкочастотной части песни, что имеет смысл, так как шум дорог заглушает сигналы этого частотного спектра.



Рис. 16. Богомол (слева) и кузнечик (справа)

Повышенные уровни шума влияют на ухаживание кузнечиков. Шум не дает самкам нормально слышать звуки привлекающих их самцов, поэтому самки не могут узнать и найти самцов своего вида или оценить, насколько самец привлекателен для них, судя по его песням.

Транспортный шум меняет звуки насекомых. Кузнечики *Chorthippus biguttulus* – распространенный вид Центральной Европы. Взрослые особи появляются с июля по сентябрь, предпочитают сухие луга. Песни самцов состоят из 2-3 куплетов, длящихся 1 секунду. Начало песни характеризуется медленными тикающими звуками, которые увеличиваются в скорости и амплитуде, в результате чего получается жужжащий звук в конце песни.

На звуки, издаваемые ласточкой, реагируют изменением поведения клещи *Ornithodoros concannensis*, тогда как *Rhipicephalus sanguines* начинают охоту при звуках собачьего лая. Наиболее подробно изучены факторы поведения *Ixodes persulcatus* (здесь и далее используются данные из книги «Таежный клещ...», 1985).

Использование в качестве раздражителей механических воздействий (имитация шума шагов, шум кустов при протаскивании через них предмета, сравнимого с человеком, дрожание садка) в подавляющем большинстве случаев не дало эффекта активации клещей.

Эти данные расходятся с классическим представлением о том, что первым фактором, обеспечивающим активацию клещей при приближении к добыче, являются механические колебания почвы или субстрата, на котором сидит клещ.

Вопросы для самоконтроля

1) Как транспортный шум влияет на кузнечиков. 2) В чем заключаются противоречия в оценке реакции паукообразных на звуковые колебания.

Источники информации

1. Транспортный шум меняет звуки насекомых. [Электронный ресурс]. – URL: <https://realfacts.ru/index.php?newsid=3235> (дата обращения 28.08.17).
2. Елизаров Ю.А., Васюта А.А. Дистантная ориентация клещей *Ixodes persulcatus* на привлекающие факторы добычи / Паразитология. X. 2. – М.: Кафедра энтомологии МГУ, 1976. – С.136-141.
3. Комплекс рецепторов и органов чувств у клещей. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.zoofirma.ru/knigi/sistema-klesch-vozbuditel/5851-kompleks-retseptorov-i-organov-chuvstv-kleschej.html> (дата обращения 28.08.17).

1.5 Нормирование шума

В нормировании шума используются следующие термины и определения:

а) уровень звукового давления, L_p , дБ – это десять десятичных

логарифмов отношения квадрата звукового давления к квадрату опорного звукового давления, равного 20 мкПа;

б) эквивалентный уровень звукового давления, $L_{p,eqT}$, дБ – это десять десятичных логарифмов отношения квадрата звукового давления к квадрату опорного звукового давления на заданном интервале времени;

в) уровень звука с частотной коррекцией А (уровень звука А), дБА – десять десятичных логарифмов отношения квадрата среднеквадратичного звукового давления, измеренного с использованием стандартизированной частотной коррекции А, к квадрату опорного звукового давления. Для определения характера шума уровни звука А измеряют с временными коррекциями S (медленно, $\phi = 1$ с) и I (импульс, $\phi = 40$ мс);

г) эквивалентный уровень звука с частотной коррекцией А (эквивалентный уровень звука А), $L_{p,Aeq,\tau}$, дБА – десять десятичных логарифмов отношения квадрата среднеквадратичного уровня звука А к квадрату опорного звукового давления на заданном интервале времени, который рассчитывается по формуле:

$$L_{p,A,eq\tau} = 10 \lg \left[\frac{\frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} p_A^2(t) dt}{p_0^2} \right] \quad (17)$$

е) максимальный уровень звука А, $L_{p,Amax}$, дБА – это наибольшая величина уровня звука, измеренная на заданном интервале времени со стандартной временной коррекцией;

ж) функция временной коррекции – это стандартная экспоненциальная функция времени для квадрата мгновенного звукового давления при операции усреднения по времени (по межгосударственному стандарту). В шумомерах применяют стандартные временные коррекции S (медленно, $\phi = 1$ с), F (быстро, $\phi = 125$ мс), I (импульс, $\phi = 40$ мс). Их также называют постоянными времени усреднения;

з) пиковый скорректированный по С уровень звука (уровень звука С), $L_{p,Cpeak}$, дБС – это десять десятичных логарифмов отношения квадрата пикового звукового давления, измеренного с использованием стандартизированной частотной коррекции, к квадрату опорного звукового давления.

Нормируемые показатели и параметры

Уровни звукового давления в октавных полосах со среднегеометрическими частотами (Гц): 31,5; 63; 125; 250; 500; 1 000; 2000; 4000; 8000

не являются нормируемыми параметрами!

рассматриваются как справочные параметры, которые могут использоваться для подбора СИЗ, разработки мер профилактики, решения экспертных вопросов связи заболевания с профессией и так далее; могут измеряться и отражаться в протоколе измерения.

Нормируемыми показателями шума являются!

а) эквивалентный уровень звука A за рабочую смену (за время измерения), б) максимальные уровни звука A , измеренные с временными коррекциями S и I , в) пиковый уровень звука C .

Превышение любого нормируемого параметра считается превышением ПДУ.

Нормативным эквивалентным уровнем звука на рабочих местах (за исключением рабочих мест, для отдельных отраслей (подотраслей) экономики допускается эквивалентный уровень шума на рабочих местах от 80 до 85 дБА при условии подтверждения приемлемого риска здоровью работающих по результатам проведения оценки профессионального риска здоровью работающих, а также выполнения комплекса мероприятий, направленных на минимизацию рисков здоровью работающих.), является 80 дБА.

Максимальные уровни звука A , измеренные с временными коррекциями S и I , не должны превышать 110 дБА и 125 дБА соответственно. Пиковый уровень звука C не должен превышать 137 дБС.

Для отдельных отраслей (подотраслей) экономики допускается эквивалентный уровень шума на рабочих местах от 80 до 85 дБА при условии подтверждения приемлемого риска здоровью работающих по результатам проведения оценки профессионального риска здоровью работающих, а также выполнения комплекса мероприятий, направленных на минимизацию рисков здоровью работающих. В случае превышения уровня шума на рабочем месте выше 80 дБА, работодатель должен провести оценку риска здоровью работающих и подтвердить приемлемый риск здоровью работающих. Работы в условиях воздействия эквивалентного уровня шума выше 85 дБА не допускаются. При воздействии шума в границах 80 - 85 дБА работодателю необходимо минимизировать возможные негативные последствия путем выполнения следующих мероприятий:

а) подбор рабочего оборудования, обладающего меньшими шумовыми характеристиками;

б) информирование и обучение работающего таким режимам работы с оборудованием, которое обеспечивает минимальные уровни генерируемого шума;

в) использование всех необходимых технических средств (защитные экраны, кожухи, звукопоглощающие покрытия, изоляция, амортизация);

г) ограничение продолжительности и интенсивности воздействия до уровней приемлемого риска;

д) проведение производственного контроля виброакустических факторов;

е) ограничение доступа в рабочие зоны с уровнем шума более 80 дБА работающих, не связанных с основным технологическим процессом;

ж) обязательное предоставление работающим средств индивидуальной защиты органа слуха;

з) ежегодное проведение медицинских осмотров для лиц, подвергающихся шуму выше 80 дБ.

Действующие санитарные нормы (в России более 80) регламентируют слышимый шум применительно к пяти типам территорий с учетом времени

суток:

- ✓ рабочая зона (различные виды профессий в зависимости от условий труда);
- ✓ социальные учреждения (внутренние помещения и прилегающие территории);
- ✓ образовательные (внутренние помещения и прилегающие территории);
- ✓ медицинские (внутренние помещения и прилегающие территории);
- ✓ жилая зона (внутренние помещения и прилегающие территории).

Инфразвук. Действующие санитарные нормы регламентируют инфразвук применительно к трем категориям территорий, таблица 7. Максимальный текущий общий уровень инфразвука не должен превышать 120 дБ. Степень проявления инфразвука оценивается по разности общего уровня звукового давления, измеренного по шкалам «линейная» и «А» шумометра: 6-10 дБ – признаки наличия инфразвука; 11-20 дБ – выражен умеренно; 21-30 – выражен; более 30 дБ – инфразвук значительный.

Инфразвук - колебания упругой среды с частотой $f < 20$ Гц. Инфразвуковые волны распространяются в воздушной и водной среде, а также в земной коре (в этом случае их называют сейсмическими и их изучает сейсмология). К инфразвукам относятся также низкочастотные колебания крупногабаритных конструкций, в частности, транспортных средств, зданий.

Таблица 7

Предельно допустимые уровни инфразвука

Назначение помещений	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц				Общий уровень звукового давления, дБ <i>Лин</i>
	2	4	8	16	
Рабочая зона					
- средства транспорта	110	105	100	95	110
- физическая работа	100	95	90	85	100
- интеллектуальная работа	95	90	85	80	95
Территория жилой застройки	90	85	80	75	90
Помещения жилых зданий	75	70	65	60	75

Основная особенность инфразвука, обусловленная его низкой частотой, - это малое поглощение. При распространении в глубоком море и в атмосфере на уровне земли инфразвуковые волны частоты 10-20 Гц затухают на расстоянии 1000 км не более чем на несколько дБ. Из-за большой длины волны на инфразвуковых частотах мало и рассеяние звука в естественных средах; заметное рассеяние создают лишь очень крупные объекты – холмы, горы, крупные здания и др. Вследствие малого поглощения и рассеяния инфразвук может распространяться на очень большие расстояния. Известно, что звуки извержения вулканов, атомных взрывов могут многократно обходить вокруг земного шара, сейсмические волны могут пересекать всю толщу Земли. По этим же причинам инфразвук почти невозможно изолировать, и все

звукопоглощающие материалы теряют свою эффективность на инфразвуковых частотах.

Источниками инфразвука, связанными с человеческой деятельностью, являются взрывы, оружейные выстрелы, ударные волны от сверхзвуковых самолётов, акустическое излучение реактивных двигателей и др. Всякий очень громкий звук несёт с собой, как правило, и инфразвуковую энергию. Характерно, что излучением инфразвука сопровождается процесс речеобразования. Существенный вклад в инфразвуковое загрязнение среды дают транспортные шумы как аэродинамического, так и вибрационного происхождения.

Для инфразвука характерно малое поглощение в различных средах, вследствие чего инфразвуковые волны в воздухе, воде и в земной коре могут распространяться на очень далёкие расстояния. Поскольку инфразвук слабо поглощается и распространяется на большие расстояния, он может служить предвестником бурь, ураганов, цунами.

Распространение инфразвука в воздушной среде происходит на большие расстояния от источника излучения, в связи с малым поглощением его энергии. Мощным источником инфразвука является автомобиль который движется со скоростью 65 км/час и выше.

Источники инфразвука могут иметь механическую (вентиляторы, поршневые компрессоры, машины и механизмы, работающие с числом оборотов рабочих циклов менее 20 в секунду) или аэродинамическую природу (движение больших потоков газов или жидкостей).

Действие на человека проявляется в ощущении вращения, раскачивания, непроизвольном повороте глазных яблок, чувстве тревоги, страха (вплоть до паники), боли в ушах, нарушения чувства равновесия. Причина этого заключается в том, что внутренние органы человека имеют собственные частоты $\sim 6 - 8 \text{ Гц}$. Совпадение этих частот с частотами инфразвука приводит к резонансу. При $L \sim 150 \text{ дБ}$ – отмечается негативное влияние на органы пищеварения, функции мозга, ритм сердечных сокращений и дыхания, что может приводить к слабости, обморокам, потере зрения и слуха.

По СН 22-74-80 инфразвук нормируется в октавных полосах $f_{сз} = 2, 4, 8, 16 \text{ Гц}$ -не более 105 дБ, на частоте $f_{сз} = 32 \text{ Гц}$ -не более 102 дБ.

Защита от инфразвука. Большая длина волны позволяет инфразвуку распространяться на десятки тысяч км. Невозможно остановить инфразвук с помощью строительных сооружений. Защита от инфразвука может сводиться к ослаблению инфразвука в источнике, устранение причин возникновения, увеличение частот до $f > 20 \text{ Гц}$, СИЗ, медицинская профилактика, методами:

1. Амортизация – уменьшение количества вибрации, передаваемой в звукопроводящую твердую среду, которая сможет стать резонатором инфразвука из-за своих размеров.

2. Отказ от строительства параллельных стенок больших площадей и длин, что может вызвать полуволновой воздушный резонанс.

3. Устройство канав между строениями и НЧ установками, которые отражают часть энергии.

При этом нужно учитывать, что инфразвук является носителем биологической информации, поддерживающий жизненно важные взаимосвязи организмов на планете. Как эта информация переносится инфразвуковыми волнами – вопрос малоизученный в связи с тем, что проведение научных изысканий требует создания специальных приборов для фиксации данного явления. Принцип создания такого научного инструментария лежит в плоскости синтеза технологии и биологии, например, за основу могут быть взяты биоиндикационные принципы изучения окружающей среды с последующей корреляцией пороговых значений приборов для приведения данных в числовое выражение при помощи математического анализа и прогноза. Безусловно, что инфразвуковые волны, генерируемые планетой Земля при испытываемых внешних (генерация инфразвука в околоземном пространстве при смене погоды) и внутренних вращениях (нисходящие и восходящие мантийные процессы), являются информационной основой адаптации и устойчивого существования экосистемы планетарного масштаба как единого большого организма живой и неживой природы. Судя по всему, микро- и макроорганизмы находятся под влиянием стохастических (могут возникать) и детерминированных (влияют непосредственно) эффектов в связи с действием длинных волн планетарного происхождения.

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое инфразвук? Назовите источники инфразвука. 2. Каково воздействие инфразвука на человека? 3. Как осуществляется нормирование инфразвука? 4. Назовите методы и средства защиты от инфразвука.

Источники информации

1. Резчиков Е.А., Носов В.Б., Щербак Е.Г. Безопасность жизнедеятельности: Учебное пособие. Ч. 2. М.: МТИУ. 1997. С. 255.
2. Долин П.А. Справочник по технике безопасности. 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоиздат, 1982. – 800 с.
3. Жуков А.И., Иванников А. Н., Фрайман Б.Я. О необходимости изучения пространственной структуры звукового поля при оценке действия низкочастотного шума. «Борьба с шумом и звуковой вибрацией». – Москва, 1989. – С. 53-59.
4. Сокол Г. И. Особенности акустических процессов в инфразвуковом диапазоне частот. – Днепропетровск: Проминь, 2000. – 143 с.
5. Fraiman B., Voronin A., Fraiman E. The alternative mechanism of the infrasound influence on organism."Noise and Man –93. 6-th Internationale Congress. Nice, France. – 1993. – V. 2. – P. 501-504.

Ультразвуком называют механические колебания и волны, частоты которых более 20 кГц. Верхний предел ультразвуковых частот условно считают равным 10^9 10^{10} Гц. В некоторых источниках принято определять ультразвук в

диапазоне от 20 кГц до 1 ГГц, а свыше 1 ГГц – гиперзвук, но это вопрос терминологии.

Предельно допустимый уровень (ПДУ) ультразвука, таблицы 8-9, - это уровень, который при ежедневной (кроме выходных дней) работе, но не более 40 часов в неделю, в течение всего рабочего стажа не должен вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений. Соблюдение ПДУ ультразвука не исключает нарушение здоровья у сверхчувствительных людей.

Предприятия и транспорт, как источники излучения ультразвука, не рассматриваются по отношению к прилегающей территории. Это объясняется тем, что высокочастотные колебания быстро затухают в газообразной среде, т.е. в атмосфере. Следовательно, разработка специальных ПДУ по фактору ультразвука в селитебной зоне не имеет смысла.

Для воздушного ультразвука нормируемыми параметрами установлены эквивалентные уровни звукового давления в децибелах в треть октавных полосах со среднегеометрическими частотами 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100 кГц, измеренные на заданном интервале времени при работе источника ультразвука.

Например, источниками гиперзвука являются кварцевые резонаторы, стоящие в каждом смартфоне. Этот предел определяется межмолекулярными расстояниями, и поэтому зависит от агрегатного состояния вещества, в котором распространяется ультразвуковая волна. Источником ультразвука могут быть как естественные явления, так и искусственные установки - генераторы ультразвука.

Таблица 8

Предельно допустимые уровни воздушного ультразвука на рабочих местах

Среднегеометрические частоты третьоктавных полос, кГц	Уровни звукового давления, дБ
12,5	80
16,0	90
20,0	100
25,0	105
31,5 – 100,0	110

Таблица 9

Предельно допустимые уровни контактного ультразвука для работающих

Среднегеометрические частоты октавных полос, кГц	Пиковые значения виброскорости, м/с	Уровни виброскорости, дБ
16,0 – 63,0	5×10^{-3}	100
125,0 – 500,0	$8,9 \times 10^{-3}$	105
$1 \times 10^3 - 31,5 \times 10^3$	$1,6 \times 10^{-2}$	110

Естественными источниками являются животные, издающие ультразвук (кузнечики, саранча, сверчки, летучие мыши, рисунок 17). Все эти животные воспроизводят ультразвук и воспринимают его специальными рецепторными аппаратами. Например, летучие мыши издают уровень звука с частотой 70-80

кГц. Издаваемые ими колебания отражаются от окружающих предметов и воспринимаются специальными механорецепторами как своеобразные сигналы о лежащих на пути препятствиях. С помощью своего ультразвукового локатора летучие мыши очень точно ориентируются в полете. Ультразвук воспринимают не только летучие мыши и некоторые насекомые, но и дельфины, киты, кошки, собаки, грызуны, лягушки.



Рис. 17. Использование ультразвука летучими мышами

Их слуховой аппарат настроен на более широкий диапазон звуковых колебаний. В приведенной ниже таблице 10, даны верхние границы частот, воспринимаемых некоторыми животными и насекомыми.

Источником ультразвука может быть и неживая природа: шум ветра, водопады, морской прибой. Ультразвук возникает также при работе ракетных и некоторых других двигателей, станков. В технике ультразвук получают с помощью устройств, называемых ультразвуковыми-излучателями (генераторы ультразвука).

Наибольшее распространение получили электромеханические излучатели, основанные на явлениях магнитострикционного эффекта и обратного пьезоэлектрического эффекта.

Ультразвук – звуковые колебания с частотой > 20 кГц (20000 Гц) – имеет ту же природу, что и шум. Может распространяться по воздуху и твердых средах. Контакт человека с ультразвуком осуществляется через воздух или непосредственно от вибрирующей поверхности (инструмента, аппарата и других возможных источников). Ультразвуковая техника и технология широко применяется в различных отраслях народного хозяйства (пайка, сварка, лужение, механическая обработка и обезжиривание деталей и т.д.).

Ультразвук может распространяться узконаправленными лучами, создавая на небольшой площади высокие ультразвуковые давления. $F=18-30$ кГц (18000÷30000 Гц). $I=60-70$ кВт/м² (I- интенсивность).

Верхняя граница частот ($\kappa\Gamma\text{ц}$), воспринимаемых органом слуха некоторых животных и насекомых

Орган слуха:	Частота, $\kappa\Gamma\text{ц}$	Орган слуха:	Частота, $\kappa\Gamma\text{ц}$
чайки	8	кузнечик	100
лягушки	30	летучие мыши	150
собаки	60	бабочки	160
кошки	100	дельфины	200

Воздействие ультразвука на человека оценивается теми же физическими параметрами, что и шум. Нормирование. Ультразвук несколько слабее влияет на органы слуха, но оказывает большее влияние на вестибулярный аппарат, на сердечно-сосудистую систему, периферийную нервную систему и на систему терморегуляции. Ультразвук нормирует ГОСТ 12.1.001-89 ССБТ в одну треть октавных полос частот.

Допустимые уровни ультразвуков следующие:

1/3 – октавные среднегеометрические частоты, $\kappa\Gamma\text{ц}$	12,5	16	20	25	31,5-100
Допустимые уровни звукового давления, дБ	80	90	100	105	110

Методы защиты от ультразвука: 1) Уменьшение в источнике. Осуществляется путем повышения рабочих частот оборудования; 2) На пути распространения – методами звукоизоляции и звукопоглощения; 3) Локализация источника; 4) Индивидуальные средства защиты. Создание участков среды с разной плотностью вызывает сильное отражение ультразвука, например, даже незначительная воздушная прослойка не позволяет ультразвуковому сигналу проникать в тело человека, поэтому на излучатели УЗИ наносят смазку близкую по плотности к человеку.

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое ультразвук? Назовите источники ультразвука? 2. На какие виды подразделяется ультразвук? 3. Каково воздействие ультразвука на человека? 4. Как осуществляется нормирование ультразвука? 5. Назовите методы и средства защиты от ультразвука.

Источники информации

1. Резчиков Е.А., Носов В.Б., Щербак Е.Г. Безопасность жизнедеятельности: Учебное пособие. – Ч. 2. – М.: МТИУ, 1997. – 255 с.
2. Долин П.А. Справочник по технике безопасности. 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоиздат, 1982. – 800 с.
3. Матаушек И. Ультразвуковая техника / И. Матаушек: пер. с нем. – М., 1962.

4. Шутилов, В.А. Основы физики ультразвука / В.А. Шутилов. - М.: Книга по Требованию, 2012. – 280 с.
5. Рассел, Джесси Ультразвук / Джесси Рассел. – М.: VSD, 2012. – 644 с.
6. ГОСТ 12.1.003-83. ССБТ. Шум. Общие требования безопасности
7. ГОСТ 12.1.029-80. ССБТ. Средства и методы защиты от шума.
8. Иванов Н.И. Инженерная акустика. Теория и практика борьбы с шумом: 3-е изд. перераб. и доп. – М.: Логос, 2013. – 432 с.
9. СН 2.2.4/2.1.8.583-96 Инфразвук на рабочих местах, в жилых и общественных помещениях и на территории жилой застройки.
10. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки»
11. Гигиена труда : учебник / Под ред. Н.Ф. Измерова, В.Ф. Кириллова. – М., 2010. – 592 с.
12. Куклев Ю.И. Физическая экология: Учеб. Пособие / Ю.И. Куклев. 3-е изд., доп. – М.: Высш. Шк., 2008. – 392 с.
13. СанПиН 2.2.4/2.1.8.582-96. 2.2.4. Физические факторы производственной среды. 2.1.8. Физические факторы окружающей природной среды. Гигиенические требования при работах с источниками воздушного и контактного ультразвука промышленного, медицинского и бытового назначения.

ГЛАВА II. КЛАССИФИКАЦИЯ ИСТОЧНИКОВ ШУМА

2.1 Природные источники шума



Водопад Виктория на реке Замбези называется у местного населения «мози-оа-тунья», или «дым, который шумит». Название «Ниагара» на языке североамериканских индейцев означает «высоты грозного шума». Оба эти названия говорят о том, что при виде водопада человека поражает не только зрелище падения огромной массы воды, но и соответствующий ему звуковой эффект.

При наличии в приземном слое атмосферы высокой влажности и мощной

температурной инверсии создаются благоприятные условия для сильного преломления и концентрации звуковых лучей вдоль речной долины, как акустического волновода. В этом случае возможны явления типа акустического миража, и дальность слышимости шума водопада резко возрастает. Статистика наблюдений показывает, что ночью шум водопадов слышен в среднем в 3...4 раза дальше, чем днем. Шум водопада Виктория во время половодья (март – июнь) ночью и при отсутствии маскирующих шумов отчетливо слышен в аэропорту, расположенном в одиннадцати километрах от водосброса.

Огромная масса воды Ниагары низвергается с высоты в 50 м и развивает при этом мощность примерно в 4 млн лошадиных сил. На возбуждение акустических колебаний затрачивается менее 1% этой мощности. Шум Ниагары днем обычно слышен на расстоянии 1,6...2 км, ночью же дальность его слышимости может достигать 6...7 км. На расстоянии 57 м от места дробления воды шум Ниагары составляет 87 дБ, у самого же места дробления он настолько оглушителен, что люди буквально не слышат друг друга.

Как показали измерения, у небольшого ручья с расходом воды порядка 0,5...2 л/сек энергия шума распределяется на частоты от 40 Гц до 8 кГц с максимумом в диапазоне 1,6...2 кГц. У водопада с расходом воды 30...40 м³/сек звуковая энергия приходится на тот же диапазон частот, что и для ручья, но максимум смещается к 1 кГц и становится менее острым. У Ниагары при расходе воды в течение суток от 1 500 до 3 000 м³/сек максимум звуковой энергии приходится на диапазон 37...75 Гц. При уменьшении расхода воды происходит небольшое увеличение звуковой энергии Ниагары в диапазоне частот 600 Гц ... 4,8 кГц. Общая величина энергии высоких частот (2,4...4,8 кГц) в шуме этого водопада заметно ниже по уровню в сравнении с низкими частотами (75...150 Гц).

Шум водопадов всегда возникает при вспенивании дробящейся воды, когда в ней образуются и захлопываются пузырьки различных размеров (кавитация). Самая сильная компонента в звуке захлопывающихся пузырьков соответствует частоте их резонанса. Поскольку при дроблении воды могут возникать кавитации различных размеров, акустический спектр дробления охватывает сравнительно широкий диапазон частот. Максимум в этом спектре соответствует наиболее часто встречающимся размерам кавитаций. При диаметре большинства пузырьков в 0,33 см резонансная частота их колебаний равна 2 кГц. Это соответствует максимуму в акустическом спектре ручья. У небольшого водопада при диаметре кавитаций в 0,66 см максимум в акустическом спектре приходится на частоту в 1 кГц. Для максимума в спектре Ниагары диаметр пузырьков должен быть равен 12 см.

У некоторых водопадов за счет отражения звука от высоких прибрежных скал создаются благоприятные условия для резонанса воздушной среды между скалами. В результате шум водопада приобретает индивидуальную окраску.

Шумит не только падающая вода, но и набегающие на берег волны, например, морской прибой. Уже при небольшом ветре возникает волнение моря, и волны чередой накатываются на берег. В зоне прибоя волны отдают энергию, накопленную при движении в морях и океанах. Волны прибоя создают

при ударе о берег давление от 3 000 до 30 000 кг/м^2 и во время сильных бурь могут перемещать глыбы весом до 100 тонн. Возникающие при мощном дроблении водных масс крупные капли поднимаются в высоту до 60 м. Удары волн обрушиваются на берег довольно регулярно со средним периодом 4,8 секунды (при слабом и сильном волнении) и являются причиной возбуждения в атмосфере мощных инфразвуковых колебаний.

Инфразвуки большой энергии с частотой 0,1...0,3 Гц возникают за счет колебания (поднятия и опускания) свободной поверхности воды при волнении. Это происходит на всей затронутой волнением поверхности морей и океанов.

Наряду с инфразвуками, в зоне прибоя порождаются и колебания звукового диапазона за счет дробления воды с образованием кавитаций и перемещения прибрежной гальки. Во время слабого и среднего волнения сила звука прибоя в месте его возникновения составляет 77...82 дБ. При сильном волнении звуки прибоя у скалистых берегов могут усиливаться расположенными в скалах пещерами и выемками. В этом случае получается особенно громкий гул и грохот. В сторону моря зона слышимости прибоя простирается обычно на 300...800 м, в сторону суши, в зависимости от рельефа местности, – на 100...800 м. Спектр шума прибоя подобен спектру шума небольшого водопада.

Многие природные и техногенные явления сопровождаются генерацией инфразвука, рисунок 18.

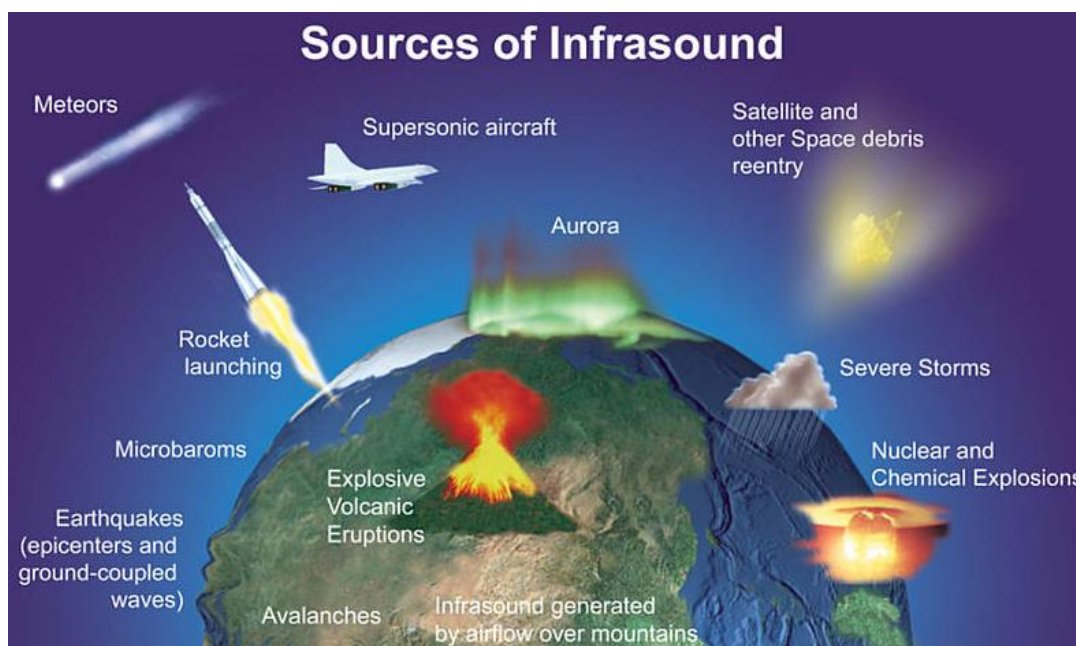


Рис. 18. Источники инфразвука

К таким явлениям можно отнести: Ядерные и химические взрывы. Полеты сверхзвуковых аппаратов. Пуски ракет. Возврат отработанных ступеней ракет в плотные слои атмосферы. Отколы айсбергов, подвижки и растрескивание ледников. Болиды. Полярные сияния. Микробаромы. Извержения вулканов. Землетрясения. Лавины. Переток воздуха через горы.

Инфразвуковые волны затухают медленнее, чем звуковые. Поэтому возможно распространение инфразвука на сотни и даже тысячи километров по

атмосферным волноводам. Это представляет широкие возможности для мониторинга различных явлений и процессов.

Инфразвуковые волны регистрируются при помощи инфразвуковых групп, т.е., систем разнесенных на площади микрофонов или микробарографов. Несколькими такими группами, стационарными и мобильными (переносными) располагает Кольский филиал.

Кольский филиал ведет непрерывный мониторинг инфразвуковых событий Северо-Западного региона. По результатам генерируется автоматический бюллетень. Инфразвуковой метод принят в качестве одного из основных для мониторинга соблюдения Договора о всеобщем запрещении ядерных испытаний. Карта инфразвуковых групп, входящих в Международную систему мониторинга (IMS) показана на рисунке 19.

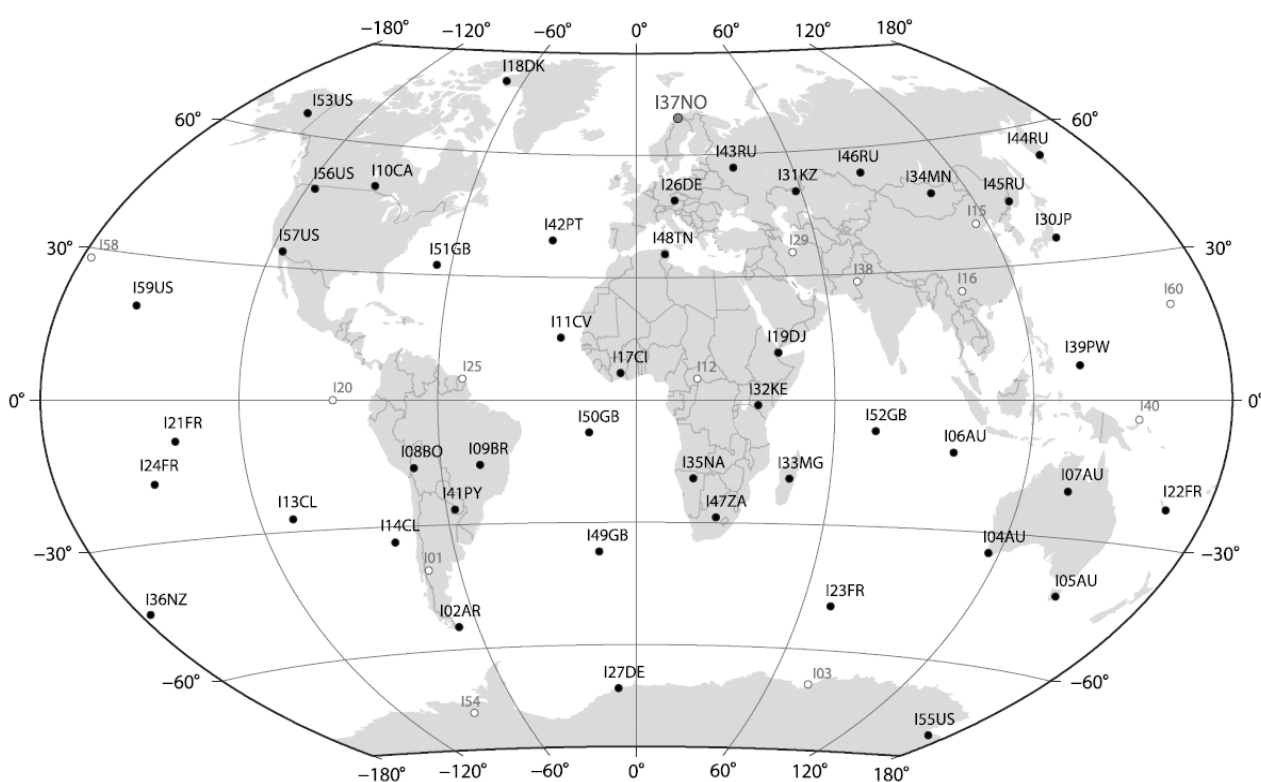


Рис. 19. Карта инфразвуковых групп

Инфразвуковые колебания в атмосфере Земли являются результатом действия многочисленных геосферных процессов и процессов в ближнем космосе. Действие энергии космического происхождения на земные процессы обычно связывают с электромагнитными излучениями и корпускулярными потоками Солнца. Взаимодействие электромагнитного излучения с неоднородностями прозрачности атмосферы может приводить к генерации акустических колебаний в широком диапазоне частот. Важно отметить, что неоднородности прозрачности атмосферы в значительной степени определяются солнечной активностью (СА). Следует ожидать, что в спектре инфразвуковых колебаний атмосферы (ИКА) должна проявляться ритмика СА.

Широко известная связь СА с биосферными процессами может осуществляться через акустический канал.

ИКА связаны также с сейсмической активностью. Причем в этом случае можно рассматривать две ситуации. ИКА могут быть, как внешним воздействием на подготовительные процессы, так и их результатом.

Известно, что интенсивность сейсмических процессов связана с СА. Эта связь была обнаружена при анализе глобальной сейсмичности на Земле и 11-летних циклов СА. Считается, что эта связь осуществляется через циклоническую активность в атмосфере. Однако можно предположить, что СА влияет на интенсивность инфразвуковых волн в атмосфере, которые, в свою очередь, воздействуют на сейсмические процессы. Таким образом, Солнце, межпланетная среда, атмосфера и литосфера представляют собой единую систему, в которой существенную роль в процессах взаимодействия геосфер играют инфразвуковые волны.

Инфразвуковые волны в атмосфере и солнечная активность. Можно выделить несколько источников энергии космического происхождения, порождающих акустические колебания в атмосфере Земли. Это гравитационное воздействие Луны и Солнца, падения метеоров и т.п. Исходя из этого факта, что максимальные значения амплитуд инфразвука наблюдались в моменты снижения СА, была выдвинута гипотеза, что уровень инфразвука в атмосфере зависит от галактических космических лучей (ГКЛ) – реликтовый шум. На рисунке 20 показаны изменения годовой энергии инфразвука и СА за период с 1997 по 2000гг. Максимальная годовая энергия инфразвука наблюдалась в 1997 г, когда СА была в минимуме.

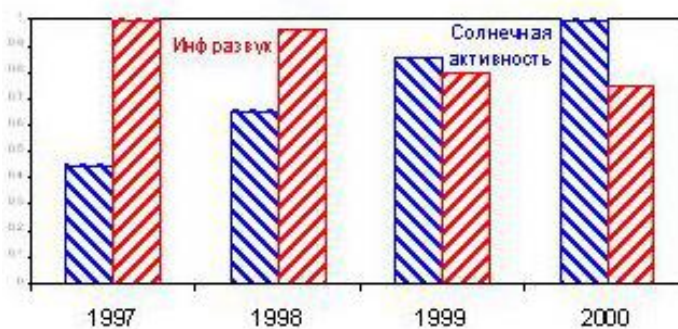


Рис. 20. Энергия инфразвука и солнечная активность в период 1997-2000 гг.

Аналогичное наблюдалось и при кратковременных (5-10 суток) изменениях СА. Измерения инфразвука проводились в Западном региональном центре специального контроля НКАУ в точке с координатами 48°41'N, 26°30'E.

Сценарий связи СА с инфразвуком в атмосфере сводится к следующей схеме (рис. 21). Изменения СА приводят к модуляции ГКЛ. Модулированный поток ГКЛ при взаимодействии с нижней атмосферой изменяет ее прозрачность

путем образования аэрозолей и вариаций малых составляющих атмосферы (NO_x , H_2O , O_3 и др.). Изменения оптической прозрачности приводят к пространственным вариациям поглощения солнечной энергии в атмосфере. Вследствие этого в различных зонах атмосферы образуются температурные градиенты и тепловые неустойчивости, порождающие ИКА. Образовавшийся инфразвук может влиять на флуктуации интенсивности взаимодействия космических лучей с атмосферными аэрозолями.

На рисунке 21 это отображено введением обратной связи. Инфразвуковые колебания могут усилить модуляцию прозрачности и эффект оптико-акустического преобразования в атмосфере.

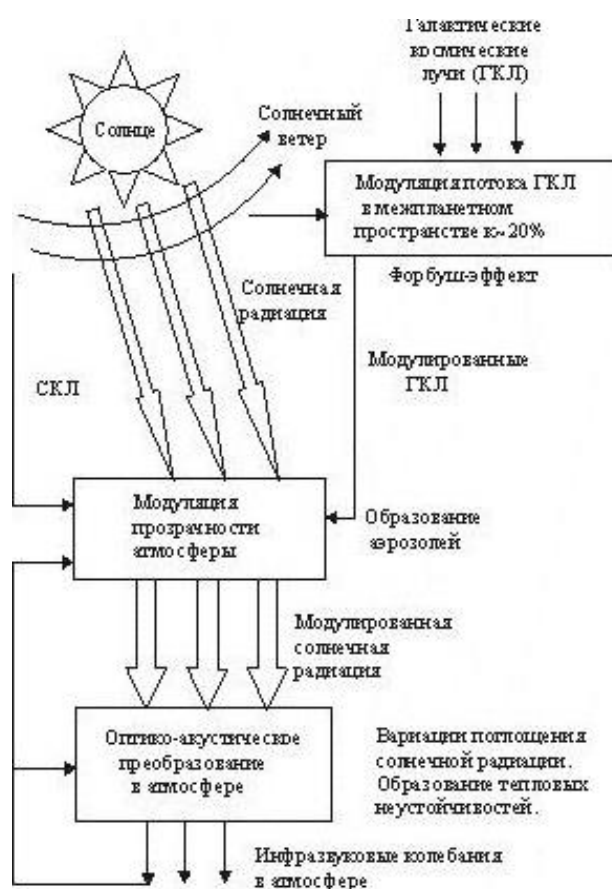


Рис. 21. Схема связи уровня инфразвука в атмосфере с солнечной активностью

Согласно предложенной схеме генерации инфразвука в его спектре должно проявляться солнечное действие.

На рисунке 22 показана спектральная плотность СА и инфразвука. Использованы данные за период 1997-2000гг. Реализации записей инфразвука центрированы и сглажены. Для оценки СА использовался индекс F10.7. Спектральные плотности инфразвука и СА хорошо согласованы в диапазоне периодов 24-35 суток. На более высоких частотах на ИКА наверно оказывает влияние сейсмическая активность. Хорошо выделяются суточный и полусуточный периоды в инфразвуковых колебаниях.

На рисунке 23 а,б показаны графики спектральных плотностей часовых

сумм модулей инфразвука за период ~ 2 месяцев. В «спокойные» периоды проявляются только две гармоники (рисунок 23 а). В межсезонный период при наличии в атмосфере возмущений появляются дополнительные гармоники (рисунок 23 б).

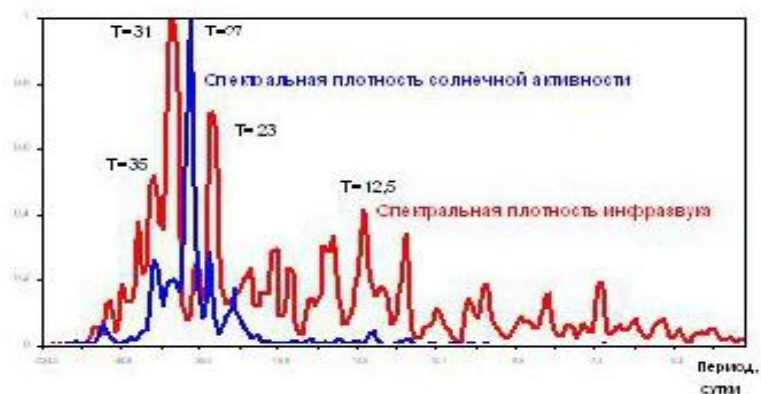
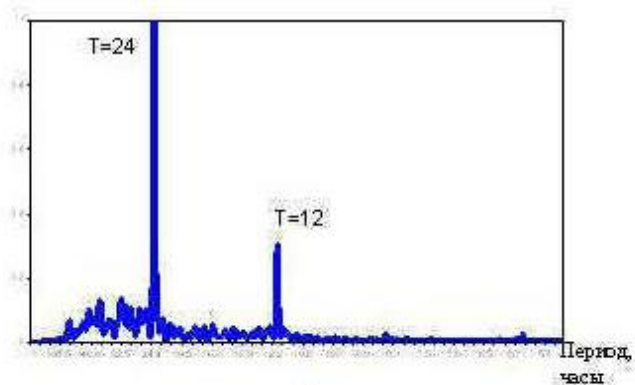
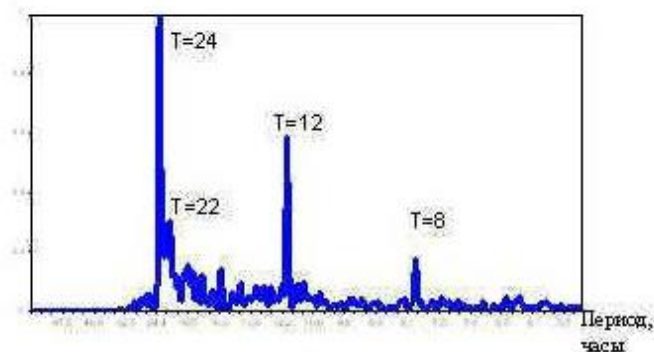


Рис. 22. Спектральная плотность инфразвука и солнечной активности



а)



б)

Рис. 23. Спектральная плотность часовых сумм модулей инфразвука: а) за май - август 1999 г.; б) за сентябрь - ноябрь 1999 г.

Таким образом, спектральный анализ инфразвука показал наличие связи его с СА. Можно предположить, что влияние СА на биосферу может

осуществляться через акустический канал. Экспериментальные исследования показали наличие влияния инфразвука на электропроводность и вязкость растворов. Обнаружено влияние инфразвука на капиллярные процессы.

Связь сейсмической активности с инфразвуком в атмосфере. Вторым фактором, оказывающим значительное влияние на ИКА, является сейсмическая активность. Влияние сейсмической активности на ИКА является очень сложным процессом и не сводится только к поршневому излучению колеблющихся литосферных плит. Здесь необходимо учитывать разнообразные физико-химические процессы, как в литосфере, так и в атмосфере. ИКА могут порождаться газовыми выделениями из трещин литосферы при возрастании сейсмической активности, колебаниями литосферных плит, аэрозольными неоднородностями в атмосфере.

ИКА могут создавать на поверхности Земли знакопеременные напряжения и проникать на значительные глубины в литосферу. Проникая в литосферу инфразвуковые колебания, влияют на скорость перемещения флюидов, теллурические электрические поля и на локальные сейсмические колебания.

Такие процессы происходят на больших территориях и могут оказывать существенное влияние на сейсмическую активность. Таким образом, инфразвук в атмосфере может быть как результатом сейсмических колебаний, так и активно влиять на них. В характере взаимобмена колебательной энергией между литосферой и атмосферой могут проявляться процессы подготовки крупных землетрясений.

Для исследований акустического канала литосферно-атмосферных связей было введено два индекса сейсмической активности. Первый пропорциональный квадрату максимальной магнитуды в данный день в заданном регионе, второй – квадрату суммы магнитуд всех сейсмических событий с магнитудой ≥ 3 за день в заданном регионе. Рассматривалось два региона. Один с размерами по долготе 10° - 45° Е и широте 35° - 60° Н, а второй – по долготе 10° - 55° Е и широте 20° - 60° Н.

Первый и второй регионы включали основные зоны повышенной сейсмичности центральной и восточной Европы, а также Турцию. Измерения инфразвука проводились в точке с координатами $48^{\circ}41'N$, $26^{\circ}30'E$. Был проведен анализ связи сейсмичности с инфразвуком за период 1997-2000гг.

Хорошо согласуются спектральные характеристики инфразвука и сейсмической активности. На рисунке 24 показаны спектральные плотности суточной энергии инфразвука и сейсмической активности за период 1997-2000гг.

Исследования показали, что инфразвуковые колебания “чувствительны” к изменениям сейсмической активности в радиусе до 2000км. Оптимальный размер радиуса этой области находится в пределах 1000-1500км.



Рис. 24. Спектральные плотности инфразвука и индекса сейсмичности за период 1997-2000 гг.

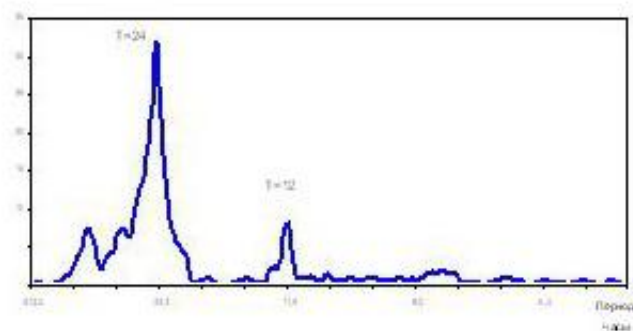
Наибольший интерес представляет анализ ИКА до катастрофических землетрясений в регионе, близком к точке измерения инфразвука.

На рисунке 25 показана динамика изменения спектральной плотности огибающей инфразвука перед катастрофическим землетрясением в Турции 17.08.1999 г. При приближении к моменту землетрясения спектральная плотность инфразвука изменяется, появляется много спектральных составляющих не характерных для “спокойного” периода.

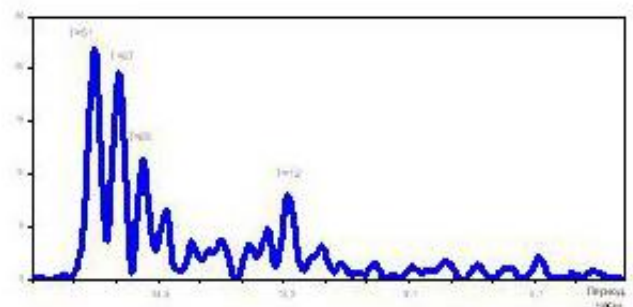
В “спокойное” время в плотности спектра наблюдаются две составляющие с периодами 24 и 12 часов которые, скорее всего, связаны с изменением солнечной радиации (день, ночь). При приближении к моменту землетрясения меняются также и внутрисуточные характеристики инфразвука.

Для анализа сейсмической активности использовались фазовые портреты, широко применяемые в теории динамических систем. На рисунке 26 показаны фазовые портреты сейсмической активности за период 1997-2000 гг. По оси абсцисс отложено значения индекса сейсмической активности (в данном случае проноормированные значения квадрата максимальной магнитуды в заданном регионе). По оси ординат отложена проноормированная производная от функции построенной на значениях индекса сейсмической активности. Как видно из рисунке 26 фазовые траектории притягиваются к компактной области.

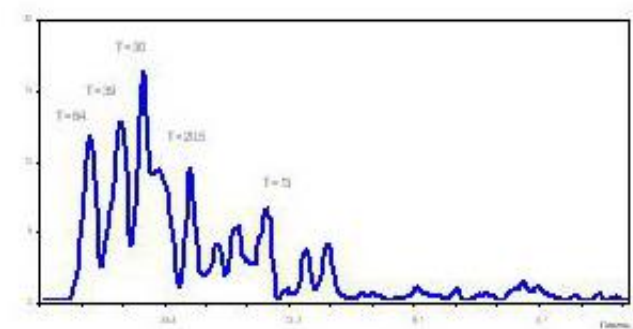
Только при катастрофических землетрясениях фазовая траектория выходит из области притяжения. Причем, выход фазовой траектории из области притяжения и вход в опасную область (на рисунке отмечена вертикальной пунктирной линией) не происходит мгновенно. Это происходит за несколько дней. На рисунке 27 показаны фазовые портреты сейсмической активности и инфразвука до и после катастрофического землетрясения в Турции 17.08.1999 г.



а)



б)



в)

Рис. 25. Динамика изменения спектральной плотности огибающей инфразвука перед и после землетрясения в Турции 17 августа 1999 г.: а) с 29.07.99 г. по 13.08.99 г.; б) с 01.08.99 г. по 16.08.99 г.; в) с 07.08.99 г. по 22.08.99 г.

Фазовый портрет перед землетрясением имеет вид разворачивающейся спирали. После землетрясения фазовая траектория возвращается в область притяжения. Интересно, что и фазовый портрет изменений суточной энергии инфразвука ведет себя подобным образом.

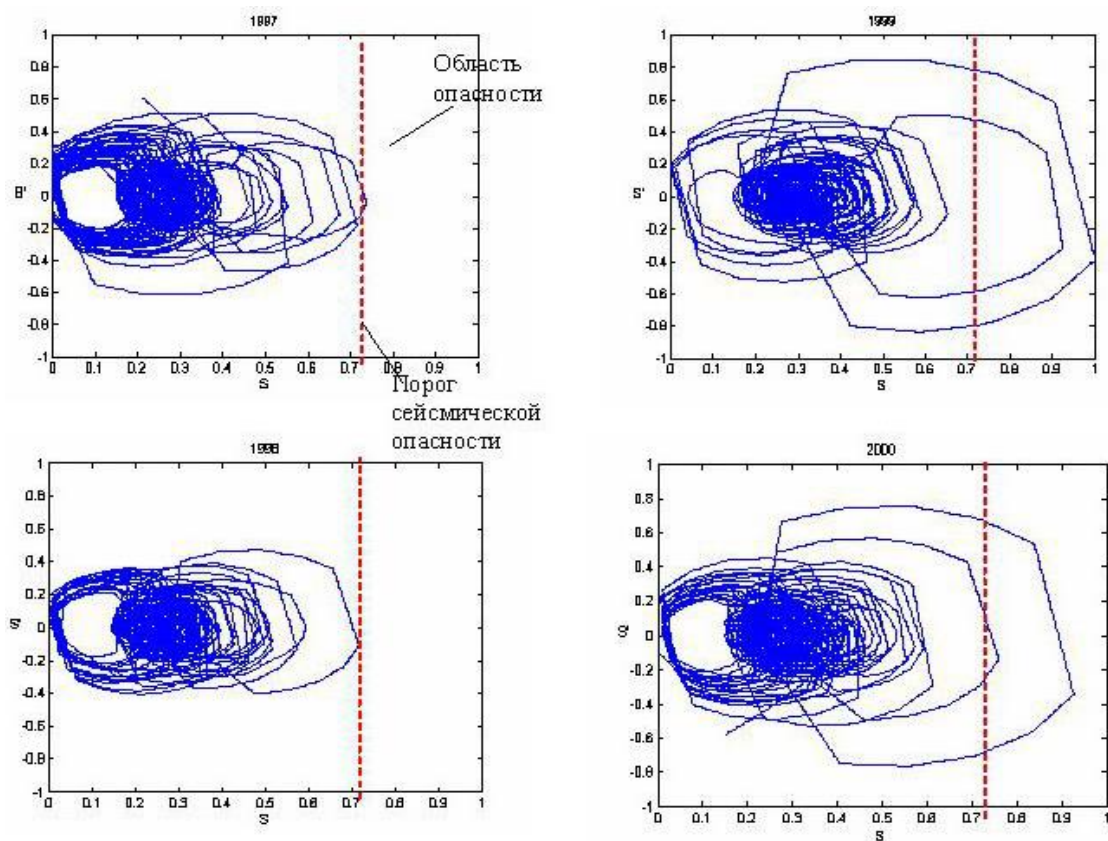


Рис. 26. Фазовые портреты сейсмической активности за период 1997-2000 гг.

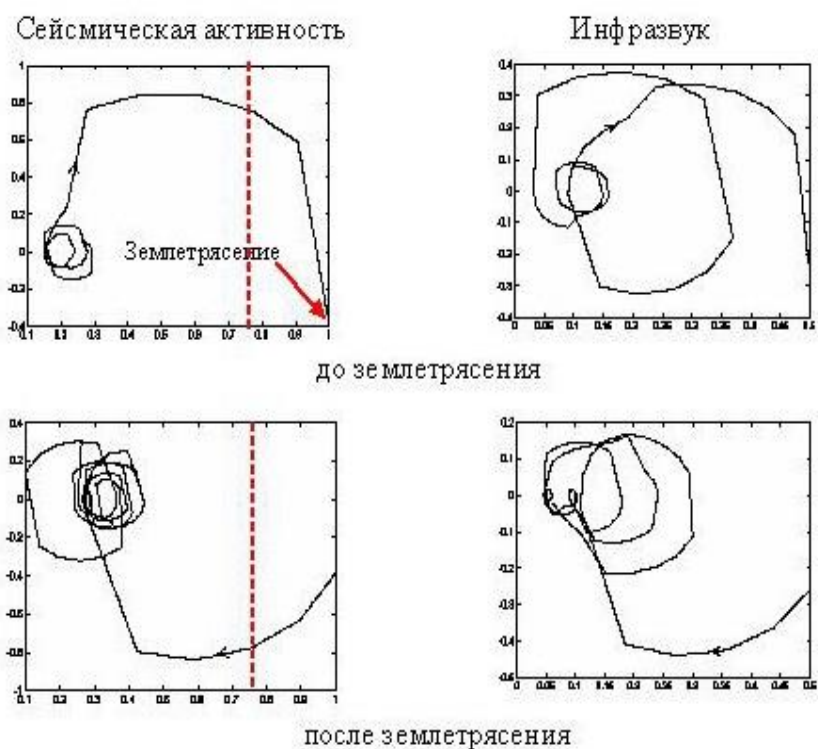


Рис. 27. Фазовые портреты изменений сейсмической активности и инфразвука до и после землетрясения в Турции 17.08.1999 г.

Активные акустические эксперименты в атмосфере. Важным направлением исследования связи ИКА с процессами в геосферах является искусственное акустическое возмущение нижней атмосферы, и последующее наблюдение изменения различных геофизических полей. Для моделирования акустического возмущения использовались крупные наземные взрывы. Таким путем проводились исследования влияния наземных акустических возмущений на ионосферу. Получены убедительные факты, подтверждающие влияние наземных взрывов на ионосферную плазму. Однако в последнее время многие исследователи ставят под сомнение возможность прохождения акустической волны на ионосферные высоты.

Причем под сомнение ставится не сам факт влияния акустических волн в тропосфере на ионосферную плазму, а только прямое прохождение акустической волны в ионосферу. Эти сомнения базируются на большом затухании акустических волн в атмосфере при их вертикальном распространении вследствие экспоненциального падения давления с высотой. Уменьшение давления приводит к увеличению амплитуды волны, преобразования ее профиля в треугольный и, соответственно, появлению нелинейных механизмов диссипации энергии.

Целью данного направления работ является поиск возможных механизмов, объясняющих появление электромагнитных откликов при наземном акустическом возмущении и создание аппаратных средств для проведения экспериментальных исследований. Для проведения исследований влияния наземных акустических возмущений на систему атмосфера-ионосфера было создано два акустических стенда: стационарный (рисунок 28 а) и мобильный (рисунок 28 б).

Созданное оборудование позволило значительно удешевить (в тысячи раз) эксперименты по сравнению с взрывными методами акустического возбуждения ионосферы. На стационарном акустическом стенде были проведены обширные экспериментальные исследования и установлены основные закономерности электромагнитных откликов на акустические возмущения атмосферы.

На рисунке 29 показаны типичные изменения геомагнитных вариаций в диапазоне 1-40 Гц. На графиках представлена энергия сигнала магнитометра в диапазоне 1-40 Гц до и после акустического возмущения. Характер сигналов изменялся на длительное время. Причем, в одних случаях энергия сигнала возрастала (рисунок 29 б), в других падала (рисунок 30 а). Эти сигналы не укладываются в известную модель Гальперина-Хаякавы. Уменьшение сигнала после акустического возмущения невозможно объяснить наличием в атмосфере только механизма усиления.



Рис. 28. Стационарный (а) и мобильный (б) акустические излучатели для проведения активных экспериментов в атмосфере

Для объяснения такого странного поведения сигналов-откликов была выдвинута гипотеза, что в атмосфере существуют свои собственные генераторы инфразвука. В одних случаях, при внешнем акустическом воздействии, они усиливают генерирование инфразвука, а в других – внешнее акустическое воздействие разрушает атмосферные генераторы. В атмосфере существует своеобразный акустический «триггерный» механизм. Для этого необходимо предположить, что в атмосфере есть скрытая энергия. Действительно, атмосферу нельзя рассматривать как пассивную среду, состоящую из смеси газов. В атмосфере идут химические реакции, фазовые переходы воды, ионизация под действием солнечного излучения и выветривания радиоактивной пыли с поверхности Земли. Все эти процессы приводят к пространственным вариациям выделения и поглощения энергии в атмосфере и образованию тепловых неустойчивостей. Пространственные тепловые неоднородности в определенных условиях могут приводить к генерации в атмосфере инфразвука. Локальные изменения атмосферной среды при воздействии внешней акустической волны может привести к дополнительному выделению тепловой энергии и, соответственно, к усилению генерирования акустических волн.

В этой ситуации происходит перекачка энергии из среды в акустическую волну. Этот процесс можно рассматривать как своеобразный акустический «лазер». Следует отметить, что частота атмосферных акустических колебаний, вызванных внешним акустическим воздействием не будет совпадать с частотой воздействия.

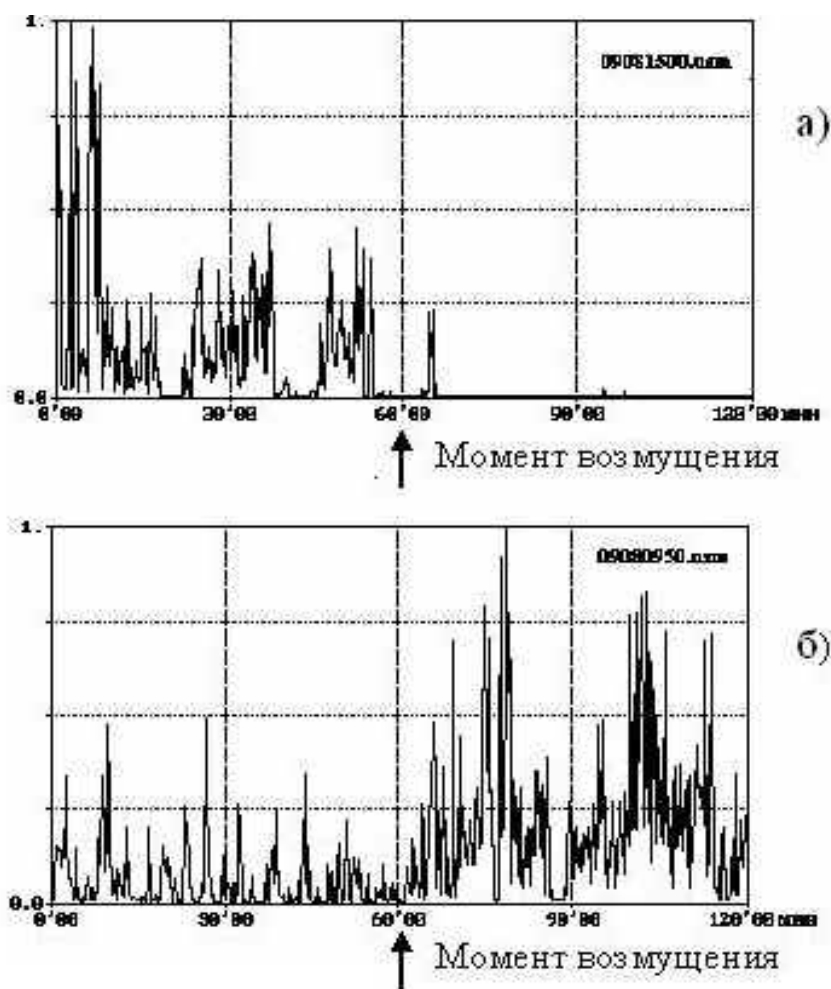


Рис. 29. Изменение распределения энергий геомагнитных вариаций в диапазоне 1-40 Гц до и после акустического возбуждения на 60 минут от начала записи

Внешнее акустическое воздействие является «спусковым крючком» для запуска крупномасштабных атмосферных процессов. При этом происходит перекачка энергии из внутренних резервуаров атмосферы в акустические колебания. В определенных ситуациях внешнее акустическое воздействие может разрушать атмосферные генераторы. В этом случае должен уменьшаться уровень инфразвука и, соответственно, уменьшаются электромагнитные сигналы-отклики. Предложено три возможных механизма усиления инфразвука в атмосфере.

Были проведены натурные эксперименты по наблюдению атмосферного инфразвука до и после мощного акустического воздействия длительностью 1-3 мин. Мобильный акустический излучатель с энергоприводом 560кВт был установлен на расстоянии ~300м от системы измерения инфразвука. Были обнаружены характерные изменения амплитуды инфразвука и геомагнитных вариаций до и после акустического возмущения (рисунок 30). Кратковременное акустическое воздействие приводило к возрастанию амплитуды инфразвука (рисунок 30б), или к уменьшению (рисунок 30 а). Синхронные измерения

геомагнитных вариаций показали, что они изменяются похожим образом (рисунок 31). При возрастании интенсивности инфразвука возрастают и геомагнитные вариации (рисунок 31 б) и наоборот (рисунок 30 а).

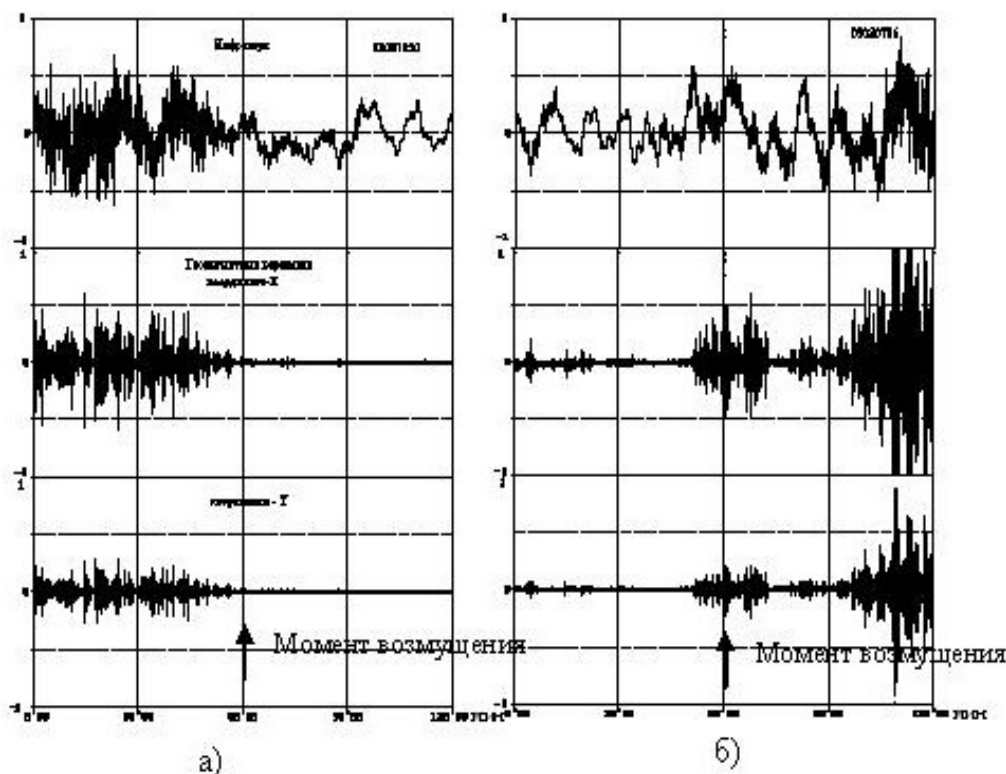


Рис. 30. Инфразвук и геомагнитные вариации до и после акустического возмущения

Спектральный анализ показал, что в диапазоне периодов от десятков минут до десятков секунд спектры инфразвука и геомагнитных вариаций имеют одинаковый характер. Низкочастотная часть спектра инфразвука и геомагнитных вариаций показана на рисунке 31.

Таким образом, экспериментально было доказано, что короткое акустическое воздействие высокой интенсивности изменяет характер инфразвуковых колебаний в атмосфере на длительное время. Достигая ионосферных высот, инфразвуковые колебания воздействуют на ионосферные электрические токи и приводят к изменениям геомагнитного поля.

Вопросы для самоконтроля

1. Дайте характеристику природным источникам шума.

Источники информации

1. Кольский Филиал Единой Геофизической Службы Российской Академии Наук <http://www.krsc.ru/Asuda> — (дата обращения 27.10. 2017 г)
1. Негода А.А., Сорока С.А. Акустический канал космического влияния на биосферу Земли. // Космічна наука і технологія. – 2001. – Т7. – №5/6. – С.85-93.

2. Сорока С.А. Солнечная активность и инфразвуковые колебания в атмосфере Земли // Тезисы докладов третьей Всероссийской научной конференции “Физические проблемы экологии (экологическая физика)”. – Москва, 2001. – С.48-49.
3. Знак З.О., Негода А.А., Сорока С.А. Акустические колебания в атмосфере как возможный канал космического влияния на биосферу // Тезисы докладов II Украинской конференции по перспективным космическим исследованиям. Кацевели, 2002. – С.152.
4. Kalita B., Mezentcev V., Soroka S. Electromagnetic responses during acoustic disturbance in atmosphere // III International Workshop on Magnetic and Electromagnetic Methods in Seismology and Volcanology (MEEMSV-2002). – Moscow, 2002. – P. 205.
5. Soroka S.A. To Galperin-Hayakawa Model of Influence of Ground Acoustic disturbance on Ionosphere // International Symposium in memory of Professor Yuri Galperin. Aureal Phenomena and Solar-Terrestrial Relations. – Moscow, 2003. – P.101.

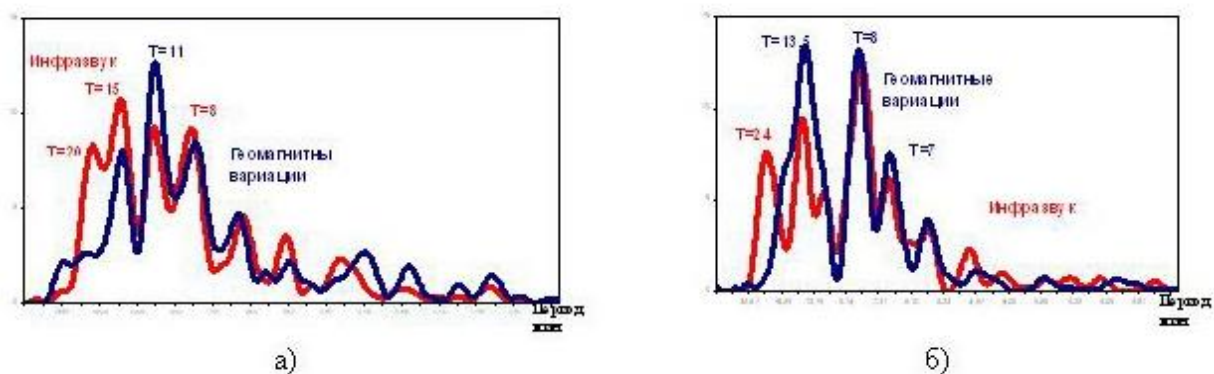


Рис. 31. Спектральная плотность инфразвука и вариации геомагнитного поля до (а) и после (б) акустического возмущения

Шумановские биосферные частоты. В литературе встречается большое количество фактов о биоэффективном влиянии шумановских биосферных частот на ритмическую активность головного мозга и состояние организма человека.

Вместе с тем возникает ряд вопросов, решение которых требует проведения дополнительных исследований. Возможно ли изменить биофизические процессы головного мозга сверхслабыми низкочастотными электромагнитными полями типа шумановских? Как при этом изменяется функциональное состояние организма?

Шумановский резонатор, рисунок 32, типичный пример неравновесной термодинамической системы с постоянными флуктуациями частоты, кратковременно устойчивыми режимами, точками бифуркации. Частотные отрезки устойчивых состояний, точки бифуркации, которые характеризуются сменой направления изменения частоты, должны быть стабильными и характеризовать основные физические свойства объемного резонатора.

Используя данные лаборатории геофизики Томского государственного университета, проведен статистический анализ частоты встречаемости таких отрезков устойчивости. Был выделен массив отрезков устойчивости (области снижения скорости изменения графика) и проведен подсчет одночастотных точек за 1 месяц.

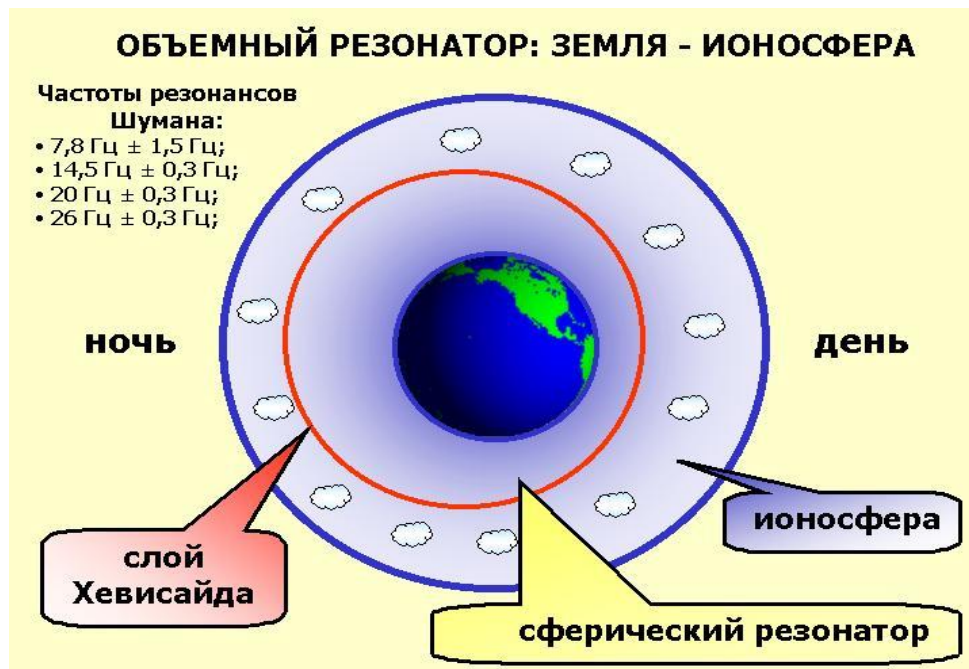


Рис. 32. Шумановский резонатор в биосфере

Таких независимых выборок было изучено четыре по разным сезонам года. Наиболее часто встречаемыми устойчивыми режимами генерации оказались частоты 7,42; 7,64; 7,800; 7,862; 7,94; 8,028 Гц.

Центральной частотой этой выборки является устойчивый режим 7,800 Гц, который за месяц встречается примерно 85 раз. Именно на этих частотах объемный резонатор оказывается наиболее стабильным во времени и излучает одну резонансную частоту продолжительностью до 7-20 минут. Общее время экспозиции за месяц составляет около 14 часов. По видимому, именно время воздействия на биосистемы определяет биоэффективность той или иной шумановской частоты, рисунок 33.

Для изучения эффектов взаимодействия нейронных осцилляторов головного мозга со слабыми электромагнитными полями была собрана установка, состоящая из тора диаметром 27 см, плоскость которого могла быть расположена на 45 сантиметров выше макушки обследуемого лица. Генератор ГСС-120/1 в паре с рубидиевым стандартом частоты Ч1-1013 обеспечивал у края катушки магнитную индукцию 500 пТл и возможность точной установки любой резонансной частоты.

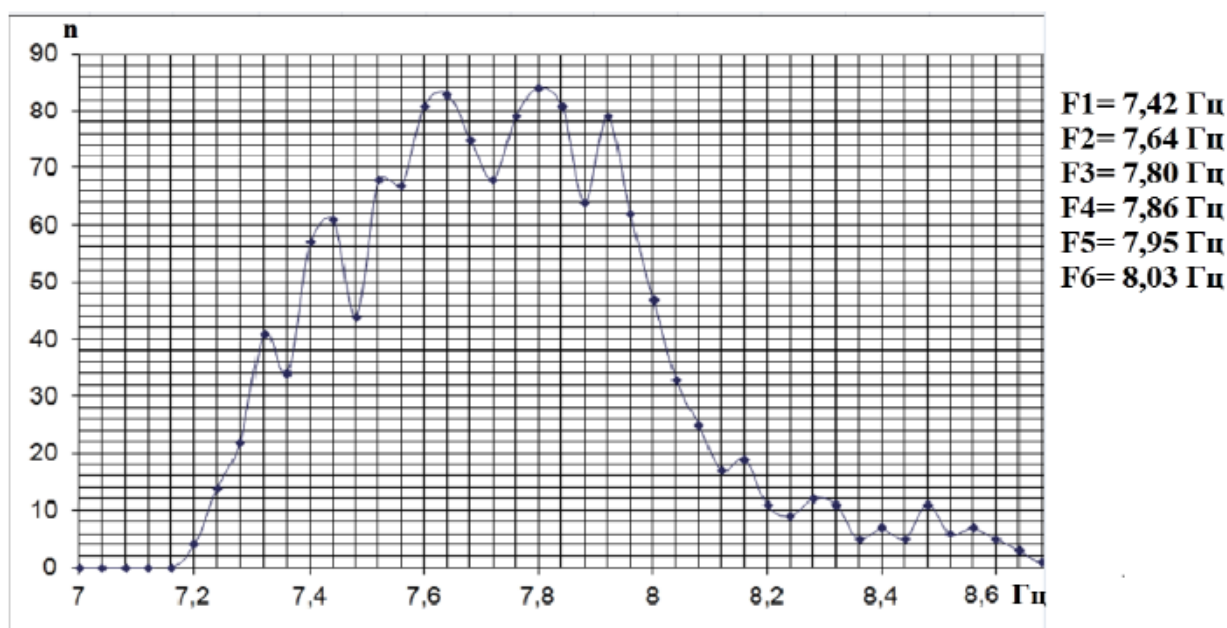


Рис. 33. Частота встречаемости участков повышенной устойчивости на графиках частот шумановского генератора (время суммации 1 месяц; по оси абсцисс частота в герцах по оси ординат – количество устойчивых участков одной частоты за месяц (n); справа от графика F – биоэффективные частоты)

Фоновое исследование испытуемого и контроль последствий осуществлялся аппаратно-программным комплексом «Варикард 2.51», рисунок 34.

Согласно протоколу исследования, у каждого испытуемого регистрировали не менее 13 кадров информации. Расчетная магнитная индукция от тора в центральной части мозга – в области подкорковых ядер и ретикулярной формации – не более 10–20 пТл. Синусоидальный сигнал на торе был установлен без постоянной составляющей. Доброволец сидел в кресле, ориентирован лицом на север, затылком на юг. Была проведена экспозиция ЭМП на частоте 7,800 Гц. Магнитная индукция у края катушки в ее плоскости была выставлена 500 пТл. Расчетная индукция в центральной части мозга – таламус, гиппокамп, ретикулярная формация – составила 10-20 пТл, что соответствует напряженности ЭМП от биосферного шумановского генератора. Длительность экспозиции – 60 минут.

Далее через каждые 10 минут были получены 10 кадров информации для регистрации реакции мозга на возможное воздействие слабого ЭМП.

В контрольной группе эксперимент внешне полностью соответствовал вышеописанному, однако в действительности генератор был отключен и воздействие электромагнитным полем не проводилось. В результате индекс напряжения (А) в течение всего эксперимента падал с небольшими колебаниями.

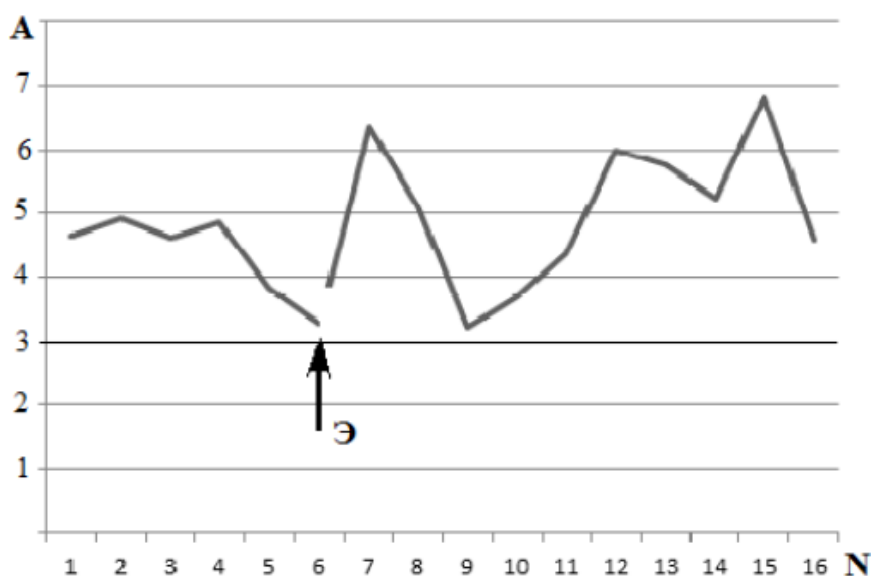


Рис. 34. Усредненная амплитуда ИН АПК «Варикард» для нормированной выборки по исходному функциональному состоянию для десяти добровольцев (воздействие ЭМП магнитной индукцией 10–20 пТл, длительность экспозиции – 60 минут (Э), расстояние между измерениями (N) – 10 мин)

Нами было замечено, что все реакции функционального состояния организма достоверно разделились на две группы по воздействию экспозиции шумановских частот.

Оказалось, что при экспозиции частот 7,80; 7,42; 7,64 Гц все добровольцы отвечали активацией симпатического звена вегетативной нервной системы и увеличением индекса напряжения SI до 150 ед. и более.

При экспозиции частот 7,86; 8,03 Гц активировалось парасимпатическое звено вегетативной регуляции и уровень напряжения организма понижался, что отражалось в достоверно более низких значениях SI, которые не превышали 80 ед.

При экспозиции частоты 7,95 Гц сдвиги функционального состояния были не однозначны и достоверно классифицировать частоту пока невозможно в связи с малой выборкой исследуемых лиц.

Из работ Нейла Черри хорошо известен суточный ход шумановских биосферных частот, который наблюдался в течение нескольких лет. Частоты 7,8 Гц и ниже генерируются преимущественно с 6 часов утра и до 13 часов дня. Частоты выше 7,8 Гц генерируются в послеобеденное время и вечером.

Если объединить эти данные с нашими исследованиями, то можно заключить, что с утра и до 13 часов дня воздействуют преимущественно частоты, вызывающие активацию функционального состояния организма. С 14 часов и до вечера – частоты, вызывающие успокаивающий эффект.

Итак, каким же образом сверхслабые низкочастотные сигналы ЭМП преобразуются в реакции функционального состояния, требующие не малых затрат биохимической энергии? Эти сверхслабые пульсации магнитного поля

лежат, несомненно, ниже порога включения защитных биологических механизмов, и, совершенно логично, не должны восприниматься организмом как сигнализация из внешней среды. Но факты говорят о другом.

В любом случае, взаимодействие биологического объекта со слабыми ЭМП нужно рассматривать как взаимодействие мТл-, мкТл-, нТл-, пТл-диапазонов магнитной индукции, не изолируя сверхслабые поля в отдельную модель и углубляясь на молекулярный уровень. Далеко еще не исчерпаны возможности явлений синхронизации и простого резонанса.

Вопросы для самоконтроля

1. Поясните, что такое «Шумановские биосферные частоты»?

Источники информации

1. Баевский Р.М. Оценка и классификация уровней здоровья с точки зрения теории адаптации // Вестн. АМН СССР. – 1989. – № 6. – С. 73-78.
2. Бинги В.Н., Савин А.Б. Физические проблемы действия слабых магнитных полей на биологические системы // Успехи физических наук. – 2003. – 173. – № 3. – С. 265-300.
3. Блюх П.В., Николаенко А.П., Филиппов Ю.Ф. Глобальные электромагнитные резонансы в полости Земля-ионосфера. – Киев: Наукова думка, 1977.
4. Хабарова О.В. Биоэффективные частоты и их связь с собственными частотами живых организмов // Биомед. технol. и радиоэлектроника. – 2002. – № 5. – С. 56-66.
5. Cherry N.J. Schumann Resonances, a plausible biophysical mechanism for the human health effects of Solar // Geomagnetic Activity, Natural Hazards. – 2002. – № 26 (3). – P. 279-331.
6. Волков А.И., Максимов А.Л., Шабанов Г.А., Лебедев Ю.А., Рыбченко А.А., Короченцев В. И. Взаимодействие биосферных частот и ритмов головного мозга человека // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2013. – №9 (146). – С.176-180.

2.2 Техногенные источники шума



Источниками возникновения шума могут быть следующие явления: ударное взаимодействие двух и более тел, трение взаимодействующих поверхностей, вынужденные колебания твердых тел, возникновение газовых вихрей у твердых границ потока, перемешивание газовых потоков при их движении с разными скоростями, пульсации давления в гидравлических системах, действие переменных магнитных сил и т.д.

В зависимости от причин и характера возникающего шума все источники подразделяются на четыре основных типа, рисунок 35: 1) механический; 2) аэродинамический; 3) гидродинамический; 4) электромагнитный.

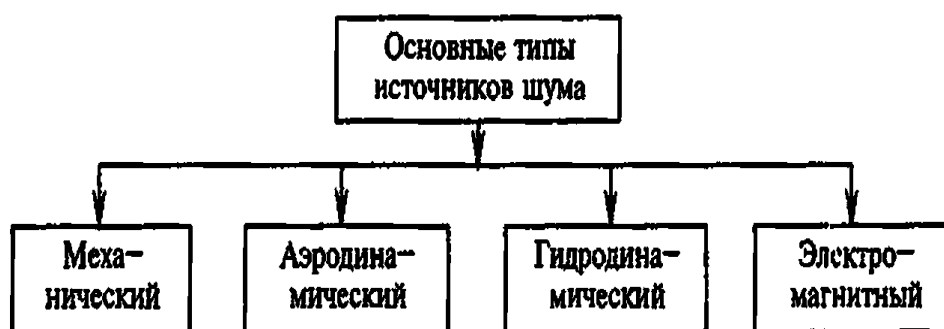


Рис. 35. Типы источников шума

Механический шум. Шум обусловлен колебаниями деталей и их взаимным перемещением. Он возникает, например, в зубчатых и цепных передачах, подшипниках, кулачковых механизмах, редукторах, роторах и вызывается ударами в сочленениях, силовыми взаимодействиями вращающихся масс, трением в соприкасающихся элементах и т.п. Возбуждение механического шума носит ударный характер, при этом в излучающих системах возникает весь спектр их собственных частот.

Интенсивность излучаемого шума и характер его спектра зависят от

массы соударяющихся деталей, скорости соударения (или вращения, качения и пр.), модуля упругости этих деталей, площади излучения.

При значительных скоростях движения (соударения) спектр механического шума высокочастотный, рисунок 37.

Механический шум деталей машин. Зубчатые передачи. Шум зубчатых передач вызывается колебаниями зубчатых колес и элементов конструкций, сопряженных с ними. Причинами этих колебаний являются: взаимное соударение зубьев при входе в зацепление; переменная деформация зубьев, вызванная непостоянством приложенных к ним сил; переменные силы трения, возникающие в зацеплении. Спектр шума зубчатой передачи имеет дискретный характер с основной частотой, равной или кратной частоте вращения и числу зубьев.

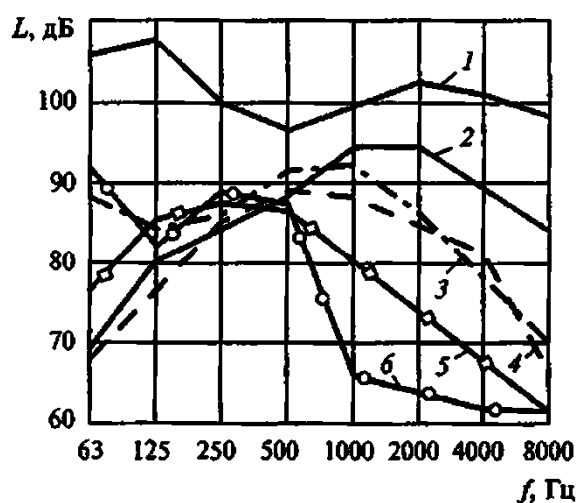


Рис. 36. Спектры некоторых источников шума: 1 - выпуск так двигателя внутреннего сгорания (ДВС); 2 - корпус ДВС; 3 - гидравлический насос; 4 - вентилятор; 5 - трансмиссия; 6 - впускной такт ДВС

Характерные спектры шума зубчатых передач приведены на рисунке 37. Отчетливо распознается максимум, определяемый частотой. Основное влияние на интенсивность шума зубчатой передачи оказывают частота вращения и нагрузка.

При удвоении передаваемой мощности (нагрузки) шум в зубчатой передаче возрастает на 3 дБА, а при удвоении скорости - на 6 - 7 дБА. Динамические процессы, возникающие в зубчатой передаче, приводят к деформации зубьев; динамические нагрузки превышают статические. Отношение максимальной нагрузки к статической называется коэффициентом динамичности, его значение составляет 1,3-3,5. Шумоизлучение тесно связано с деформацией зубьев, пропорциональной коэффициенту динамичности. На характер динамических процессов в зубчатых передачах влияют такие факторы, как материал, из которого сделаны шестерни, число и форма зубьев, точность их изготовления и степень перекрытия. Увеличение числа зубьев и коэффициента перекрытия благотворно сказывается на плавности хода и ведет к

снижению излучаемого шума. Так, удвоение числа зубьев снижает излучаемый шум на 4-5 дБА, а применение зацепления с косыми или шевронными зубьями - на 8-10 дБ. Разница в излучении шума при использовании различных материалов с большим коэффициентом потерь для зубчатых передач и корпуса редуктора может достигать 10-15 дБ, рисунок 38. Повышение точности обработки зубьев обеспечивает снижение шума на 5-10 дБ, рисунок 39.

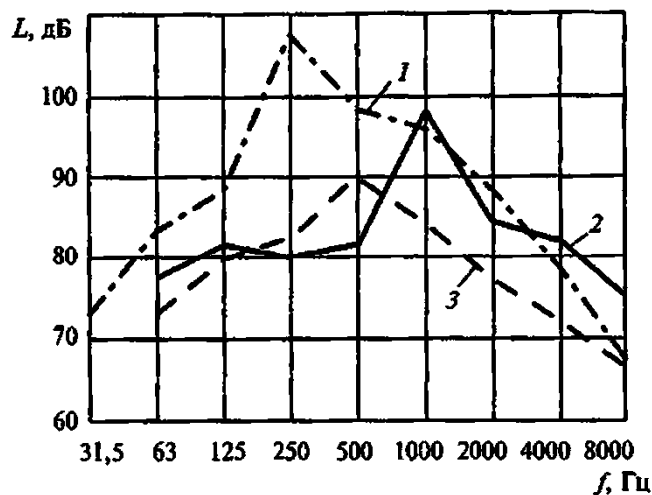


Рис. 37. Спектры шума зубчатых передач: 1 - мельница (104 дБА); 2 - станок (99 дБА); 3 - корабль (90 дБА)

Шум зубчатой передачи уменьшается при снижении окружной скорости, нагрузки, массы зубчатых колес, а также при повышении коэффициента перекрытия. Снижение ударных нагрузок, а следовательно излучаемого шума, достигается путем применения косых и шевронных зубьев. Следует стремиться к увеличению числа зубьев, уменьшению нагрузки и повышению точности изготовления, а также к тщательной балансировке зубчатых колес и точной центровке их при сборке. Корпус зубчатой передачи должен быть изготовлен из материалов с высоким коэффициентом потерь или покрыт специальным вибропоглощающим покрытием. Необходимо, чтобы вибрации не передавались на корпус, в котором заключена зубчатая передача.

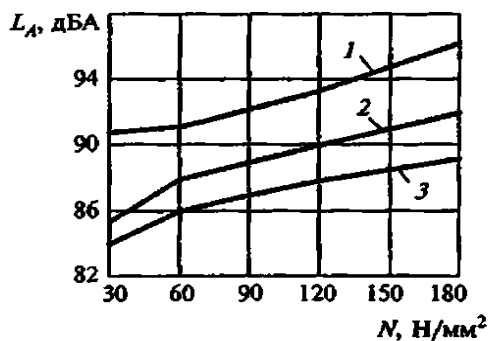


Рис. 38. Зависимость уровня звука от нагрузки

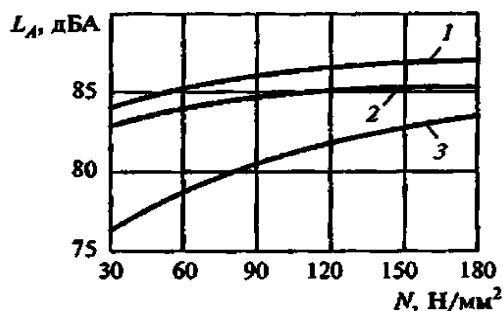


Рис. 39. Зависимость уровня звука от нагрузки на зуб

Подшипники. Шум в подшипниках создается трением, соударениями и вибрацией деталей. В подшипниках качения внутренние силы, вызывающие вибрацию, обусловлены колебанием посадок допусков, в плюс или минус, при изготовлении и монтаже элементов. Шум обусловлен процессом качения в самом подшипнике и дисбалансом вала; он возрастает с увеличением частоты вращения (приблизительно на 5-6 дБ при каждом ее удвоении), нагрузки и диаметра подшипника (на 5-15 дБА при увеличении диаметра вдвое, рисунок 40). Шум шарикоподшипников на 5-6 дБ ниже шума роликовых.

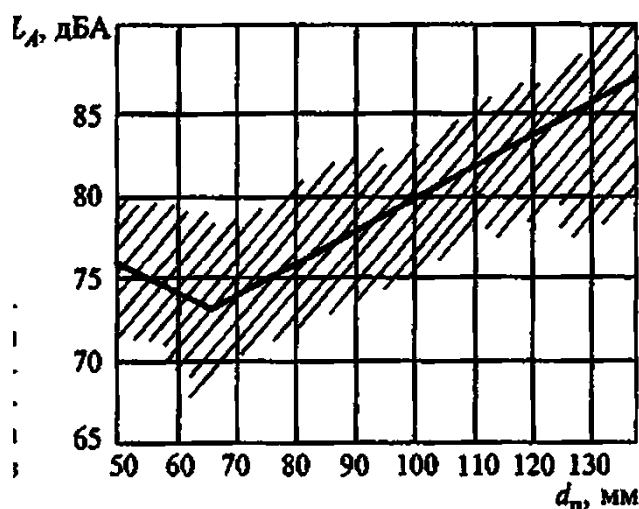


Рис. 40. Зависимость шума подшипников качения электрических машин с цилиндрическими роликами от диаметра подшипника d_n (частота вращения 1500 об/мин), заштрихована область изменения уровня звука подшипника

Интенсивность и частотный характер шума подшипников зависят от точности их изготовления, допусков на посадку, частоты вращения, тщательности установки. В основном спектр высокочастотный (2-5 кГц).

Подшипники скольжения менее шумны и виброактивны, чем подшипники качения. Разница в излучаемом шуме при одинаковой частоте вращения и нагрузке между подшипниками качения и скольжения может достигать 10-20 дБ (особенно на высоких частотах). Основной причиной шума в подшипниках скольжения является сила трения между поверхностями подшипников и валом, возникающая в результате неравномерного и неправильного смазывания их.

Причинами возникновения шума в подшипниках также могут быть: механическая неуравновешенность вращающегося ротора (вала); расцентровка муфты; разная толщина внутренних колец, асимметрия тел качения, волнистость дорожек качения в подшипниках качения; повышенное трение в подшипниках скольжения.

Рекомендации по снижению шума подшипников представлены в таблице 11. Для уменьшения шума в подшипниках необходимо обеспечить

балансировку ротора, понижать частоту вращения и нагрузку, уменьшать передачу вибрации от подшипника к корпусу (путем установки упругих вкладышей, что может снизить шум на 10-12 дБ), снижать звукоизлучающую способность корпуса путем применения вибро-поглощающих покрытий, увеличивать класс точности подшипников (для них установлены следующие классы точности в порядке повышения: 0, 6, 5, 4 и 2, переход в следующий класс обеспечивает снижение шума на 1-2 дБ). Всегда, если это возможно, нужно предпочитать подшипники скольжения подшипникам качения.

Таблица 11

Мероприятия по снижению шума подшипников

№	Мероприятие	Ориентировочная эффективность, дБ
1	Балансировка ротора	5 - 10
2	Устранение внутренних причин шума (овальность колец, волнистость дорожек качения, овальность тел качения к др.)	<15
3	Уменьшение диаметра и увеличение числа тел качения	<15
4	Изготовление сепараторов подшипников из материалов с высоким вибродемпфированием	3 - 4
5	Применение упругих вкладышей	10 - 12
6	Улучшение смазки в подшипниках скольжения	<12
7	Применение шариковых подшипников (вместо роликовых)	5 -6
8	Замена подшипников качения подшипниками скольжения	10 - 20

Вращающиеся валы. Неуравновешенность вращающегося вала (биение, дисбаланс) - основной источник механического шума машин. Дисбаланс характеризуется несовпадением главной оси инерции ротора с осью вращения. Перемещение оси вращения вала сопровождается соответствующим перемещением его центра тяжести, что, в свою очередь, приводит к возникновению инерционных сил. Источниками дисбаланса ротора являются несимметричность конструкции, неправильный выбор допусков и посадок, погнутость валов и т. п. Излучаемая через опорные связи акустическая мощность пропорциональна величине инерционных сил и возрастает с увеличением массы ротора, эксцентриситета и скорости вращения. Спектр излучения может иметь как низкочастотный (при малых скоростях вращения), так и высокочастотный характер.

Снижение шума вращающихся роторов обеспечивается устранением их неуравновешенности. Для этого проводится статическая и динамическая балансировка роторов на специальных балансировочных станках. Конечная цель балансировки - обеспечить требуемую точность. Точность определяется как произведение удельного дисбаланса (e_{cm}) на максимальную эксплуатационную круговую частоту вращения ($\omega_{max.}$). Класс точности балансировки зависит от выбранного критерия. В качестве примера в таблице

12 приведены классы точности балансировки, соответствующие этому критерию, для центробежных насосов. Выбор класса точности балансировки зависит от требований по шуму и вибрации. Например, на стадии проектирования мал шумных центробежных насосов рекомендуется выбирать 3-й класс.

Таблица 12

Класс точности балансировки центробежных насосов

Класс	Значение $e_{ст.}, \omega_{max}$	
	наименьшее	наибольшее
2	0,4	1.0
3	1,0	2,5
4	2.5	6,3
5	6,3	16

Кулачковые механизмы. Возникновение шума в кулачковых механизмах связано с наличием переменных сил в зоне контакта пары кулачок - ролик, которые приводят к колебаниям деталей, излучающих шум. Возмущающие воздействия в кулачковом механизме вызываются ударными и инерционными силами, силами трения, динамическими силами, вызванными неточностью изготовления профиля кулачка. Интенсивность и характер спектра шума зависят от нагрузок и режима работы механизмов, профиля соприкасающихся деталей, их материала и технологии изготовления.

С целью снижения шума, излучаемого кулачковым механизмом, для изготовления роликов и кулачков применяются материалы, обладающие высокими демпфирующими свойствами, таблица 13; вводятся специальные операции, улучшающие качество поверхности; устанавливается оптимальный кинематический закон периодического движения кулачка и выбирается надлежащий профиль кулачка для уменьшения неравномерности движения и ударов.

Аэродинамический шум. Причиной *аэродинамического шума*, изображенного на рисунке 41, являются:

- периодический выпуск газа в атмосферу; этот шум называется сиренным (объемным), так как типичным примером его является звук сирены; механизм подобного шума также характерен для воздуходувок, пневматических двигателей, компрессоров, выпуска и впуска двигателя внутреннего сгорания (ДВС);

- возникновение вихрей и неоднородностей потока у его твердых границ; этот шум называется вихревым, он характерен для вентиляторов, турбовоздуходувок, турбокомпрессоров, воздухопроводов;

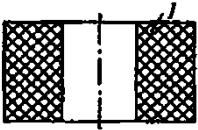
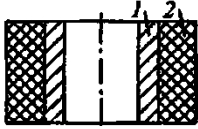
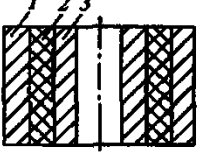
- возникновение отрывных течений, которые приводят к пульсации давления (силовой шум); это происходит в деталях воздухопроводов (в тройниках, в местах изменения сечения, дроссель-клапанах и т. п.);

- перемешивание потоков, движущихся с разными скоростями (шум свободной струи) вдали от твердых границ, которое вызывает турбулентный

шум, преобладающий в шуме выброса сжатого воздуха в реактивных струях. Характер спектра аэродинамического шума, как правило, высокочастотный.

Таблица 13

Материалы и конструкции для изготовления малошумных роликов в кулачковых механизмах

Тип конструкции	Схема конструкции	Вибро-демпфирующий материал	Снижение уровень звукового давления, дБ
Сплошной ролик {I}		Текстолит Капролон Фторопласт Поликарбонат	2 - 3 3 - 4 5 - 6 3 - 4
Ролик {I} с полимерным покрытием		Крошка капроновая	3 - 4
Слоёный ролик : 1,3 - внешняя и внутренняя (вибро-демпфирующий материал) обоймы		Текстолит Капролон Фторопласт Поликарбонат	2 - 6

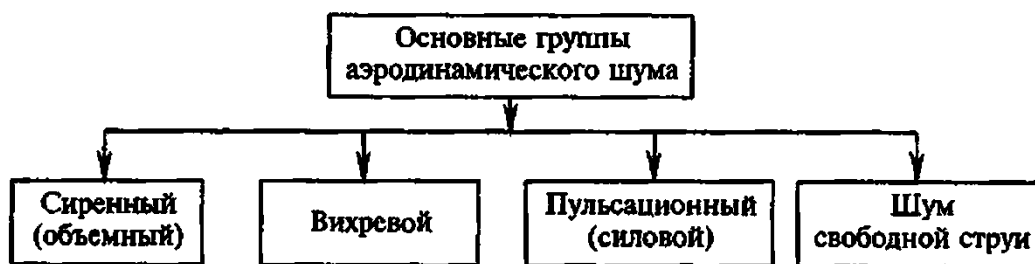


Рис. 41. Механизмы возникновения аэродинамического шума

Шум струи. Истекающая из сопла двигателя самолета струя создает шум, причинами которого являются турбулентные пульсации в области смешения, колебания (флуктуации) плотности в струе и взаимодействие между этими флуктуациями и турбулентными пульсациями. Строение струи за соплом показано на рисунке 42.

Максимальный шум регистрируется в ядре струи. С увеличением

расстояния от сопла звуковая мощность резко падает: около 98% ее создается на расстоянии $R \leq 10 d$, где: d – диаметр сопла. Шум струи имеет ярко выраженную направленность, которая иллюстрируется на рисунке 43.

Меры по снижению шума струи разнообразны и могут быть условно разбиты на две группы: 1) внутренние конструктивные меры; 2) установка на пути струи глушителей и других устройств.

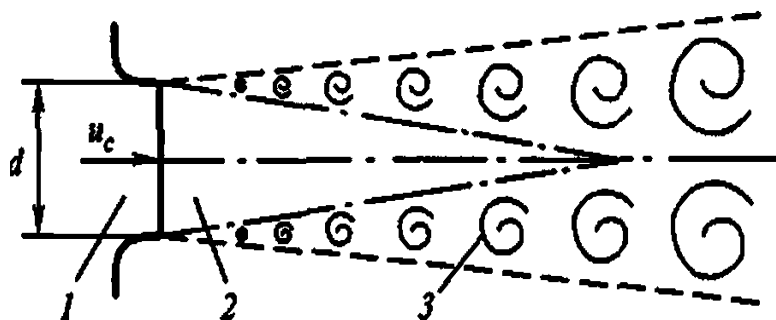


Рис. 42. Строеение струи за соплом

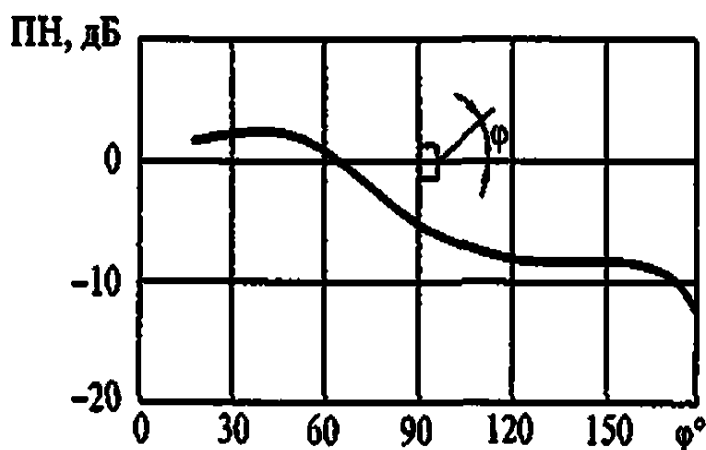


Рис. 43. Показатель направленности шума струи в зависимости от угла ϕ : 1 – сопло; 2 – ядро струи; 3 – область смещения струи с окружающим воздухом; d – диаметр сопла; u_c – скорость струи

Шум вентиляторов. Шум вентиляторов складывается из механического и аэродинамического шума, причем последний является преобладающим.

Аэродинамический шум возникает при обтекании потоком лопаток колеса вентилятора и представляет собой сумму вихревого шума и шума неоднородностей потока. Вихреобразование за лопатками зависит от их обтекаемости и угла атаки (угол между направлением потока и осью лопатки). Чем хуже обтекается лопатка вентилятора, тем интенсивнее вихреобразование. При этом вихри образуются как на лопатках, так и на внутренних поверхностях корпуса при движении по ним воздушного потока.

Шум вентилятора зависит от развиваемого им давления и его

производительности, а также от диаметра колеса вентилятора, его скорости и аэродинамических свойств.

Следует учесть, что при подключении вентилятора к сети вентиляторов его шум увеличивается за счет отражения звука в сети. Значение этого добавленного шума связано с калибром внутреннего канала вентилятора и может быть найдено из графика, рисунок 44. Калибр канала определяется его размерами:

Мерой снижения шума вентиляторов является уменьшение окружной скорости и диаметра колеса. Рекомендуемая максимальная скорость для центробежных вентиляторов составляет 15-20 м/с.

Для улучшения аэродинамических свойств вентиляторов, а следовательно уменьшения излучаемого шума, рекомендуется увеличить число лопаток (это может дополнительно снизить шум на 5-8 дБ в широком диапазоне частот.

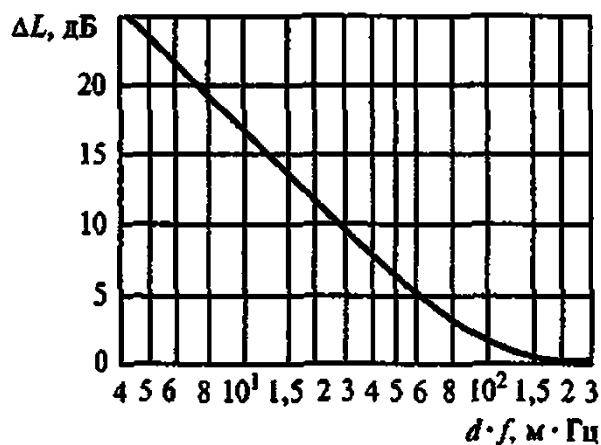


Рис. 44. Увеличение шума вентилятора (ΔL) при присоединении его к сети

Примечания: d – калибр; f – частота

Гидродинамический шум. Шум может быть обусловлен следующими явлениями, рисунок 45:

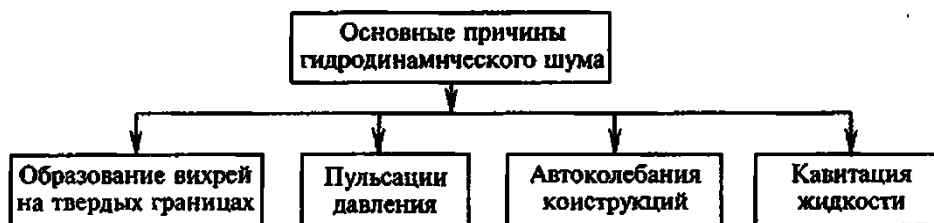


Рис. 45. Классификация источников гидродинамического шума

- образованием вихрей или неоднородностей потока жидкости вблизи твердых границ (вихревой шум);
- образованием пульсаций давления при изменении сечения потока

движущейся жидкости;

- автоколебаниями упругих конструкций в жидкости (автоколебания в арматуре и кранах, «пение» гребных винтов и др.);

- кавитацией в жидкости из-за потери ею прочности при уменьшении давления: образуются полости и пузырьки, заполненные газами, при захлопывании которых возникает звуковой импульс. Гидродинамический шум в основном носит средне- и высокочастотный характер. Основными причинами гидродинамического шума являются: - кавитация и выделение газов (кавитационный шум); образование вихрей на элементах гидравлических насосов, гидравлических моторов и других устройств - на лопатках, дисках, стенках корпуса, патрубках и пр. (вихревой шум); возникновение неоднородностей потока при его прерывании, например вращающимися лопатками.

Кавитация. Схема возникновения и захлопывания пузырьков показана на рисунке 46. Специфическое явление, связанное с потерей движущейся жидкостью прочности на разрыв при уменьшении в ней давления ниже определенного предела (приблизительно равного давлению насыщенного пара жидкости при данной температуре) и возникновением пузырьков и полостей, заполненных газом или паром. Образующиеся пузырьки резко захлопываются (разрушаются), создается ярко выраженный *низкочастотный шум*.



Рис. 46. Возникновение кавитационных пузырьков (4) на обтекаемом профиле (3): 1 - внешнее давление; 2 - давление насыщенных паров

Экспериментально установлено, что вследствие вихреобразования увеличение шума потока может достигать 40 дБ. Спектр шума (например, в сопле) имеет ярко выраженный максимум на частоте. Для того чтобы избежать кавитации, нужно увеличить показатель α путем снижения скорости.

Когда на твердое тело набегают поток жидкости, с его поверхности при определенных значениях числа Рейнольдса, характерных для данного процесса, начинается срыв вихрей. Это явление приводит к изменению давления на поверхности тела и тем самым к возникновению вихревого шума. Чем хуже обтекается тело, тем интенсивнее вихреобразование за ним и излучаемый шум. Для снижения вихревого шума необходимо улучшить обтекание тела, находящегося в потоке, понизить число Рейнольдса, уменьшить размеры

обтекаемого тела и скорость набегающего потока.

Шум гидравлических насосов. Одним из наиболее распространенных источников гидродинамического шума являются насосы. Шум гидравлических насосов достигает 100-105 дБА и зависит от скорости вращения вала, давления, создаваемого насосом, и его производительности. Влияние этих параметров на шум иллюстрируется на рисунке 47.

Скорость вращения вала - преобладающий параметр шумообразования, поэтому снижение скорости - один из возможных путей шумоглушения в гидравлических насосах.

Шум насоса определяется, во-первых, воздействием давления во время цикла перекачки жидкости на корпус (гидравлический шум) и, во-вторых, возникающими ударами и трением в движущихся деталях (механический шум). Любая неуравновешенность в насосе, в соединяющихся деталях производит шум на частоте вращения вала.

Особенностью процесса ценообразования в насосе является изменение давления: поступающая в камеру насоса при начальном давлении, жидкость затем перемещается в область более высоких давлений и на выходе возвращается к низкому давлению.

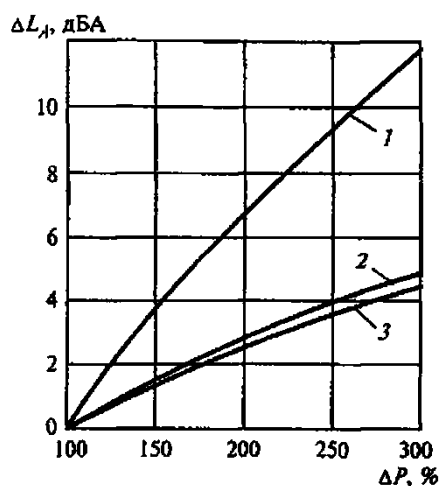


Рис. 47. Влияние рабочих параметров насоса ΔP (в % по отношению к исходной величине) на производственный шум: 1 – скорость вращения вала; 2 – производительность; 3 – давление насоса

Переменная сила давления генерирует шум. Быстрая смена давления делает движущийся поток турбулентным. Движение жидкости регулируется диаметром входных и выходных трубок насоса.

Дополнительное излучение шума вызывается передачей вибрации на присоединенные детали, элементы, в которых возбуждается структурный шум. Для его снижения необходима виброизоляция опорных элементов насоса.

Электромагнитный шум. Источником электромагнитного шума являются электромагнитные вибрации, которые вызываются вращающимися магнитными силами и моментами, действующими в воздушном зазоре электрической машины. Электромагнитный шум зависит от частоты колебаний

статора, виброскорости, площади и свойств излучающей поверхности. Характер спектра в основном низко- и среднечастотный.

Электромагнитный шум, например, трансформатора создает его сердечник, на который действует периодически меняющаяся индукция, с частотой в основном 100 Гц. Из-за магнитострикционного эффекта периодически изменяется длина сердечника, в результате возникают его изгибные колебания, возбуждающие низкочастотный шум.

Электрические машины. В электрических машинах, помимо механического шума в подшипниках и щетках, а также аэродинамического шума от вращения ротора и систем вентиляции, возникает электромагнитный шум в системе ротор - статор. Причиной электромагнитного шума является электромагнитное поле, образующееся в воздушном зазоре между ротором и статором. Знакопеременное электромагнитное поле возбуждает звуковую вибрацию в статоре и роторе, характер этого шума - тональный.

Интенсивность генерируемого шума зависит от электромагнитной индукции, величины воздушного зазора и излучающих свойств элементов системы ротор - статор. Обычно площадь статора больше площади ротора и вклад первого в звуковое поле преобладает. Звуковые вибрации создаются в пакетах листов, совершающих изгибные колебания, и в корпусе статора, рисунок 48.



Рис. 48. Конструкция статора крупной машины с «воздушными карманами»

Генерируемый шум зависит не только от площади излучателей, но также от степени их демпфирования. Спектр этого шума - средне- и высокочастотный. Наиболее действенной мерой для снижения шума электрических машин является их капотирование. Эффективность таких капотов со звукопоглощением может достигать нескольких десятков децибел, рисунок 49.

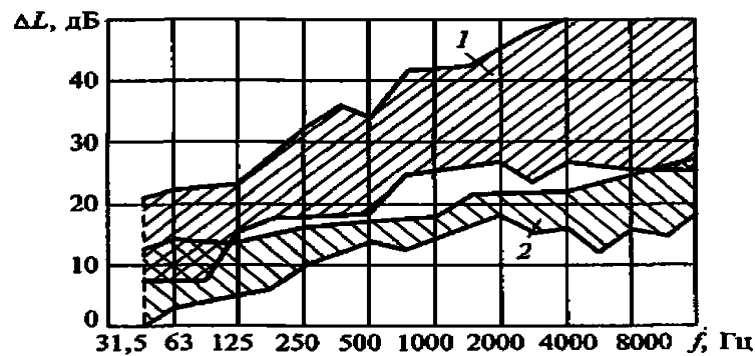


Рис. 49. Эффективность звукоизолирующих капотов: 1 – со звукопоглощающей облицовкой; 2 – без облицовки. Заштрихованные области показывают весь диапазон возможной эффективности капотов

Трансформаторы. Шум трансформаторов определяется магнитострикционным эффектом: сердечник трансформатора постоянно изменяет свою длину под действием периодически меняющейся магнитной индукции. Возникает звуковая вибрация сердечника, которая через масло передается на корпус, и излучается магнитострикционный шум (рис. 50), при этом спектр его имеет ярко выраженный низкочастотный характер («гул, гудение»).

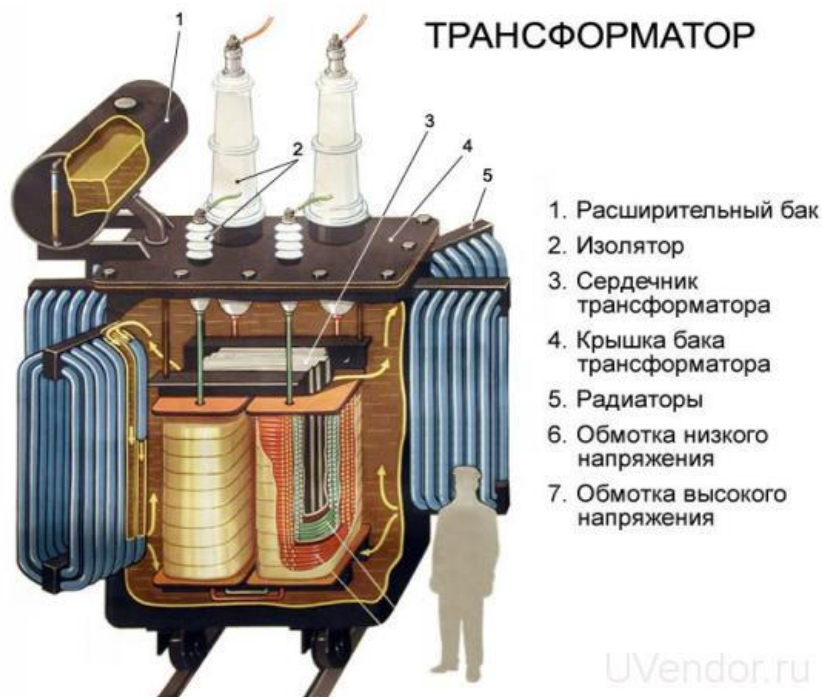


Рис. 50. Распространение шума возникающего в сердечнике трансформатора

Скорректированный по шкале «А» шумомера уровень виброскорости (рис. 51); l и S_0 – длина и площадь сердечника соответственно; j – коэффициент излучения.

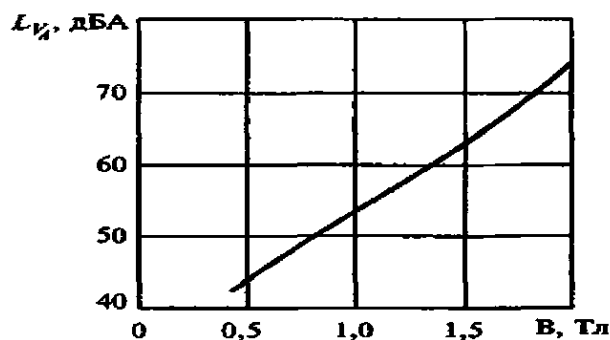


Рис. 51. Зависимость среднего уровня вибростойкости L_{v_a} сердечника из трансформаторного железа от магнитной индукции B

Снижение шума сердечника трансформатора (на 3-4 дБА) достигается при использовании листов железа с повышенным (до 6%) содержанием кремния, что ослабляет *магнитострикционный* эффект. Целесообразно уменьшать передачу вибрации путем виброизоляции сердечника с помощью стальных пружин. Снижение шума в случае применения комплекса мер достигает 10 дБА, при этом трансформаторов не превышает 70 - 80 дБА.

Вопросы для самоконтроля

1. Перечислите техногенные источники шума.
2. Характеризуйте шумы техногенных источников шума.

Источники информации

1. Иванов Н.И. Инженерная акустика. Теория и практика борьбы с шумом: учебник. – М.: Логос, 2013. – 432 с.
2. ГОСТ 12.1.003-83. ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.
3. ГОСТ 12.1.029-80. ССБТ. Средства и методы защиты от шума.

2.3 Другие источники шума



У учащихся во время воздействия высоких уровней шума наблюдаются нарушения в ходе выполнения познавательных задач, нарушение краткосрочной и долгосрочной памяти, снижение среднего уровня понимания прочитанного и показателей сосредоточенности внимания. Присутствие неконтролируемого шума может нанести существенный ущерб познавательной деятельности. Шум может вызвать беспомощность в обучении, увеличить возбудимость, изменить выбор стратегии решения задачи и снизить внимание к ней, скрыть речь и другие звуковые сигналы, нанести ущерб общению и отвлечь внимание человека. Врачи доказали, что допустимый уровень шума в помещениях образовательных учреждений не должен превышать 40 дБ.

В результате исследований выяснилось, что средний уровень шума на учебных занятиях студентов (Кемеровского государственного университета) составляет почти 70 дБ. Картина изменения уровня шума в течение занятия обычно выглядела следующим образом: после начала пары уровень шума несколько спадал, затем постепенно возрастал и к концу пары достигал своего максимума. Средний уровень шума заметно изменялся в течение учебного дня: на 1-й паре он составил 65,9 дБ, на 2-й – 69,2 дБ, на 3-й – 71,3 дБ, на 4-й – 73,2 дБ, на 5-й – 67,1 дБ, т.е. максимум шума наблюдался на 4-й паре, рисунок 52. В продолжение рабочей недели средний уровень шума изменялся следующим образом: понедельник – 64,9 дБ, вторник – 67,7 дБ, среда – 69 дБ, четверг – 71,8 дБ, пятница – 73,3 дБ, т.е. среднее значение уровня шума несколько возрастало к концу недели (рис. 52). Максимальный уровень шума наблюдался, обычно, в пятницу в конце 4-й пары, и достигал 90 дБ, т.е. превышал допустимую норму более чем в 2 раза.

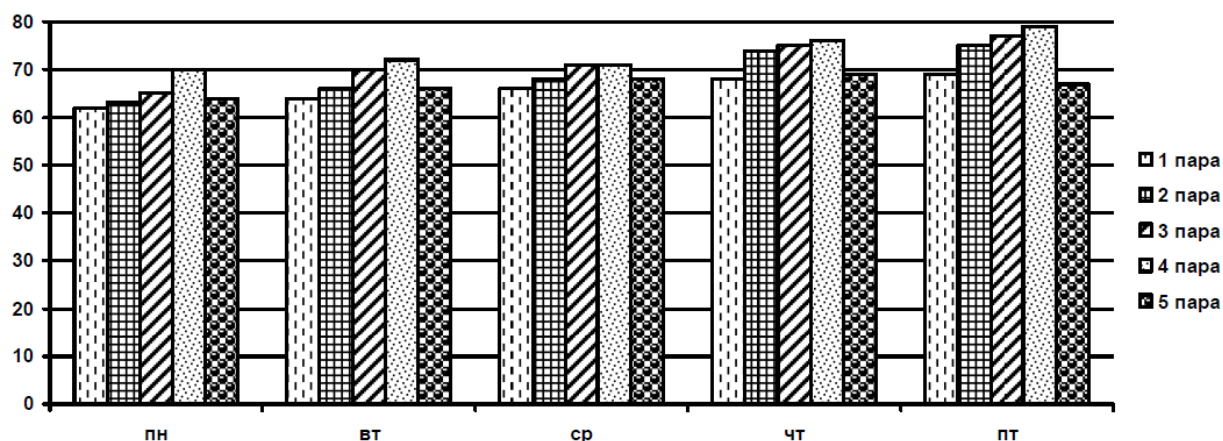


Рис. 52. Измерение уровня шума (∂B) на учебных занятиях в зависимости от номера пары и дня недели

Не было выявлено достоверной зависимости уровня шума от размера помещения, пола учащихся и их возраста. Уменьшение или увеличение количества человек, присутствующих на занятии, также не сильно влияло на результаты измерений. Таким образом, можно сделать следующие выводы: 1. Наблюдается тенденция к увеличению уровня шума от начала к концу занятия, от 1-й к 4-й паре, и от понедельника к пятнице. 2. Не выявлено достоверной зависимости уровня шума во время учебных занятий от количества человек, присутствующих на занятии, их пола, возраста и параметров помещения. 3. Средний уровень шума на учебных занятиях студентов Кемеровского государственного университета составляет почти 70 ∂B , т.е. превышает допустимую норму примерно в 1,7 раза. 4. Результаты исследования должны быть учтены при разработке рекомендаций по обеспечению защиты студентов от негативного воздействия шума во время учебного процесса.

Вопросы для самоконтроля

1. Каковы особенности шума в учебных заведениях?

Источники информации

1. Степанова М.И. Бережем ли мы слух? / М.И. Степанова // Образование. – 2003. – № 8. – С. 30-33.
2. Романчук И.А., Романчук А.А. Динамика уровня шума во время учебных занятий студентов гоу ВПО «Кемеровский государственный университет» // Acta Biomedica Scientifica. – 2008. – №2. – С.118-120

Информационный шум



В работе Р. Аккофа и Ф. Эмери «О целеустремленных системах» дано определение понятия информационный шум (прагматический шум) – это «...все то, что появляется в сообщении или в его окружении, не будучи продюцировано отправителем, и что снижает вероятность того отклика со стороны получателя, к которому стремился отправитель».

В устной речи детей старшего дошкольного возраста, как и в речи взрослых, в качестве компонента информационного шума чаще всего выступают частицы. Использование спонтанных частиц детьми старшего дошкольного возраста обнаруживает индивидуальное пристрастие говорящих, например: Пожарники/ ну/ их там было двое/ ну/ подходят/ больше они/ только там были соединены/ ну/ подходят/ эти пожарные//; и один этот/ вот/ милицкий/ там и был один полицейский/ вот/ эта машина/ такая/ хотел поехать/ вот поехать куда-то//.

Для устной речи детей старшего дошкольного возраста характерно употребление паузы хезитации (паузы колебания). В понятие «пауза» включаются не только действительные перерывы в фонетическом потоке, но и все элементы, которые заполняют эту паузу: нефонемные «экания», «мэкания», семантически опустошенные дискурсивные маркеры (значит, это самое, вот, ну, как бы и др.), повторы, заикания, незавершенные предложения, сюда же относятся невербальные элементы (вздохи, покашливания и др.) – все эти разнородные элементы колебания идентифицируются лингвистами как экспоненты паузы колебания, так как все они характеризуются особым планом содержания, который является сигналом говорящего слушающему о собственном речевом затруднении.

Для обозначения заполнителей пауз хезитации в лингвистике используется ряд терминов: «незнаменательная лексика», «лишние слова», «пустые частицы», «вставные элементы», «слова-заменители», наиболее

распространен термин «слова-паразиты». Е. А. Земская говорит о необходимости таких слов в неподготовленной речи, так как они употребляются не только для выражения каких-то оттенков мысли и чувства, но и как средство, помогающее говорящему строить свою речь, заполнять паузы, необходимые для обдумывания, поиска нужного слова. Наиболее широко употребляемыми в функции заменителей пауз являются частицы ну, вот.

Они встречаются в речи носителей литературного языка разнообразных возрастов, профессий и степеней образованности, не свидетельствуют о плохом владении речью. Другие же «слова-заменители» (это, это самое, так сказать, значит) могут свидетельствовать при частом употреблении о недостаточной речевой культуре.

В классификации О. А. Александровой и В. В. Иваницкого выделены экспоненты заполненных пауз хезитаций. В устной речи детей старшего дошкольного возраста представлены следующие из них.

1. Вокализация – различные звуки нефонемного характера ([э-э], [м-м], [гм]): Мишка.../ он/ желтый/ зеленый// э/ э нет/ красный э-э/ зеленый/у-у// как там еще//; Барон и/ граф/ это короли// м-м-м/ и у папы тоже моего есть//.

2. Затяжки звуков – нефонемные удлинения гласных и согласных элементов в лексических единицах: Ну-у// кама-аз/ грузовик// и еще/ моотики мои// и человечки солда-атиков и все//.

3. Паузы вербального поиска:

а) десемантизированные модальные и вводные слова или выражения, указательные, притяжательные, определительные местоимения и указательные местоименные наречия, которые часто называют словами паразитами или пустыми словами (так сказать, значит, ну, это, вот, этот, самый, как бы, какие-то, как-то, там и др. или их варианты): Вот/так/ это мне подарили на день рождение/ такие/ там/ такие штуки/ это на день рождение//; Ну там была большущая пробка/ какие-то/ потому что там была проверка документов//;

б) метатекстовые комментарии – вставные фразы говорящего, обращенные к самому себе или адресату, облегчающие процесс поиска «связующей нити» с последующим контекстом и обеспечивающие непрерывный контакт с собеседником (как вы знаете, видите ли, понимаете и др.): Игрушечный Тузик вот это мое любимое животное// тогда если щенок// я не понимаю/ как это рассказать// а-а мне нравятся щенки//; О/ я обожаю знаете каких/ животных/ домашних/ собачек//;

в) непреднамеренные повторы, среди которых можно выделить полный повтор слова или частичный, а также повтор словосочетания: Вперед/вперед можно было ехать/ а уже назад/ нельзя было//; короче/ короче еле-еле проехали/ вот/ это/ вот//; хотел поехать/ поехать куда-то//;

4. Невербальные паузы колебания – покашливания, вздохи, смех, прочищение горла, цоканье языком, кинестезические элементы: Пожарный/на лестнице/ вот/ полицейский/ тьфу/ пожарный/ на/ лежал/ лежал/такой//.

5. Самопрерванные конструкции, среди которых выделяют незаконченные высказывания, рестарты (повторные начала) и фальстарты (неудачные начала). Незаконченными называются высказывания с незамещенными

синтаксическими позициями, смысл которых, необходимый для коммуникации, невозможно извлечь ни из контекста, ни из ситуации, ни из фоновых знаний говорящих. Такие высказывания остаются незавершенными и в интонационном оформлении: Этот лежит/ в бо.../ в крови/ на болоте/ лежит такой//; Когда еще Миша Наврат ходил/ вот/ в шшшшш/ в садик//.

Паузы замечают все слушающие. Паузы хезитации могут быть причиной коммуникативных неудач, так как некоторые из них затрудняют понимание смысла сообщения, ухудшают эмоциональное состояние собеседника. Многие лингвисты считают, что паузы – это негативное явление, от которого следует решительно отказаться. С точки зрения слушающего паузы осложняют процесс коммуникации, процесс восприятия информации. Для говорящего же паузы выполняют весьма важную функцию: подыскать нужное слово, «собраться с мыслями». В. Д. Девкин отмечает, что даже «слова-паразиты, всевозможные не насыщенные содержанием элементы нельзя безоговорочно считать избыточными. Они избыточны для слушающего, но необходимы для говорящего, чтобы ему восполнить паузу рассеянности или растерянности». Спонтанность, неподготовленность речи всегда имеет какие-либо эксплицитные выражения, например, употребление частиц. В речи детей старшего дошкольного возраста избыточность в употреблении частиц создается:

1) за счет многократного совершенно нецелесообразного повторения одних и тех же частиц, например, и один пожарный и один этот/ вот/ милицейский/ там и был один полицейский/ вот/ эта машина такая/ хотел поехать/ вот//;

2) за счет нагромождения разных частиц, например, он/ у него ж этих дуболобов переделали/ ну там в танцоров//; потом/ построили они там этот/ там замок/ жили/ там... там... там...//.

В устной речи детей нами были выделены компоненты информационного шума, связанные с формированием речевого высказывания. Информационный шум как заполнитель паузы при поиске нужного слова:

1) в качестве заполнителя паузы выступают слова, озвучивающие сам процесс поиска нужного слова, например, и Витенька говорит/ пирожок/и-и-и/ я/ ам// пирожок с этими/ с этими/ с деревом//; м-м меня/ счас// подумаю// м-м// у меня любимая игрушка конструктор//;

2) в качестве заполнителя паузы выступает повтор слова (как знаменательного, так и служебного) или сочетания слов, предшествующего искомому, например, мама работает на/ заводе она/ она/ она светленькая как я/ я на нее похожа//; мама моя любит работать/ любит денежки зарабатывать/ любит/ любит// чтоб нам все покупать//.

Трудности младших школьников при построении связного устного высказывания Н. И. Жинкин видит в 1) бедности активного словаря, так как «в устной речи нет времени для отбора слова. Приходится применять те слова, которые находятся наготове»; 2) слабо развитой оперативной памяти, функции которой состоят в том, чтобы «во время устного составления предложения удерживать уже связанные слова и упреждать слова, предстоящие к произношению». Эти факты (бедность активного словаря, недостаточное

развитие оперативной памяти) помогают объяснить избыточность речи старших дошкольников, в том числе наличие компонентов информационного шума.

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое информационный шум?

Источники информации

1. Аккофф Р., Эмери Ф. О целеустремленных системах. – М., 1974.
2. Александрова О.А., Иваницкий В.В. Пауза колебания – комплексный феномен современной коммуникации // Вестник Новгородского государственного университета. – 2003. – № 25. – С. 95-100.
3. Голубева И. В. Функционально-семантическое поле именительного темы и смежных с ним явлений в устной речи. – Таганрог, 1996.
4. Девкин В.Д. Немецкая разговорная речь: Синтаксис и лексика. – М., 1979.
5. Жинкин Н.И. О кодовых переходах во внутренней речи. [Электронный ресурс]: <http://www.philology.ru/linguistics1/zhinkin-64.htm>
6. Земская Е.А. Русская разговорная речь: лингвистический анализ и проблемы обучения. – М., 1979.
7. Касевич В.Б. Семантика. Синтаксис. Морфология. – М., 1988.
8. Нечепуренко М.Ю. Избыточность сегментных средств в речи младших школьников: автореф. дис. ... канд. филол. наук. – Таганрог, 2003.
9. Новейший философский словарь. – [Электронный ресурс]: <http://www.slovopedia.com/6/200/770565.html>
10. Почепцов Г. Г. О коммуникативной типологии адресата // Речевые акты в лингвистике и методике: Межвуз. сборник научных трудов. – Пятигорск, 1986.
11. Ушакова О.С. Развитие речи дошкольников. – М.: Изд-во Института психотерапии, 2001. [Электронный ресурс]: <http://www.psyinst.ru/library.php?part=article&id=2368>
12. Ягунова Е.В. Исследование избыточности русского звучащего текста // Избыточность в грамматическом строе языка. – СПб.: Наука, 2010. – С. 90-115.
13. Бондаренко Виктория Сергеевна Компоненты информационного шума в речи детей старшего дошкольного возраста // Вестник ЛГУ им. А.С. Пушкина. – 2013. – №1. – С.146-153.

Интеллектуальный шум



Рассматриваются свойства и причины возникновения вновь вводимого в учебную среду понятия «интеллектуальный шум», анализируются положительные и отрицательные свойства таких шумов. Шум, интеллектуальный шум, узкополосный интеллектуальный шум, широкополосный интеллектуальный шум, квазибелый интеллектуальный шум. Традиционно в учебной среде понятие «шум» означает некоторый фон или помеху в приеме и обработке обучающимся информации (ее ввода, вывода, преобразования и хранения). Примерами обычных шумов, которые могут воздействовать на обучающегося могут быть:

- ✓ Звуковые (например, громкие голоса и крики в аудиториях и лабораториях, производственные шумы станков и моторов в мастерских вуза или в цехах предприятий во время прохождения производственных практик, музыкальные и бытовые шумы в общежитиях, природные шумы во время экспедиций, при работе на полигонах и объектах морской геодезии и т. д.);

- ✓ Оптические (например, когда обучающиеся сталкиваются с размытыми изображениями и зерном на фотоснимках, полученных путем аэрофотосъемки и информативно важных в фотограмметрии, шумы цветовой гаммы, оказывающие большое влияние в задачах исследования природных ресурсов аэрокосмическими методами, специальные шумы в голографической оптике, оптических системах вооружений и оптоволоконной технике передачи информации в компьютерных сетях и т. д.);

- ✓ Электронные (например, в электронике при воздействии в радиоэлектронных системах так называемых «дробовых шумов» в виде беспорядочных изменений напряжений и токов относительно их среднего значения и обусловленных неравномерностью электронной и ионной эмиссии с поверхностей катодов);

- ✓ Случайные (например, случайные помехи в системах цифровой связи и распознавания образов, при обработке сигналов приемных радиоантенн, в каналах передачи данных систем наведения и управления и т. д.);

- ✓ Коммуникационные (например, связанные с неправильной

идентификацией абонента, неправильной адресацией в социальных и компьютерных системах и т. д.) и другие.

Наряду с этим на обучающегося может воздействовать класс шумов, мешающих его нормальной мыслительной деятельности – так называемых «интеллектуальных шумов». Интеллектуальный шум (ИШ) – это не просто воздействие на обучающегося каких-то физических параметров окружающей среды, мешающих его нормальной мыслительной деятельности (например, плохой освещенности или холода в аудиториях, неудобства пространственного расположения приборов и оборудования в лабораториях, скученности в дисплейных классах, недостаток вспомогательных материалов, реактивов и средств размножения, а воздействие каких-то внутренних или внешних «интеллектуальных» помех, имеющих для данного обучающегося смысловое значение, отвлекающих его от основной цели, путающих мысли, вызывающих ненужный «вторичный» поток мыслей). К тому же ИШ обычно сопровождается соответствующими психическими реакциями, расстройствами, эмоциональными срывами, также мешающими нормальной мыслительной деятельности обучающегося.

Характерным примером ситуации возникновения ИШ и его воздействия на обучающегося может быть оказываемая ему другим студентом с самыми хорошими намерениями подсказка из традиционной механики Ньютона, в то время как он занят изучением законов теории относительности и квантовой механики, а экскурсы в традиционную механику его только сбивают.

Примерами интеллектуальных шумов являются:

- ✓ ИШ когнитивный, связанный с познанием, мышлением, когнитивным стилем (относительно устойчивыми индивидуальными особенностями познавательных процессов данного обучающегося, совокупностью его частных познавательных установок и способов контроля) и субъективным семантическим пространством (разрешающей способностью, количеством оснований классификации, которыми пользуется обучающийся при дифференциации объектов, совокупностью адекватных моделей и категориальных структур);

- ✓ ИШ наукообразный, когда при изложении (а иногда и при «объяснении») достаточно простого материала его так «затемняют», что обучающемуся трудно понять смысл, уловить ход мыслей, понять условия, при которых справедливо доказываемое положение;

- ✓ ИШ политологический, когда преподаватель пытается разговаривать с обучающимся языком штампов, на каком-то птичьем языке лозунгов и красивых фраз, вследствие чего обучающийся «отключается», думает о своем, а воздействующая на него внешняя информация воспринимается просто как некоторый шум, который надо просто переждать и он когда-нибудь окончится;

- ✓ ИШ тарабарщины, когда речь преподавателя безграмотна, строится с применением большого количества вводных слов и оборотов речи, каких-то бессвязных предложений, не имеющих явно выраженных исходных посылок и признаков логического построения, позволяющих обучающемуся из известных суждений получать новые суждения, содержащие новые знания и

классифицировать их;

✓ ИШ незнания, когда имеющихся у обучающегося знаний явно недостаточно для осмысления полученной информации, предлагаемые данные недостоверны, суждения преподавателя непонятны, рассуждения пространны и приближенны, не подкрепляются научными данными, выводы «строятся на песке» (вроде «мне кажется»), обучающийся получает плохое представление о точности полученных данных, единицах измерения, требованиях и целях метасистемы, нормативной и правовой базы (что можно и что нельзя измерять и заносить в базу данных, предавать огласке);

✓ ИШ измерительный, связанный с необходимостью работы обучающегося с недостоверными данными, их низкой точностью и надежностью, наличием плохо учитываемых систематических и случайных ошибок, выполнением измерений с искажением нормативных требований к среде и аппаратуре, неправильно классифицированных и зарегистрированных;

✓ ИШ сослагательный, когда обучающемуся вместо анализа реальной обстановки и соответствующих данных преподносятся какие-то сентенции с сослагательным наклонением (типа: «если бы у нас были...», «если бы мы могли...», «какова вероятность поражения медведя, если бы он появился из-за того куста...»), распыляющие силы, мешающие нормальной умственной деятельности, заставляющие обучающегося думать о каких-то нереальных ситуациях, аналитически и материально не подкрепленных «прожектах»;

✓ ИШ управленческий, когда вместо необходимого в системе управления «по выбросам» с реакцией управляющих структур (преподавателя, деканата и других административных структур) на сильные всплески, способные нарушить гомеостаз системы, начинаются «воздействия» за мелкие недочеты и недоработки, вследствие чего обучающийся ходит задерганным этими «указивками» и не может заниматься нормальной мыслительной деятельностью;

✓ ИШ методический, когда обучающемуся предъявляется информация в слишком быстром темпе, в незнакомой терминологии, с непонятными переходами и «бросками мыслей» с одной темы на другую, с предъявлением распечаток и магнитофонных записей, лишь «засоряющих мозги», когда обучающийся встречается с опечатками и ошибками в специально предназначенных ему для помощи методических указаниях и учебных пособиях, в утверждениях и выводах преподавателей, в выдаваемом ему «раздаточном материале», что в совокупности или по отдельности приводит к тому состоянию, которое обучающийся описывает просто, как «крыша поехала»;

✓ ИШ экспромта, когда преподаватель приходит к обучающимся неподготовленным, с забытыми дома, но крайне необходимыми для проведения практик или лабораторных работ методическими разработками и начинает экспромтом, наспех что-то придумывать, делает ошибки на доске, заставляет обучающихся помногу раз исправлять то, что он им перед этим сказал, делать в тексте многочисленные вставки или, вообще, забывает им рассказать какой-то профессионально важный материал;

✓ ИШ аргументации, когда вместо доказательства обучающемуся выдаются фразы типа: «Отсюда легко видно...», а обучающийся «ничего не видит», «Вы уже не маленькие и должны понимать, что...», а обучающийся «не понимает», «Если я вам так говорю, то это правильно...», а обучающийся как раз в этом сильно сомневается, из неверных исходных посылок делаются произвольные, чаще всего, неправильные выводы, из одних недоказанных и не воспринятых обучающимся суждений строятся доказательства других суждений, часто в доказательствах используются сомнительные тождества, и обучающемуся не понятно, почему он должен считать эквивалентными положения, стоящие в левой и правой частях утверждений, иногда для выбора «правильного» направления восприятия на обучающегося оказывается административное давление,

✓ ИШ спамообразный, состоящий из ненужных обучающемуся рекламных и рецептурных текстов с излишне детализированными предписаниями, непроверенными и профессионально бесполезными в дальнейшем сведениями, содержащими иногда даже дезинформацию, вводящую обучающегося в заблуждение.

Задача преподавателя по возможности уменьшить число воздействующих на обучающегося и мешающих его нормальной мыслительной деятельности подобных интеллектуальных шумов, а также научить его «отстраиваться» от них, что позволит повысить эффективность учебного процесса.

Если ИШ воздействует на обучающегося только в некоторой небольшой, как говорят, «узкой» области его учебной деятельности, то такой ИШ можно считать «узкополосным», если во многих областях – «широкополосным». Если ИШ полностью выбивает обучающегося из колеи и мешает ему настолько, что он под воздействием полученной информации или потока «вторичных» мыслей перестает что-либо понимать и прекращает всякую мыслительную деятельность, то такой шум можно считать «квазибелым интеллектуальным шумом».

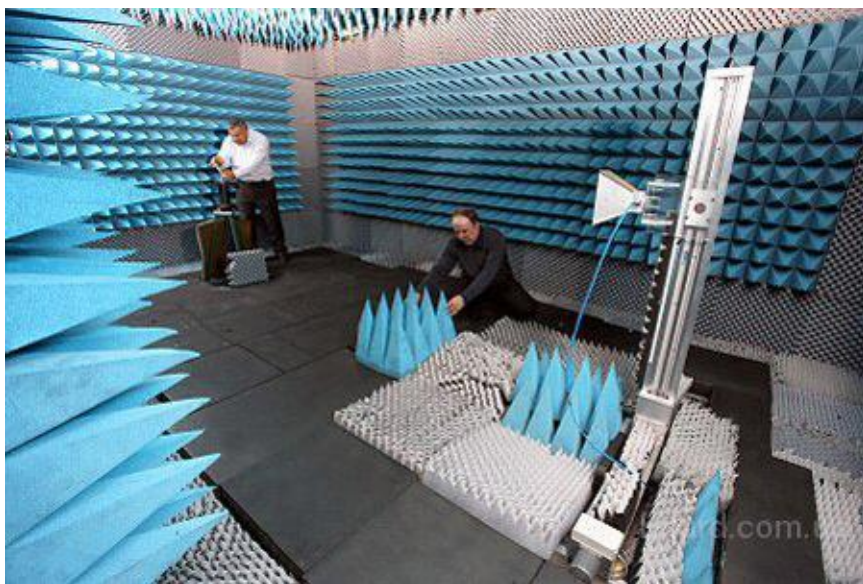
Вопросы для самоконтроля

1. Что такое интеллектуальный шум? Приведите примеры.

Источники информации

1. Городинский И.В. Интеллектуальный шум в учебной среде технического вуза // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2007. – С.34-38.

ГЛАВА III. АКУСТИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ И РАСЧЁТЫ



3.1 Основные правила акустических измерений и расчетов

Оборудование для измерения шума, рисунок 53, представляет собой лабораторию, которую можно развернуть при любых благоприятных условиях в палатке и автомобиле, в квартире и производственном корпусе, на улице под навесом и т. д.

Для начала необходимо, определить соответствующую условиям и целям измерения схему частотной коррекции. Отметим, что в большинстве нормальных случаев используется корректирующая схема А.

Еще до начала действительного измерения рекомендуется снять несколько ориентировочных показаний шумомера в исследуемом звуковом поле. Определить тип и основные параметры подлежащего исследованию звукового поля и соответствующие условиям работы точки замера. Снабженный микрофоном с оптимальной характеристикой в свободном звуковом поле шумомер нужно держать на расстоянии вытянутой руки, причем микрофон должен быть направлен к источнику звука или шума.

В диффузном звуковом поле и поле со случайным падением звуковых волн важно применение микрофона и метода крепления прибора, гарантирующих всенаправленность снабженного микрофоном шумомера. Определить динамическую характеристику шумомера, т. е. «быстро» или «медленно», соответствующую условиям измерения и исключающую ошибки отсчета. Отметим, что при измерении импульсных звуков нужен специальный импульсный шумомер.

В тех случаях, когда определение обуславливающего показание стрелочного прибора или цифрового индикатора шумомера источника звука затруднительно, соединяемые с выходом шумомера наушники могут оказаться ценным помощником. Отметим, что применение наушников возможно только в случае, если шумомер снабжен соответствующим выходным гнездом.



Рис. 53. Набор для измерения шума

Во время измерения необходимо принимать во внимание следующее: 1) достаточное расстояние между микрофоном шумомера и отражающими звук объектами; 2) соответствующее условиям измерения и типу звукового поля расстояние между шумомером и измеряемым источником звука или шума; 3) уровень шума фона; 4) присутствие объектов, способных блокировать распространение звуковых волн от источника к шумомеру; 5) необходимость применения ветрозащитного колпака при работе на открытом воздухе; 6) необходимость исключения результатов измерения при перегрузке шумомера или его индикатора.

Влияние механических ударов по микрофону. Необходимо исключить ошибки измерения, связанные с механическими ударами по микрофону или его ветрозащитному экрану. Особенно важно контролировать этот эффект в случаях применения персональных дозиметров шума. Прикосновение к микрофону (его соединительным устройствам), трение о микрофон или иной вид контакта с другими объектами способны вызвать всплески в регистрируемом уровне звукового давления. Возможные ошибки такого рода выявляют сравнением сигнала, зарегистрированного средством измерений (где это возможно), со сделанными вручную записями наблюдений за изменением шумовой обстановки, которые велись во время измерения.

При обнаружении в сигнале пиков неясной природы следует оценить их влияние на результат измерений и при необходимости повторить измерения. Если средство измерений не имеет или не позволяет использовать режим автоматической записи сигнала во время измерения, то ошибки выявляют по неожиданно большому значению окончательного результата измерения. В этом случае измерение также должно быть проведено заново.

Влияние ветра (воздушных потоков). Не рекомендуется проводить измерения шума в условиях высокой скорости воздушного потока. Если избежать таких измерений невозможно, то следует принять меры к исключению вклада шума, индуцированного потоком. Вклад такого шума можно оценить, проводя измерения в аналогичной рабочей обстановке, где сильные потоки воздуха отсутствуют, или, наоборот, проводя измерения в условиях потока при

отсутствии производственного шума.

Для уменьшения влияния шума, индуцированного потоком воздуха, измерения проводят микрофоном с ветрозащитным экраном. Для персональных дозиметров шума такой экран обычно имеет ограниченные размеры. Контролировать влияние шума, индуцированного потоком воздуха, позволяет применение портативного шумомера с ветрозащитным экраном больших размеров. Для устранения влияния шума, индуцированного потоком, диаметр ветрозащитного экрана на микрофоне портативного шумомера, должен быть не менее 60 мм.

Примечание: Влияние потока воздуха зависит от скорости потока и размера ветрозащитного экрана. Так, при уровне звука 80 дБ при условии использования ветрозащитного экрана диаметром 60 мм влияние воздушного потока будет незначительным, если его скорость не превышает 10 м/с. Нужно учитывать объёмную картину звука, которая возникает при стоячей волне, когда звуковая энергия имеет возможность отражаться и возвращаться к источнику звука. В этом случае образуются зоны пучностей и зоны узлов, где интенсивность звука отличается на много порядков.

Вопросы для самоконтроля

1. Как противодействовать ветру при измерениях? 2. Где используется свойство всенаправленности микрофона шумомера? 3. Как могут повлиять присутствующие объекты на распространение звуковых волн? 4. О чем информируют при измерении пики неясной природы?

Источники информации

1. Приборостроительная компания НТМ-Защита. Измерение звука [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.ntm.ru/center/106/7458> (дата обращения 23.03.2017 г.).

Расчет снижения уровня шума у населённых пунктов. Для расчета требуемого снижения транспортного шума и проектирования средств защиты от него жилой застройки необходимы исходные данные. Исходные данные для расчета уровней шума в расчетных точках на территории населенных пунктов определяются типом учитываемых источников внешнего шума, особенностями планировочной структуры и рельефа местности населенного пункта, назначением защищаемых от шума (рисунок 54), объектов и участков территории.



Рис. 54. Шумозащитные экраны, защищающие жилой район от транспортного шума (слева выполненный из природных материалов, справа – из современного композита)

Одним из основных, наиболее распространенных источников внешнего шума на территории городов являются потоки легковых и грузовых автомобилей и общественного транспорта. Исходным шумовым параметром автотранспортного потока, необходимым для проведения различных акустических расчетов, является его шумовая характеристика.

В качестве шумовой характеристики автотранспортного потока ГОСТ 20444-85 установлен эквивалентный уровень звука, создаваемый потоком на расстоянии 7,5 м от оси ближайшей полосы движения автотранспорта и на высоте 1,5 м над уровнем проезжей части.

Шумовые характеристики автотранспортных потоков определяются для всех стадий проектирования расчетными методами. Лишь для настоящего периода они могут быть определены также и методом натурных измерений. Однако такие измерения в масштабах всего населенного пункта (города) очень трудоемки, требуют больших затрат времени и финансов, что значительно затрудняет или делает даже невозможным в ряде случаев их проведение в полном объеме. Исходя из этого, при оценке шума транспортных потоков в настоящий период часто применяют также расчетные методы. Для повышения надежности этих методов в условиях каждого конкретного населенного пункта нередко проводят выборочные измерения шумовых характеристик транспортных потоков и по ним корректируют расчетную методику, добиваясь наилучшей сходимости результатов расчетов с результатами натурных измерений.

Исходными данными для расчета шумовых характеристик автотранспортных потоков являются: 1) интенсивность движения автотранспорта в часы пик дневного времени и наиболее шумный час ночного времени, натуральные *ед/ч*; 2) суммарная доля грузового и общественного транспорта в потоке, %; 3) средняя скорость движения автотранспорта в потоке, *км/ч*.

Для повышения точности расчета шумовых характеристик автотранспортных потоков необходимо учитывать ряд дополнительных параметров рассматриваемых магистралей, таких как: 1) продольный уклон проезжей части магистрали (улицы, дороги); 2) тип верхнего покрытия проезжей части; 3) ширина разделительной полосы; 4) число полос движения транспорта; 5) длительность светового цикла вблизи перекрестков (разрешающая / запрещающая фаза светофора); 6) тип застройки по обе стороны магистрали.

Кроме шумовых характеристик автотранспортных потоков, для расчетов ожидаемых уровней шума в расчетных точках на территории и в застройке населенных пунктов, необходима следующая исходная информация: 1) планировочная подоснова населенного пункта (города) с указанием расположения всех учитываемых автотранспортных магистралей; 2) на планировочной подоснове должны быть показаны функциональные зоны или защищаемые от шума объекты (в соответствии с масштабом карты) и должен быть установлен допустимый для них уровень звука в соответствии с санитарными нормами (СН 2.2.4/2.1.8.562-96); 3) для каждой автотранспортной магистрали должны быть выделены участки с характерными параметрами движения и состава транспортных потоков и рассчитаны их шумовые характеристики; 4) для выполнения акустических расчетов необходимо дополнительно определить по проекту вертикальной планировки территории отметки высот проезжей части магистралей, расчетных точек, основания проектируемого экрана.

Для оценки ожидаемого шумового режима на участке территории населенного пункта, который необходимо защитить от автотранспортного шума с помощью экрана, и определения основных акустических и конструктивных параметров шумозащитного экрана нужно выполнить следующие действия:

1) на основании анализа ситуационного плана рассматриваемого участка городской территории выявить автотранспортные магистрали, на которых потоки автомобилей являются основными источниками шума, воздействующего на данную территорию и расположенные на ней жилые и общественные здания;

2) условно разбить рассматриваемый участок территории на отдельные подучастки, отличающиеся по условиям генерации и распространения шума. В случаях, если между движущимся транспортом и расчетной точкой расположены экраны, или дорога (улица) на рассматриваемом участке резко изменяет свое направление, или шум в расчетную точку поступает от двух или большего числа дорог (улиц), то производят разбивку территории на участки, отличающиеся условиями распространения шума. При этом поступают следующим образом. Из расчетной точки на плане территории проводят лучи через края экранов (например, существующих зданий), через точки пересечения (или резкого изменения направления) улиц до пересечения с осями этих улиц. При этом получается ряд дополнительных участков, для каждого из которых следует провести самостоятельный акустический расчет;

3) для каждого выделенного подучастка рассчитать шумовые характеристики относящихся к нему автотранспортных магистралей;

4) выбрать расчетные точки в наиболее характерных местах намеченных подучастков территории, а также в необходимых случаях и в помещениях жилых и общественных зданий; 5) рассчитать ожидаемые уровни шума в расчетных точках. Если шум в расчетную точку попадает от нескольких подучастков, то для каждого подучастка выполняется свой самостоятельный расчет, полученные результаты затем энергетически суммируются;

6) определить требуемое снижение уровней шума в расчетных точках путем сравнения рассчитанных ожидаемых уровней шума с уровнями, допустимыми по санитарным нормам;

7) учитывая требуемое снижение уровней шума определить требования к параметрам и конструкции проектируемого шумозащитного придорожного экрана.

При расчете уровней шума на площадках детских дошкольных учреждений, на участках школ, на площадках отдыха микрорайонов, кварталов и групп жилых домов, на территориях больниц и санаториев расчетные точки выбирают на ближайшей к источнику шума границе площадок на высоте 1,5 м над уровнем их территории. При произвольном расположении расчетной точки на территории населенного пункта ее высота принимается также равной 1,5 м.

Расчетные точки на территориях, непосредственно прилегающих к жилым и общественным зданиям, выбирают на расстоянии 2 м от фасадов зданий как со стороны уличного, так и со стороны дворового фасада на уровне середины окна первого и последнего этажей здания.

Если расстояние от источника шума до здания составляет свыше 100 м, то можно ограничиться только одной расчетной точкой на уровне верхнего этажа. При наличии экранирующих сооружений ряд расчетных точек должен выбираться в зоне акустической тени за экранами.

Расчет ожидаемых уровней шума в расчетных точках на территории и внутри помещений. Ожидаемый уровень звука ($L_{Ар.т}$) в расчетной точке от каждого подучастка рассчитывают по формуле:

$$L_{Ар.т.} = L_{Аэкв.} - L_{Арас.} - L_{Авоз.} - \Delta L_{в/т} - L_{Анок.} - L_{Азел.} - L_{Аэкр.} - L_{Азастр.} - L_{Аотр.} - \Delta L_{Аа}, \text{ дБА}, \quad (18)$$

где: $L_{Аэкв.}$ – шумовая характеристика автотранспортного потока на магистрали, проходящей по соответствующему подучастку, дБА; $L_{Арас.}$ – снижение уровня шума автотранспортного потока в зависимости от расстояния между ним и расчетной точкой, рассчитывается по формуле (20), дБА; $L_{Авоз.}$ – снижение уровня шума, вследствие его затухания в воздухе, рассчитывается по формуле (21), дБА; $\Delta L_{в/т}$ – поправка, учитывающая влияние турбулентности воздуха и ветра на процесс распространения звука, рассчитывается по формуле (22), дБА; $L_{Анок.}$ – снижение уровня шума, вследствие его поглощения поверхностью территории, рассчитывается по формуле (23), дБА; $L_{Азел.}$ – снижение уровня шума полосами зеленых насаждений рассчитывается по формуле (25), дБА; $L_{Аэкр.}$ – снижение уровня шума экранирующими препятствиями (зданиями, насыпями, холмами, выемками, искусственными

экранами и т. п.) на пути звуковых лучей от автомагистрали к расчетной точке рассчитывается по формуле:

$$L_{\text{эк.р.}} = L_{\text{Аистр.}} + 10 \lg \frac{2N}{t/2N} + \epsilon \quad (19)$$

где: N – число Френеля; $L_{\text{Аистр.}}$, $L_{\text{Азастр}}$ – поправка, учитывающая отражение звука от ограждающих конструкций зданий (обычно принимают равной 3 дБА), дБА; $\Delta L_{\text{А}\alpha}$ – поправка, учитывающая снижение уровня шума вследствие ограничения угла (α) видимости улицы (дороги) из расчетной точки, рассчитывается по формуле (28), дБА. обычно принимают равной 3 дБА.

Вспомогательные величины, входящие в вышеуказанные формулы, определяются следующим образом.

Снижение уровня шума источника ($L_{\text{А}}^{\text{рас.}}$) с расстоянием равно:

$$L_{\text{А рас.}} = 10 \lg \left(\frac{R}{R_0} \right), \text{дБА} \quad (20)$$

где: R – расстояние от акустического центра автотранспортного потока до расчетной точки, м; $R_0 = 7,5 \text{ м}$ – для автотранспортных потоков.

При расчетах снижения шума с расстоянием акустический центр автотранспортного потока принимается расположенным по оси ближайшей к расчетной точке полосы движения транспорта и на высоте 1 м над уровнем проезжей части магистрали.

Снижение уровня шума, вследствие его затухания в воздухе ($L_{\text{Авоз.}}$), при выполнении акустических расчетов, связанных с экологической оценкой зашумленности территории транспортными источниками, может быть рассчитано по формуле, в которой в скрытом виде учтены усредненные зависимости коэффициента поглощения звука от температуры и влажности воздуха, полученные на основании статистической оценки большого объема экспериментальных данных:

$$L_{\text{Авоз.}} = 0, \text{дБА, для } f = 63 \text{ Гц; } L_{\text{Авоз.}} = 6 \cdot 10^{-6} \cdot f, \text{дБА, для } f = 125 - 8000 \text{ Гц,} \quad (21)$$

где: f – среднегеометрическая частота октавной полосы в диапазоне среднегеометрических частот от 63 до 8000 Гц.

Поправка ($\Delta L_{\text{в/т}}$), учитывающая влияние турбулентности воздуха и ветра на процесс распространения звука, может быть вычислена по формуле:

$$\Delta L_{\frac{g}{m}} = \left[\frac{3}{1,6 + 10^5 \left(\frac{1}{R} \right)^2} \right], \text{дБА} \quad (22)$$

где: R – расстояние от акустического центра источника шума до расчетной точки. Эта формула выведена при усреднении по различным температурным условиям и в предположении, что частота всех направлений

ветра равновероятна.

В случае покрытия поверхности территории травой (газоны) или снегом или наличия рыхлого грунта следует дополнительно учитывать поглощение звука поверхностью территории ($L_{\text{пок.}}$) с помощью следующих формул:

$$\Delta L_{\text{пок.}} = 6 \lg \left(\frac{\delta^2}{(1 + 0,1\delta^2)} \right) \quad (23)$$

$$\delta = \frac{1,4d \cdot 10^{-(0,3H_{\text{и.ш.}} + 1)}}{H_{\text{р.т.}}} \quad (24)$$

где: d – расчетное расстояние, равное $d = 1,4 \cdot R$, м; $H_{\text{и.ш.}}$ и $H_{\text{р.т.}}$ – высоты источника шума и расчетной точки над уровнем территории, м. Если при расчете по формуле (23) δ оказывается меньше единицы, то принимают $\Delta L_{\text{пок.}} = 0$. В случае акустически жесткой поверхности (асфальт, бетон, плотный грунт, вода) $\Delta L_{\text{пок.}}$ во всех случаях равно нулю. При посадке деревьев с плотным примыканием крон и сплошным заполнением подкоронового пространства кустарником, т. е. при устройстве так называемой шумозащитной полосы зеленых насаждений, обеспечиваемое ею снижение шума можно рассчитать по формуле:

$$\Delta L_{\text{зел.}} = \alpha_{\text{зел.}} B, \quad (25)$$

где: $\alpha_{\text{зел.}}$ – постоянная затухания звука в зеленых насаждениях, B – ширина шумозащитной полосы зеленых насаждений, м.

При отсутствии точных данных принимают среднюю величину $\alpha_{\text{зел.}} = 0,08$ дБ/м. Эта формула справедлива при ширине полосы не более 100 м. При большей ширине полосы увеличение $\Delta L_{\text{зел.}}$ значительно замедляется и затруднительно для прогнозирования.

При обычной посадке зеленых насаждений их шумозащитный эффект выражен слабо и практически может не учитываться. Посадка хвойных пород деревьев эффективно снижает шум в течение всего года, посадка лиственных пород – только в летний период.

Поправка, учитывающая ограничение угла видимости магистрали из расчетной точки, рассчитывается по формуле:

$$\Delta L_{A_\alpha} = 10 \lg \left(\frac{\alpha}{180} \right), \text{ дБА} \quad (26)$$

где: α – ограничение угла видимости улицы (дороги) из расчетной точки.

Снижение уровня шума ($L_{\text{экп.}}$) экранирующими препятствиями на пути звуковых лучей от источника шума к расчетной точке рассчитывается с учетом типа экрана. При воздействии на расчетную точку на территории нескольких источников внешнего шума вначале определяют шумовое воздействие каждого отдельного источника по формуле:

$$L^{H.A_{\text{экв.авт.}}} = 10 \lg N_n + 13,3 \lg V + 4 \lg (1 + P) + 17,9 = \\ = 10 \lg (0,1 N_{\text{дн}}) + 13,3 \lg V + 4 \lg (1 + P) + 17,9 = L^{\text{дн.}} A_{\text{экв.авт.}} - 10 \text{дБА} \quad (27)$$

В ночной период суток интенсивность автотранспортного движения ($N_{\text{дн}}$) по данным многочисленных натурных измерений, проводившихся ранее на различных дорогах и по данным института «Союздорпроект», составляет не более 10 % от дневной интенсивности в час пик при тех же значениях соотношения количества грузовых автомобилей и автобусов к общему количеству автомобилей в транспортном потоке (P) и средней скорости потока (V).

Так как разность между шумовой характеристикой автотранспортного потока в дневное и ночное время, согласно формуле, равна 10 дБА, а разность между допустимым уровнем звука в жилой застройке и на селитебных территориях в дневное и ночное время также равна 10 дБА, то достаточно рассмотреть данные только для дневного периода суток. Полученные выводы и рекомендации относительно ожидаемых уровней автотранспортного шума и мероприятий по его снижению будут справедливы и для ночного периода суток. Затем производят энергетическое суммирование их шумовых воздействий:

$$L_{A_{p.m. \text{ сум}}}^{\text{тепп.}} = 10 \lg \sum_{i=1}^n 10^{0,1 \cdot L_{A_{p.m. \text{ сум}}}^{\text{тепп.}}} \quad (28)$$

где: i – номер отдельного источника внешнего шума;
 $L_{A_{p.m.i}}^{\text{тепп.}}$ – уровень шума, создаваемый i -м источником шума, дБА;
 n – общее число воздействующих источников шума.

Ожидаемый уровень звука в расчетных точках внутри промышленного помещения может быть определен по формуле:

$$L_{A_{p.m.}}^{\text{пом.}} = 0,1 \cdot L_{A_{p.m. \text{ сум}}}^{\text{тепп.}} - \Delta L_{A_{\text{ок.}}} \quad (29)$$

коэффициент 0,1 – для твердых поверхностей (асфальт, бетон);

где: $L_{A_{p.m. \text{ сум}}}^{\text{тепп.}}$ – суммарный уровень звука от всех внешних источников в 2-х м снаружи ограждений (окон) помещения; $\Delta L_{A_{\text{ок.}}}$ – снижение шума конструкцией окна.

Обычно при расчетах в качестве $\Delta L_{A_{\text{ок.}}}$ принимают снижение шума окном при открытой форточке (узкой створке, фрамуге), как это требуется санитарными нормами из условий вентиляции жилых помещений. Согласно $\Delta L_{A_{\text{ок.}}} = 10$ дБА. Однако исследования показали, что фактически для меблированных жилых комнат и рабочих кабинетов $\Delta L_{A_{\text{ок.}}} = 15$ дБА. В случае применения в зданиях шумозащитных окон, снабженных вентиляционными устройствами с повышенной звукоизоляцией, $\Delta L_{A_{\text{ок.}}}$ может составлять до 30 - 40 дБА, что позволяет во многих случаях обеспечивать нормативный шумовой

режим в помещении даже при достаточно высоких уровнях шума.

Требуемое снижение уровней звука автотранспортного потока ($\Delta L_{Amp.}$) для расчетных точек на селитебной территории равно:

$$\Delta L_{A_{mp.}} = L_{A_{p.m.}}^{terr.} - L_{A_{доп.terr.}}, дБА \quad (30)$$

а для расчетных точек в помещениях зданий равно:

$$\Delta L_{A_{mp.}} = L_{A_{p.m.}}^{пом.} - L_{A_{доп.пом.}}, дБА \quad (31)$$

Это требуемое снижение ($\Delta L_{A_{тр.}}$) шума автотранспортного потока можно обеспечить с помощью сооружения придорожного шумозащитного экрана, акустическая эффективность которого ($\Delta L_{A_{тр.экp.}}$) должна быть не ниже чем $\Delta L_{A_{тр.}}$.

В населённых пунктах (городах) есть определённый ритм жизни, в котором шум, создаваемый жизнедеятельностью, играет информационную роль. Город представляет собой сложную многоуровневую инфраструктуру – городскую экосистему, схожую с целостным живым организмом, он имеет дату рождения, имя, тело (ландшафтные особенности, геологическую структуру), сосуды (транспортные магистрали, трубопроводы), органы (организации). Функционирование систем города синхронизировано и совпадает с определённой частотой технологического и природного ритма, под которую подстраиваются и жители. Общий ритм городской экосистемы сопровождается различными шумами; оптимизация источников и окружающей среды необходима на разных этапах развития города (строительство, ведение хозяйственной деятельности и эксплуатации жилищно-коммунального хозяйства, транспорт). Город без населения, например в Китае, бесшумный город – это мертвый город. Направление экологии, изучающее урбаноэкосистемы, должно учитывать причины возникновения или исчезновения различных городских ритмов.

Вопросы для самоконтроля

1) На какой высоте и каком расстоянии от ближайшей полосы движения автотранспорта получают характеристику автотранспортного потока? 2) Перечислите исходные данные для расчета шумовых характеристик автотранспортных потоков. 3) Для чего необходимо учитывать ряд дополнительных параметров рассматриваемых автотранспортных потоков магистралей? 4) Кроме шумовых характеристик автотранспортных потоков, какая ещё нужна информация, назовите её. 5) Какие действия нужно выполнить для оценки ожидаемого шумового режима на участке территории населенного пункта, который необходимо защитить от автотранспортного шума с помощью экрана? 6) Из каких значений состоит формула для расчёта ожидаемых уровней шума в расчетных точках на территории и внутри помещений?

Источники информации

1. Методические рекомендации по оценке необходимого снижения звука у населенных пунктов и определения требуемой акустической эффективности экранов с учетом звукопоглощения. Утв. распоряжением Минтранса России от 21.04.2003 № ОС-362-р. – С. 53.
2. Инструкция по разработке раздела «Охрана окружающей среды» проектной документации на стадиях ТЭО, проект (рабочий проект) для строительства в г. Москве. М.: Москомприрода/Мосгосэкспертиза, 1994.
3. Расчетные (без измерительные) методы определения уровней внешнего шума. Варшава: Научные труды института образования среды, 1978.

Определение требуемого снижения шума в производственном помещении.

Акустический расчёт включает: выявление источников шума и определение их шумовых характеристик; выбор расчётных точек, для которых производится акустический расчёт; определение допустимых уровней звукового давления для расчётных точек; выявление путей распространения шума от источников до расчётных точек; определение ожидаемых уровней звукового давления в расчётных точках до осуществления мероприятий по снижению шума с учётом снижения уровня звуковой мощности на пути распространения звука; определение требуемого снижения уровней звукового давления в расчётных точках; выбор мероприятий, обеспечивающих требуемое снижение уровней звукового давления в расчётных точках.

Источниками шума на машиностроительных предприятиях являются станочное, кузнечно-прессовое оборудование, энергетические установки, компрессорные и насосные станции, вентиляционные установки, стендовые испытания двигателей внутреннего сгорания и др. Уровень шума на рабочих местах в производственных помещениях, возникающий от этих источников, обычно значительно превышает допустимые значения. Поэтому при проектировании производственных процессов необходимым условием является определение ожидаемых уровней шума на рабочих местах (рисунок 55), с помощью акустического расчёта и разработки на его основе средств и методов защиты от шума.

При проектировании новых предприятий и цехов, для оценки условий труда по шуму необходимо знать ожидаемые уровни звукового давления в расчетных точках на рабочих местах, на территории жилой застройки с тем, чтобы реализовать мероприятия по снижению и профилактике шума. Задачами акустического расчета являются: 1) определение уровня звукового давления в расчетной точке, когда известен источник шума и его шумовые характеристики; 2) расчет необходимого снижения шума; 3) разработка мероприятий по снижению шума до допустимых величин.



Рис. 55. Расположение акустических экранов на рабочем месте, ограничивающее распространение производственного шума

В зависимости от того, где находится расчетная точка, как на рисунке 56 – в открытом пространстве или в помещении, применяют различные расчетные формулы.

Рассмотрим схему акустического расчета, если расчетная точка находится в помещении: I – интенсивность звука; $I_{отр}$ – интенсивность отраженного звука; $I_{п}$ – интенсивность прямого звука от источника. Любой источник шума характеризуется прежде всего звуковой мощностью. Звуковая мощность источника (P , Вт) – общее количество звуковой энергии, излучаемой источником шума в окружающее пространство за единицу времени. Часто источники излучают звуковую энергию неравномерно по всем направлениям, т.е. обладают определенной направленностью излучения.

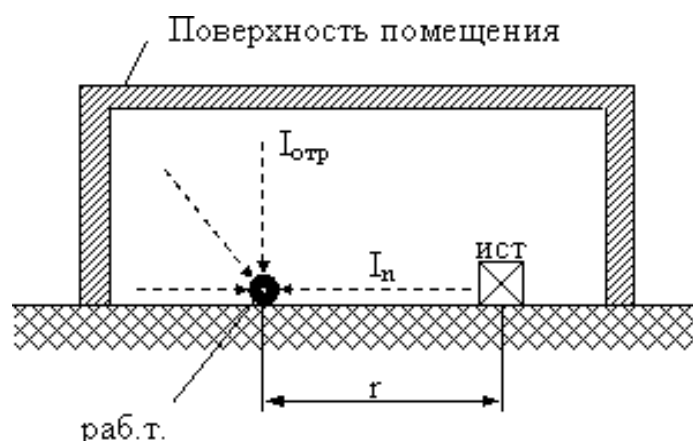


Рис. 56. Определение расчётной точки в пространстве помещения

Источники направленного действия обычно характеризуются (диаграммой) направленности и коэффициентом (фактором) направленности. В соответствии со стандартами (ССБТ) в технической документации к машине (источнику шума) указываются: уровни звуковой мощности шума L_w в

октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами 31,5...8000 Гц; характеристики направленности излучения шума машиной и т. д. Иногда уровни звуковой мощности источника определяются расчетом. Расчет производят в каждой из девяти (восьми) октавных полос. Интенсивность звука I в расчетной точке помещения определяется, в общем случае:

$$I = I_n + I_{отр}, \quad (32)$$

где: I_n – интенсивность прямого звука, идущего от источника непосредственно;

$I_{отр}$ – интенсивность отраженного звука.

Вблизи источника шума его уровень определяется в основном прямым звуком, а при удалении от источника – отраженным звуком. Отражения (звуковые волны многократно отражаются от стен, потолка и различных предметов) обычно увеличивают шум в помещениях на 10-15 дБ по сравнению с шумом этого источника на открытом воздухе. Для проведения акустического расчета (расчета ожидаемых уровней звукового давления) в расчетных точках на рабочих местах используют, например, следующие выражение:

$$L = L_w + 10 \lg(\Phi/S + 4/B) - \Delta L_w \quad (33)$$

где: L_w – уровень звуковой мощности шума, дБ; Φ – фактор направленности (Φ может быть равен 1, 2, 4, 8); S – площадь, принимаемая равной поверхности, на которую распределяется излучаемая источником энергия, м², ($S = \pi r^2$); B – так называемая постоянная помещения, м².

$$B = A / (1 - a_{cp}) \quad (34)$$

где: A – эквивалентная площадь поглощения, м².

$$A = a_{cp} S_{нов} \quad (35)$$

где: a_{cp} – средний коэффициент звукопоглощения внутренних поверхностей помещения ($a_{cp} \leq 1$). ΔL_w – величина снижения уровня звуковой мощности источника при наличии препятствий (перегородки, кабины и т.п.) между источником шума и расчетной точкой, дБ. $S_{нов}$ – площадь внутренних поверхностей помещения, м².

Уровень звуковой мощности источника шума берут из паспорта машины, справочников или определяют расчетом. Расчет производят в каждой из восьми октавных полос. Найденные величины уровней звукового давления сравнивают с допустимыми и определяют требуемое снижение шума:

$$\Delta L_{тр i} = L_i - L_{дон i} \quad (36)$$

где: i – октавная полоса. Если $\Delta L_{тр i} > 0$, то необходимы мероприятия по снижению шума.

Вопросы для самоконтроля

1) Назовите задачи акустического расчета? 2) Где можно получить данные об уровне звуковой мощности шума L_w машины? 3) На сколько увеличивается шум при отражении в помещении?

Источники информации

1. Резчиков Е.А., Носов В.Б., Щербак Е.Г. Безопасность жизнедеятельности: Учебное пособие. Ч. 2. – М.: МТИУ, 1997. – 255 с.
2. Долин П.А. Справочник по технике безопасности. 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоиздат, 1982. – 800 с.
3. Руководство по расчету и проектированию средств защиты застройки от транспортного шума. – М.: Стройиздат, 1982.

Акустические расчеты. Практическое применение акустических расчетов опирается на такие процессы, как излучение, распространение, отражение, дифракцию звука и другие. Излучение звуковых волн зависит от их типа: плоские, цилиндрические или сферические. Наиболее часто востребованы случаи с построением схем, когда излучатель представляется точечным источником сферических звуковых волн. Принято считать, что источник звука точечным, при условии, когда его размеры, по сравнению с расстоянием до расчетной точки (R).

Точечным является источник, если он соответствует условию:

$$R \geq 2 * l_{max} \quad (37)$$

где: l_{max} – максимальный размер источника или, если это расстояние превышает длину звуковой волны. $R > \lambda$

Линейный источник излучения звука генерирует цилиндрические волны. Условие применения определяется зависимостью:

$$R < l_{max} \quad (38)$$

Плоский излучатель рассматривается в зависимости от площади излучателя (S):

$$R \leq 0.4 * \sqrt{S} \quad (39)$$

В зависимости от типа источников шума строится схема расчета излучения звука, рисунок 57. Общие закономерности условий аппроксимаций излучателей отражены в таблице 14.

В теории акустики, применительно к слышимому человеком звуку применяют принцип энергетического суммирования уровень звука (уровень звукового давления). Это можно выразить в следующем виде:

$$L_{\Sigma} = 10 \lg \sum_{i=1}^n 10^{L_i/10} \quad (40)$$

где: L_i – уровень звукового давления (уровень звука) i -го источника; n – число источников

Расчеты шума. Рассмотрим идеальный вариант распространения звука от точечного источника в свободном пространстве. Предполагается отсутствие препятствий и снижение звука с расстоянием на основе закономерностей движения сферической волны.

Условия аппроксимации для излучателей звука

Схема	Излучатель	Условия аппроксимации излучателя	Уменьшение уровень звукового давления (уровень звука), дБ (дБА) при удвоении расстояния R
	Точечный	$R \geq 2 * l_{max}$	6
	Линейный	$R \leq l / \square$	3
	Плоский	$R \leq 0.4 * \square S$	0

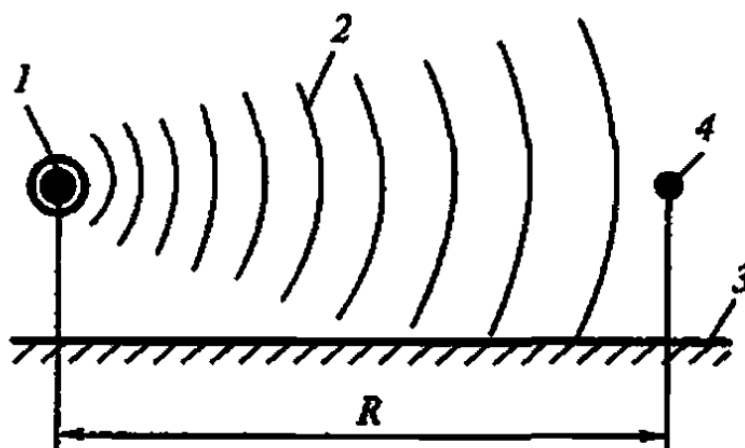


Рис. 57. Схема распространения звука в открытом пространстве: 1 – источник шума; 2 – сферическая звуковая волна; 3 – опорная поверхность; 4 – расчетная точка

Уровень звукового давления в расчетной точке определяется зависимостью:

$$L_{\text{дв}} = L_{\text{Wист}} - 20 \lg R - \text{ПН} \quad (41)$$

где: $L_{\text{Wист}}$ – уровень звуковой мощности источника; $L_{\text{ист}}$ – уровень звукового давления источника шума; ПН – показатель направленности (ПН = $10 * \lg \Phi$); Φ – фактор направленности источника (для ненаправленных

источников $\Phi=1$); Ω – пространственный угол излучения (для источника, расположенного на поверхности, $\Omega=2\pi$, на большом расстоянии от поверхности, $\Omega=4\pi$); R – расстояние от источника шума до расчетной точки; R_0 – расстояние при ненаправленном источнике ($\Phi=0$, $\Omega=4\pi$) = 1 м; χ – коэффициент, учитывающий размеры источника и влияние ближнего звукового поля.

Преобразуя формулу (41) с учетом $R_0=1$, $\chi=1$ выражение принимает вид:

$$L = L_{\text{ист}} - 20 \lg \frac{R}{R_0} \quad (42)$$

3.2 Точки акустических измерений и расчетов

Точки измерения на рабочих местах (рабочих зонах) выбираются на удалении не более 20 м друг от друга на расстоянии 2 м от стен здания; при различии уровней звука в двух смежных точках более 5 дБА выбирают промежуточную точку, рисунок 58.

1. Измерения шума проводят на постоянных рабочих местах в помещениях, на территориях производственных предприятий, на производственных сооружениях и в машинах (у пультов управления, в кабинах и т.п.); при непостоянных рабочих местах измерения производятся не менее чем в трех равномерно распределенных точках рабочей зоны, чтобы охватить возможно большую ее часть.

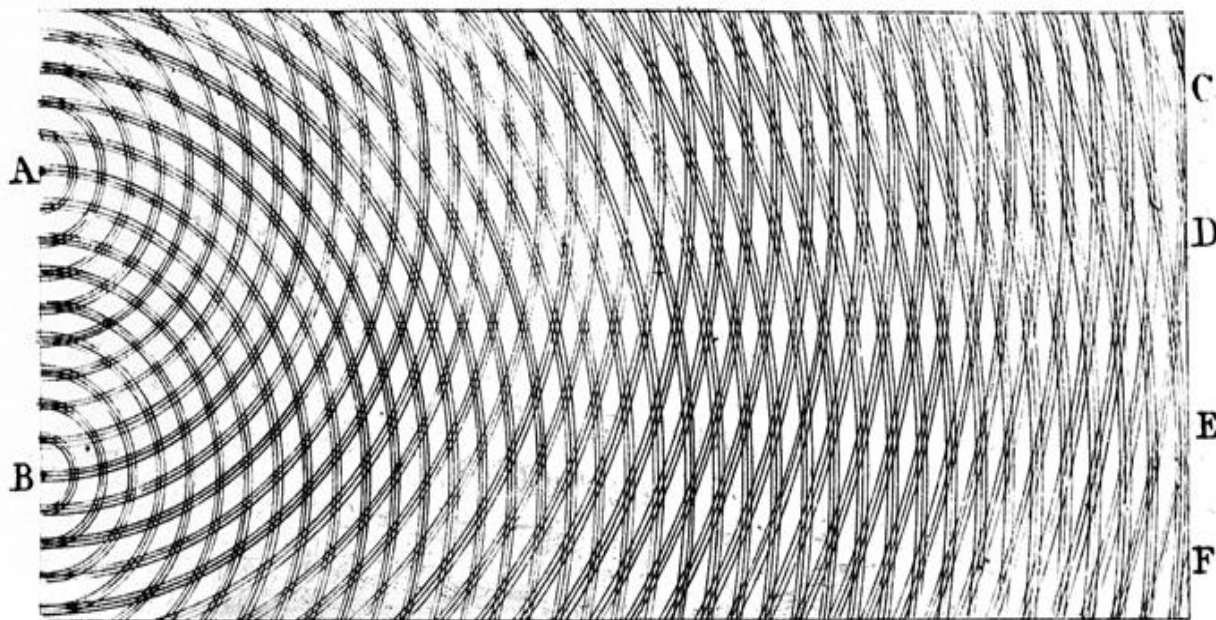


Рис. 58. Структура шумового поля от двух источников звука: А и В – источники звука; С, D, E, F – пучности или узлы стоячей волны, соединив прямой линией к одному из источников, можно проследить зоны разряжения (ромбы) и сгущения (перекрестия лучей) среды

2. Для оценки шумового режима в помещениях количество и расположение точек измерения следует принимать:

а) для помещений с однотипным оборудованием – не менее чем на 3-х постоянных рабочих местах (рабочих зонах);

б) для помещений с групповым размещением однотипного оборудования – на рабочем месте (рабочей зоне) в центре каждой группы оборудования;

в) для помещений со смешанным размещением разнотипного оборудования – не менее чем на трех рабочих местах (рабочих зонах).

3. Измерение шума в кабинах наблюдения и дистанционного управления, а также в помещениях, не имевших шумного оборудования, производится не менее чем в трех точках, ближайших к источникам внешнего шума, а для кабин малых размеров – в середине кабины при закрытых окнах и дверях и включенной вентиляции и других источниках шума внутри помещений.

4. Для оценки шума от одиночной машины измерения производятся на рабочем месте (рабочей зоне) при остановленном прочем оборудовании и вентиляции данного помещения, после чего измеряется шум при включенной исследуемой машине. Уровень шумовых помех должен быть ниже уровня шума исследуемой машины на фоне помех не менее чем на 10 дБ во всех октавных полосах, в противном случае измеренные уровни шума машин корректируются. Если уровень помех ниже уровня шума машины лишь на 4 дБ и менее или уровень помех сильно колеблется во времени, то проведение измерений недопустимо.

5. Для ориентировочного выявления источников шума в отдельных машинах производится последовательное измерение уровней звука в дБА для отдельных узлов машины на расстоянии 10 см от них. После выявления наиболее шумных узлов машины для них производится измерение спектров шума.

Вопросы для самоконтроля

1. На каком удалении намечают точки для измерений? 2. В каком случае точку определяют в центре? 3. Когда и для чего необходимо выключать оборудование во время измерения шума?

Источники информации

1. Методические указания по проведению измерений и гигиенической оценки шумов на рабочих местах. Утв. Минздравом СССР 25.04.1978 № 1844-78, Москва, 1978.

2. ГОСТ 23337-78 Шум. Методы измерения шума на селитебной территории и в помещениях жилых и общественных зданий. –М.: Изд-во стандартов, 1985.

3. Расчетные (безизмерительные) методы определения уровней внешнего шума. – Варшава: Научные труды института образования среды, 1978.

3.3 Характеристика прибора для измерения шума



Персональный дозиметр шума вместе с микрофоном и соединительным кабелем должен удовлетворять требованиям МЭК 61252. Если измерения проводят в условиях очень низких температур или в шуме доминируют высокочастотные составляющие, то персональный дозиметр шума должен удовлетворять требованиям к шумомерам класса 1 по МЭК 61672-1¹ (см. примечание 1). Нижняя граница диапазона измерений персонального дозиметра шума может быть высока. Следует убедиться, что это не оказывает влияния на результат измерения.

Акустический калибратор. Акустический калибратор, рисунок 59, должен удовлетворять требованиям к средствам измерений класса 1 по МЭК 60942. Допускается использовать калибраторы класса 2 по МЭК 60942, если такая возможность предусмотрена изготовителем шумомера или дозиметра. При этом применяемый калибратор должен соответствовать типу, указанному производителем шумомера или дозиметра.

Подтверждение метрологических характеристик. Для обеспечения прослеживаемости результатов измерений к национальным эталонам следует регулярно проводить поверку акустического калибратора и подтверждать соответствие средств измерений шума требованиям МЭК 61672-1, МЭК 61252

1 Примечание 1. Для средств измерений класса 1 по МЭК 61672-1 установлен диапазон допустимых температур от минус 10 °C до плюс 50 °C, в то время как для шумомеров класса 2 по МЭК 61672-1 и персональных дозиметров шума по МЭК 61252 метрологические характеристики определены для температур окружающего воздуха от 0 °C до плюс 40 °C. Чтобы обеспечить необходимую точность измерений в условиях, когда температура воздуха находится вне пределов указанного диапазона, следует использовать средства измерений, для которых такая возможность указана изготовителем, или же воспользоваться шумомерами класса 1 по МЭК 61672-1.

Примечание 2 - От выбора средства измерений зависит неопределенность измерения.

Примечание 3 - МЭК 61252 предусматривает широкие пределы допуска для частотной характеристики прибора на частотах свыше 4000 Гц, что может привести к ошибочным результатам измерений при наличии в измеряемом шуме высокочастотных составляющих, подобных создаваемым воздушным соплом. Чтобы уменьшить инструментальную составляющую неопределенности при измерениях такого шума, может оказаться необходимым использовать средство измерений, для которого изготовитель указал более узкий диапазон допуска на высоких частотах, или же воспользоваться шумомерами класса 1 по МЭК 61672-1.

и других соответствующих стандартов силами специализированной лаборатории. Применяемые средства измерений должны иметь действующие свидетельства о поверке.



Рис. 59. Акустический калибратор

Срок действия свидетельства о поверке и наименование выдавшей его лаборатории следует указывать в протоколе измерений.

Прибор для измерения звука. Принципиальное устройство шумомеров – схема представлена на рисунке 60. Шумомер предназначен для измерения уровня звукового давления – воздушного шума. Общая схема шумомера выбрана так, чтобы его свойства приближались к свойствам человеческого уха.

Чувствительность уха зависит от частоты звука, а вид этой зависимости изменяется с изменением интенсивности измеряемого шума (звуча). Для измерения характеристик шума используются шумомеры, анализаторы и измерительные тракты, удовлетворяющие требованиям ГОСТ 17187-81(СТ СЭВ 1351-78), а также полосовые фильтры по ГОСТ 17168-82 (СТ СЭВ 1807-79).

Шумомер содержит ненаправленный измерительный микрофон, усилитель, корректирующие RC-фильтры, детектор и стрелочный прибор – индикатор. Шкала прибора градуируется в децибелах относительно среднеквадратического уровня звукового давления $2 \cdot 10^{-5} \text{ Па}$. Шумомер снабжён ступенчатым делителем (через 10 или 20 дБ) напряжения – аттенуатором. Иногда применяют два аттенуатора для предотвращения перегрузок. Это позволяет использовать шумомер в динамическом диапазоне от 20 до 140 дБ. Обычно питание шумомеров осуществляется от батарей.

Измеряемый уровень звукового давления определяется суммированием показаний аттенуаторов и индикатора. Для оценки пульсирующих шумов шумомер имеет регулировку демпфирования стрелочного индикатора – «Быстро» и «Медленно». Коэффициент усилительных устройств шумомера должен быть постоянным. В современных шумомерах имеется устройство для калибровки усиления электрического тракта.

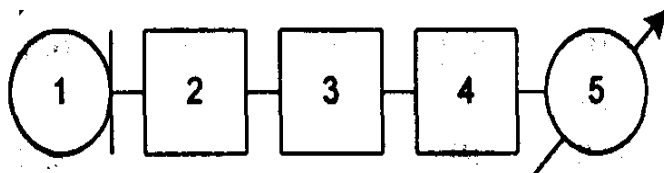


Рис. 60. Принципиальная схема шумомера: 1 – микрофон; 2 – усилитель; 3 – анализатор частоты (фильтр); 4 – детектор; 5 – регистратор (индикатор)

Для единообразия и идентичности измерений требования к параметрам шумомеров обычного применения и прецизионных шумомеров регламентированы стандартами ГОСТ 17187-81 и Международной электротехнической комиссией (МЭК) МЭК 651 и МЭК 804. Требования МЭК регламентируют три частотные характеристики А, В и С для шумомеров, а также величину допусков на эти характеристики.

В шумомере имеются 3 комплекта фильтров, обеспечивающих нужную форму частотной характеристики: А – при малой громкости ~ 40 фон (используется в диапазоне 20–55 фон), В – средней громкости ~ 70 фон (55–85 фон) и С – большой громкости (85–140 фон). Характеристика при большой громкости равномерна в полосе частот 30–8000 Гц.

Шкала А применяется также для измерения уровня громкости, выраженного в единицах – децибел с пометкой А, т. е. дБА, при любой громкости. Величиной уровня звука в дБА пользуются при нормировании громкости шума в промышленности, жилых домах и на транспорте. Переключение фильтров производится вручную в зависимости от громкости измеряемого звука (шума).

Выпрямленный квадратичным детектором сигнал усредняется за время, соответствующее постоянной времени уха 50–60 мсек (промежуток времени, в течение которого ухо вследствие своей инерционности воспринимает два отдельных звуковых сигнала как один слитный). Шкала выходного прибора градуируется в децибелах относительно среднеквадратичного уровня звукового давления ($2 \cdot 10^{-5}$ н/м²) по одной из трех шкал – А, В или С.

Современный шумомер представляет собой компактный портативный прибор, питание которого осуществляется при помощи находящихся внутри сухих батарей. Микрофон, электронная схема и индикатор шумомера должны быть предельно устойчивы по отношению к изменениям температуры, влажности, барометрического давления, а также стабильны во времени.

Калибровка шумомеров. Перед измерением шумомер необходимо откалибровать с помощью специального акустического шумового или тонального калибратора или пистонфона, то есть установить номинальный коэффициент усиления измерительного тракта. Шумомеры калибруются следующим образом.

Регулятор калибровки шумомера устанавливается на значение, совпадающее со значением создаваемого пистонфоном уровня давления. По возможности калибровку следует проводить при частотном приведении LINEAR

(линейно) шумомера.

Приборы, в которых не предусмотрено такое частотное приведение, требуют согласования создаваемого пистонфоном уровня звукового давления путём использования корректирующего значения $\pm L(f)$. Для стандартных кривых приведения A , B , C и D действует:

$$L_{A,B,C,D} = L_{LIN} \pm L(f)_{A,B,C,D} \quad (43)$$

При калибровке шумомеров, позволяющих измерять с приведением частоты, надо учитывать допуски кривых частотного приведения. Эти допуски входят в дополнительные погрешности.

В конструкциях современных шумомеров, как правило, предусматривается как измерение параметров шума, так и его спектральный анализ с использованием анализатора спектра.

Анализаторы спектра. Анализ периодических процессов осуществляется анализаторами гармоник, которые позволяют определить величину амплитуд колебаний, составляющих спектр и ширину полосы частот спектра. Непериодические процессы, анализируются спектрометрами, позволяющими определить огибающую спектра и его интенсивность в пределах заданной полосы частот. Любой анализатор спектра состоит из датчика, частотно-избирательной системы и индикатора. В качестве частотно-избирательной системы используются электрические и электромеханические резонансные устройства (колебательный контур, кварц, камертон, фильтр и т.п.). Индикатором спектра служат стрелочный прибор, электронно-лучевая трубка и т. д.

В панорамных анализаторах спектр регистрируется на электронно-лучевой трубке. В панорамных спектрометрах применяют как последовательный, так и одновременный частотный анализ.

Сущность одновременного частотного анализа заключается в том, что все частотные составляющие в определённой полосе частот выявляются одновременно. Для этого используют большое число резонаторов со смещёнными резонансными частотами, которые одновременно находятся под воздействием исследуемого сигнала. Анализирующие свойства этих приборов характеризуются шириной полосы пропускания частот, коэффициентом передачи, крутизной спада частотной характеристики, разрешающей способностью, динамическим диапазоном и временем анализа.

Применяемые для исследования шума и вибрации анализаторы спектра обычно имеют ширину прозрачности в одну октаву, $1/2$ октавы или $1/3$ октавы. Чем уже полоса пропускания фильтра, тем больше сведений о спектре излучаемого колебательного процесса можно получить с его помощью. Уровень звукового давления в измеряемой частотной полосе относят к среднегеометрической частоте этой полосы.

При измерениях шума и звуковых вибраций исследования проводятся в девяти октавных полосах, охватывающих диапазон от 31,5 до 8000 Гц, таблица 15.

Октавы и частоты

Номер октавы	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Среднегеометрические частоты октавных полос в Гц	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000

Проверку работоспособности средства измерений на месте его применения проводят в отношении всей измерительной цепи, включая микрофон. Данная процедура предназначена для подтверждения достоверности полученных результатов измерений и отличается от калибровки в лабораторных условиях. При проведении проверки работоспособности акустический калибратор, последовательно соединяют с каждым микрофоном и записывают значение уровня звука на одной или нескольких частотах калибратора в пределах диапазона частот измерений. Эту операцию выполняют в условиях малозащумленного помещения.

Проверку работоспособности на месте проводят перед каждой серией измерений и в начале каждой дневной серии измерений. В конце каждой серии измерений и после окончания дневной серии измерений проверку работоспособности выполняют снова. Если уровень звукового давления на какой-либо частоте калибратора в конце серии измерений отличается от полученного в начале серии измерений более чем на 0,5 дБ, то результаты измерений в данной серии считают недостоверными.

Вопросы для самоконтроля

1. Что представляет собой шумомер? 2. Какой принцип действия шумомера? 3. Как устроен шумомер? 4. Как и с помощью каких средств измерений осуществляют калибровку шумомеров? 5. Перечислите состав аппаратуры для измерения шума. 6. Чем отличаются анализатор гармоник и спектрометр друг от друга? 7. Из каких блоков состоит анализатор спектра?

Источники информации

1. Приборостроительная компания НТМ-Защита. Измерение звука [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.ntm.ru/center/106/7458> (дата обращения 23.03.2017 г.).
2. ГОСТ 8.153 - 75. ГСИ. Микрофоны измерительные конденсаторные. Методы и средства поверки.
3. ГОСТ - 16123 - 70. Микрофоны. Методы электроакустических испытаний.
4. Национальный стандарт РФ ГОСТ Р ИСО 9612-2013 "Акустика. Измерения шума для оценки его воздействия на человека. Метод измерений на рабочих местах" (утв. приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 5 декабря 2013 г. № 2180-ст).



Измерения персональным дозиметром шума. Микрофон персонального дозиметра шума закрепляют на плече работника на высоте приблизительно 0,04 м над ним и на расстоянии не менее 0,1 м от входного отверстия наружного слухового прохода со стороны уха, где шум максимален. Микрофон и соединительный кабель фиксируют таким образом, чтобы движения работника и его одежда не искажали результаты измерений.

Выбранный способ крепления не должен мешать работнику выполнять его функции и не должен создавать для него дополнительных производственных рисков. Кроме того, он не должен способствовать появлению ложных источников шума².

Обследуемый работник должен быть проинформирован о цели измерений. Он должен быть предупрежден о необходимости носить установленный прибор в течение измерений и выполнять при этом свои функции обычным образом.

После проверки работоспособности персонального дозиметра шума выполняют операции сброса его показаний и повторного пуска в соответствии с инструкцией изготовителя. Прикрепляют дозиметр шума к обследуемому работнику, следя, чтобы при этом не производились дополнительные шумы, регистрируемые прибором. Фиксируют время начала измерения. По завершении измерения персональный дозиметр шума останавливают в соответствии с инструкцией изготовителя и снимают его с работника. Фиксируют время окончания измерения.

Все выделяющиеся пики в записи прибора, которые в ходе наблюдений не были соотнесены с соответствующими изменениями шумовой обстановки, должны быть проанализированы, и результаты анализа должны быть указаны в протоколе измерений.

Измерения интегрирующим-усредняющим шумомером. Результат измерения интегрирующим-усредняющим шумомером должен быть представительным для шумового воздействия на ухо работника. Если звуковое поле на рабочем месте работника однородно, то вопрос выбора точки измерений не так важен, как в случае поля с сильной неравномерностью.

Предпочтительным является проведение измерений в отсутствие обследуемого работника на рабочем месте. Микрофон располагают в точке, где

2 Примечание 1 - При использовании приборов, переносимых работником, или в других ситуациях, когда микрофон расположен очень близко к телу работника, на результат измерений влияют экранирующие и отражающие свойства тела. Особенно сильно это проявляется на высоких частотах и для источников шума малых размеров, расположенных близко к уху. В таких случаях рекомендуется провести измерения, устанавливая микрофоны по обе стороны головы, чтобы оценить воздействие шума для того уха, для которого оно больше.

Примечание 2 - Преимуществами использования персональных дозиметров шума является то, что оператор не должен во время измерений следовать за работником, а также возможность проводить измерения для нескольких работников сразу.

должна находиться голова работника при обычном способе выполнения работ, в центральной плоскости головы на линии между глазами, так чтобы его измерительная ось совпадала с направлением взгляда работника. При этом следует учитывать, что работник при выполнении рабочих операций может принимать разные позы с разным расположением и ориентацией головы. Усредненная характеристика шумового воздействия на работника может быть получена перемещением точки измерения в пределах рабочего места, например, при движении микрофона с постоянной скоростью по траектории в виде лежащей цифры восемь (знака бесконечности).

Если в отсутствие работника результаты измерения на рабочем месте нельзя считать представительными, то измерения проводят во время выполнения работником своих функций, размещая микрофон на расстоянии от 0,1 до 0,4 м от входного отверстия наружного слухового прохода со стороны уха, где шум максимален.

Если характер деятельности работника или особенности его рабочего места не позволяют соблюсти условие расположения микрофона в пределах 0,4 м от уха работника, то рекомендуется оценку шумового воздействия выполнять с помощью средства измерений, переносимого работником.

Если работник находится на очень близком расстоянии от источника шума, то это требует тщательного исследования звукового поля вокруг работника. При этом в протоколе измерений должно быть точно указано место расположения микрофона и направление его измерительной оси.

Если определить типичное положение головы работника во время его работы невозможно, то микрофон устанавливают следующим образом:

а) для стоящего работника – на высоте $(1,55 \pm 0,08)$ м над уровнем поверхности, на которой стоит работник;

б) для сидящего работника – в центральной плоскости сиденья на высоте $(0,80 \pm 0,05)$ м над его поверхностью при остановке сиденья посередине диапазонов перемещения по вертикали и горизонтали.

Если работник при выполнении рабочего задания совершает перемещения относительно звукоизлучающей машины, то результаты измерений с помощью стационарно установленного микрофона могут дать завышенную или, наоборот, заниженную оценку шумового воздействия даже в том случае, когда рабочее место работника хорошо определено и неизменно в пространстве. В таких случаях рекомендуется проводить измерения с использованием персонального дозиметра шума.

Если работник находится поблизости от источника шума, то даже незначительные изменения в положении микрофона могут привести к значительным изменениям результата измерений. При наличии в шуме отчетливо выраженных тональных составляющих возможно образование стоячих волн. Чтобы определить вариации уровня звукового давления микрофон устанавливают в разных точках в пределах рабочего места. Эти вариации интерпретируют как изменения уровня звукового давления со временем и соответствующим образом усредняют. При сканировании микрофона в пределах рабочего места работника разрешение по времени

должно быть выбрано достаточно малым, чтобы обеспечить точное измерение зависимости уровня звукового давления от времени $L(t)$. Для последующего расчета составляющей неопределенности измерения, связанной с неравномерностью звукового поля, полученную функцию $L(t)$ разбивают на три, а лучше шесть временных интервалов равной длительности. Уменьшить данную составляющую можно проведением дополнительных измерений с помощью средства измерений с фиксированным положением относительно работника.

Если работник надевает головной телефон (например, секретари, телефонисты, летчики, авиадиспетчеры) или шлем (например, летчики или мотоциклисты), то измерение шума на их рабочих местах требует применения специальных методов. При источниках шума, расположенных близко к уху, измерения могут быть проведены непосредственно в ушном канале.

Шумомер, анализатор спектра Алгоритм-111. Описание средства измерений. Конструктивно шумомер выполнен в жёстком металлическом корпусе, в котором расположены электронные платы, клавиатура управления и цветной, высококонтрастный OLED дисплей. В нижней части корпуса шумомера расположены разъемы microUSB и гнездо для установки карты памяти microSD, в качестве дополнительной памяти для записи и сохранения результатов измерений. В верхней части корпуса шумомера расположен звукоотражающий конус со встроенным предусилителем для преполяризованного конденсаторного микрофона. Принцип действия шумомеров основан на преобразовании микрофоном поступающего акустического сигнала в электрический сигнал с последующей обработкой встроенными фильтрами и среднеквадратичным детектором с заданными постоянными времени. Информация о режиме работы и результаты измерений отображаются на дисплее. Шумомеры имеют встроенную память для хранения внутреннего программного обеспечения (ПО), а также внешнюю память на заменяемых картах памяти для записи и хранения непосредственно результатов измерений, которые могут быть переданы в ПЭВМ.

Шумомеры измеряют: уровень звука с частотными коррекциями A, C, Z и временными характеристиками F, S и I; максимальный и минимальный уровни звука; эквивалентный непрерывный уровень звука. Встроенные цифровые $1/1$ и $1/3$ октавные фильтры выполняют параллельный анализ в реальном времени. Питание шумомеров может осуществляться от четырёх щелочных элементов или аккумуляторов размера AAA, а также от внешнего источника питания постоянного тока (блока питания). Внешний вид шумомеров, с указанием места нанесения наклейки со знаком утверждения типа и места пломбировки от несанкционированного доступа, приведён на рисунке 61.

Алгоритм-111 - это шумомер 1 класса точности, в соответствии с ГОСТ 17187–2010 (IEC 61672–1:2002) и МЭК 16672–1:2002, а также $1/1$ и $1/3$ октавный анализатор спектра по ГОСТ 17168–82 и МЭК 61620:1995.

Алгоритм-111 является одним из самых миниатюрных средств измерений шума на российском рынке (весом всего 220 грамм).

Прибор предназначен для общих и санитарно-гигиенических

акустических измерений, мониторинга окружающей среды, охраны труда и технической безопасности. Прибор воплотил в себе достижения всех новейших технологий в области современного приборостроения.

Прочный корпус (соответствует требованиям IP65), портативные размеры, понятный и простой интерфейс пользователя, позволяющий быстро настраивать и менять настройки, делают Алгоритм-111 идеальным решением для санитарно-гигиенических и технических измерений шума на рабочих местах, в жилых и общественных помещениях, в окружающей среде. Прибор Алгоритм-111 – незаменимый помощник для экологов, консультантов и инженеров, чья работа связана с изучением распространения и ограничением воздействия шума как на людей, так и на технические объекты.



Рис. 61. Внешний вид шумомера Алгоритм-111

Базовый комплект поставки шумомера Алгоритм-111: Алгоритм 111 – Шумомер, анализатор спектра; SV 7052 – $\frac{1}{2}$ преполяризованный конденсаторный микрофон с чувствительностью 38 мВ/Па фирмы АСО; SV 18 – Встроенный микрофонный предусилитель; SC 156 – Интерфейсный кабель микро USB; SA 22 – Ветрозащитный экран; SA 62 – Карта памяти микро SD ёмкостью 4 Гб; SA 80 – Мягкий чехол из синтетического материала; Четыре элемента типа AAA; Паспорт прибора; Флеш-диск. Драйвера и программное обеспечение SvanPC++ для операционной системы Windows XP/VISTA/7/8.

Функции в базовом комплекте поставки Алогоритм-111: Измерение уровня звука в режиме шумомера; Запись истории измерения на SD карту; Запись голосовых комментариев к измерениям.

Дополнительные функциональные опции к шумомеру Алгоритм-111: AL_01_AL111 – Опция $\frac{1}{1}$ октавного анализа; AL_03_AL111 – Опция $\frac{1}{1}$ и $\frac{1}{3}$ октавного анализа; AL_10_AL111 – Опция измерения дозиметрических параметров; AL_15_AL111 – Опция записи временного сигнала (в формате wav); CAL_AL111 – Поверка прибора с оформлением свидетельства

государственного образца.

Дополнительные аксессуары для шумомера Алгоритм-111: SV 30A – Акустический калибратор; SC 91/5 – Удлинительный кабель для предусилителя SV18 длиной 5 метров; SA 72 – Ударопрочный кейс для прибора АЛГОРИТМ-111 и чехол из водоотталкивающего материала; SvanPC++ Экологический мониторинг – Модуль программного обеспечения для дополнительной обработки результатов измерений, входящий в пакет SvanPC++ (ключ и лицензия на один компьютер).

Нормативные документы на соответствие стандартам (1 класс точности) ГОСТ 17187-2010 (IEC 61672-1:2002) ГОСТ 17168-82 Фильтры октавные и третьоктавные IEC 651:1979; IEC 61620:1995; IEC 61672-1: 2002

Формы представления результатов измерений, выполненных прибором Алгоритм 111. Прибор обеспечивает сбор всей информации об измеряемом сигнале в следующих форматах:

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ – к этому типу результатов относятся как одночисловые скорректированные энергетические значения: SPL, LEQ, SEL, DOSE, SEL8 и т.д., так и значения, характеризующие линейные параметры шума LPEAK. **ИСТОРИЯ** – запись истории измерения либо всех, либо какого-то выбранного **ОСНОВНОГО РЕЗУЛЬТАТА**. Запись **ИСТОРИИ** может выполняться с разным разрешением, задаваемым шагом **ИСТОРИИ**. Запись **ИСТОРИИ** измерения – мощный инструмент, позволяющий визуализировать сам измеряемый процесс с целью дальнейшей обработки и анализа. **СПЕКТР** – измерение в $1/1$ и $1/3$ октавных полосах частот, дающее распределение энергии колебаний по частотам. Результаты измерения **СПЕКТРА** могут быть записаны в **ИСТОРИЮ** измерения. **СИГНАЛ** – запись исходного, акустического сигнала в цифровом виде. Данная функция представляет собой все возможности цифрового магнитофона. Эту форму представления результата измерения можно использовать для идентификации сигнала и дополнительного исследования в других пакетах программного обеспечения для обработки сигналов, например в Matlab.



КЛАВИАТУРА И МЕНЮ ПРИБОРА Прибор Алгоритм 111

полностью управляется и настраивается восемью клавишами и меню настройки. Прибор имеет четыре курсорные клавиши, две функциональные клавиши, одну клавишу переключения регистра и одну клавишу, запускающую и останавливающую процесс измерения. Интерфейс настройки прибора с помощью клавиатуры имеет интуитивно понятную архитектуру и не создаёт затруднения даже для начинающих пользователей. Управление прибором Алгоритм 111 через клавиатуру возможно в трёх режимах, которые позволяют выполнять измерения специалистам с разным уровнем профессиональной подготовки. **СТАРТ/СТОП** – режим, в котором доступна только одна клавиша запуска и остановки измерения. Все остальные функции меню – заблокированы. В этом режиме невозможно изменить ранее сделанные настройки прибора. Режим предназначен для выполнения измерений

с привлечением низко квалифицированных операторов. ПРОСТОЙ – режим, в котором доступны только основные настройки прибора. Режим предназначен для начинающих специалистов и операторов с низкой квалификацией.

РАСШИРЕННЫЙ – режим управления прибором, в котором доступны все настройки прибора. Предназначен режим для экспертов и высококвалифицированных специалистов.

НАСТРОЙЩИК – сервисная программа, обеспечивающая понятный и быстрый интерфейс настройки прибора из компьютера, рисунок 62. Эта программа дает пользователю возможность создавать большое количество настроек прибора и хранить их в базе настроек.



Рис. 62. Интерфейс настройки шумомера через компьютер

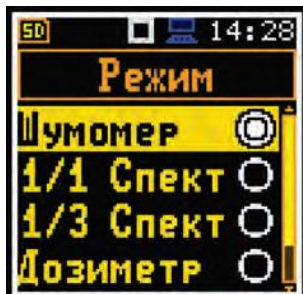
Алгоритм 111 как профессиональный прибор может использоваться в любых областях деятельности человека для решения различных задач, что может потребовать большого количества различных настроек. Часто бывает так, что даже в течение одной серии измерений возникает потребность несколько раз менять настройку прибора для выполнения требуемой методики измерений. Для этих целей предназначен НАСТРОЙЩИК. Этот сервис позволяет просто и наглядно создать любое количество настроек, сохранить их на компьютере в базе данных, легко загрузить и активировать в приборе Алгоритм 111.

Программа НАСТРОЙЩИК позволяет работать в трёх режимах: ДЕРЕВО – древовидное представление меню настройки прибора; СПИСОК – представление меню настройки прибора в виде списка; МАСТЕР – настройка прибора с помощью подсказок пользователю, что надо сделать на каждом шаге. Этот режим очень удобен для начинающих пользователей, так как даются пояснения как тот или иной выбор будет влиять на конечный результат. Этот режим рекомендуется использовать для обучения работе с прибором.

Стандартный режим – ШУМОМЕР. Режим ШУМОМЕР – стандартный режим работы прибора, в котором измеряются и вычисляются все стандартные акустические параметры, называемые ОСНОВНЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ: *LPeak*,

SPL, LMax, LMin, Leq, SEL, Lden, Ltm3, Ltm5, Statistics - Ln (L1 – L99).

Форма отображения **ОСНОВНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ** измерения на дисплее прибора может меняться пользователем самостоятельно, исходя из удобства визуального восприятия и получения максимальной информации об измеряемом сигнале.



В режиме ШУМОМЕР прибор Алгоритм 111 одновременно работает как

классический шумомер; интегрирующий шумомер. В первом случае все

текущие **ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ** отображаются на дисплее прибора

за период времени 1 секунда, во втором случае все накапливаемые

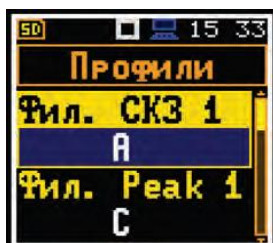
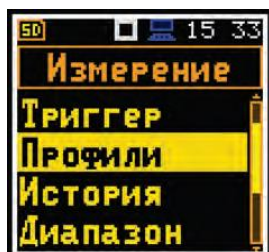
ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ отображаются на дисплее прибора за период интегрирования.

Включение режима ШУМОМЕР. Особенности ШУМОМЕРА. Профили. В режиме ШУМОМЕР прибор Алгоритм 111 выполняет измерения в трёх ПРОФИЛЯХ, в каждом из которых можно одновременно задать как частотно-весовую функцию, так и временную характеристику экспоненциального усреднения (Slow, Fast, Impuls). Фактически три ПРОФИЛЯ – это три разные настройки прибора. Таким образом, Алгоритм 111 выполняет измерение одного и того же сигнала тремя разными способами. Это удобно для выполнения сравнительного анализа, поскольку измерение и обработка сигнала в трёх ПРОФИЛЯХ выполняется параллельно и в одни и те же моменты времени.

В каждом из ПРОФИЛЕЙ измерение энергетических (СКЗ) и амплитудных (PEAK) характеристик может быть выполнено с разными частотно-весовыми функциями: Z, A, C, D.

Измерения **ОСНОВНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ** в трёх профилях могут быть отображены одновременно на одном экране в режиме «3 ПРОФИЛЯ».

Настройка прибора в ПРОФИЛЯХ и вывод результатов измерений трёх ПРОФИЛЕЙ на дисплей прибора



Текущий SPL. В приборе Алгоритм 111 реализован режим постоянного отображения результата измерения текущего уровня звукового давления.

При активации этого режима текущее значение SPL всегда представлено

на дисплее прибора и показывает реальный уровень шума в данный момент времени в той точке, где находится микрофон прибора.

Для того, чтобы выполнялись измерения в режиме ТЕКУЩЕГО SPL, не требуется нажимать клавишу СТАРТ. Измерения начинаются автоматически сразу при включении питания прибора и заканчиваются только при выключении.

При нажатии кнопки СТАРТ запускается измерение накапливаемых (кумулятивных) энергетических значений, таких как: *LEQ*, *SEL*, *Lden* и т.д. Измерение ТЕКУЩЕГО SPL выполняется в соответствии с настройкой прибора в ПРОФИЛЕ 1.

Применение. Быстрый контроль текущего уровня звука без запуска прибора для измерения.

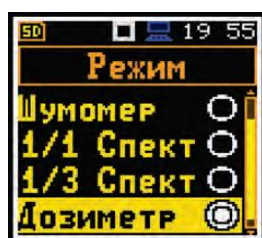
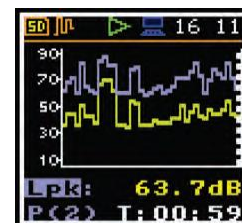
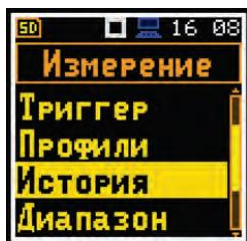
Особенности измерения. Измерение ТЕКУЩЕГО SPL выполняется непрерывно в течение всего времени работы прибора. Измерение уровня звука выполняется в соответствии с настройкой прибора в ПРОФИЛЕ 1. *SP LRUN SPL*

Текущий LEQ. В приборе Алгоритм 111 наряду со стандартным режимом вычисления эквивалентного уровня звука за рассматриваемый период времени доступен режим следящего вычисления значения *LEQ*. Режим ТЕКУЩИЙ *LEQ* даёт реалистичную картину накопления текущего эквивалентного уровня звука. Суть метода в том, что эквивалентный уровень измеряется за временное окно стандартной длительности. Каждую секунду временное окно смещается, и при этом выполняется перерасчёт значения *LEQ* по результатам измерения, попадающего в это временное окно. Ширина временного окна остается неизменной, но окно постоянно смещается на 1 секунду. Таким образом, результат ТЕКУЩИЙ *LEQ* представляет собой среднее значение за период времени, равный длительности временного окна, и последовательно вычисляется по всем результатам измерения. В режиме ТЕКУЩИЙ *LEQ* вычисляются следующие параметры: *LR15* – эквивалентный уровень за временное окно длительностью 15 минут; *LR60* – эквивалентный уровень за временное окно длительностью 60 минут. Наиболее информативное представление результата измерения параметров *LR15* и *LR60* в формате ИСТОРИИ измерения.

История. Функция ИСТОРИЯ – запись истории измерения – базовая функция прибора, при работе которой в файл результатов записывается история измерения ОСНОВНОГО РЕЗУЛЬТАТА с заданным шагом записи.

История измерения – мощный инструмент изучения измеряемого сигнала, позволяющий контролировать процесс измерения и выполнять неоднократную последующую обработку. Имея историю, в ней можно маркировать и выбирать события, которые имели место за время измерений ОСНОВНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ, и многократно выполнять последующие перерасчеты конечных значений и статистических характеристик, учитывающие или не учитывающие выделенные события. История измерения может быть записана с различным разрешением, задаваемым шагом записи. Шаг записи ИСТОРИИ измерения задается в диапазоне от 100 миллисекунд до 60 минут.

Одновременно в истории измерения могут сохраняться до 22 основных результатов измерения и результат спектрального анализа.



Режим ДОЗИМЕТР – стандартный режим работы прибора Алгоритм 111. Если режим ШУМОМЕР предназначен для измерения и оценки энергии звуковых волн, распространяющихся в окружающей среде, то режим ДОЗИМЕТР предназначен для измерения и оценки субъективных ощущений человека на воздействие звуковой энергии. Поэтому измерение шума в режиме ДОЗИМЕТР выполняется тогда, когда необходима всесторонняя оценка воздействия шума на организм человека и, в первую очередь, на рабочих местах.

Аналогично режиму ШУМОМЕР в режиме ДОЗИМЕТР выполняется измерение и вычисление стандартных дозиметрических параметров, называемых ОСНОВНЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ. К ним относятся: *DOSE, D_8h, PrDOSE, LAV, SEL8, E, E_8h, PSEL, PTC, PTP, ULT, TWA, PrTWA, Lc-a*.

Измерение и вычисление дозиметрических функций обеспечивается в приборе гибкой настройкой параметров с заданием разных критериев уровня звука и коэффициентов пересчёта.

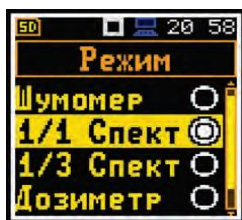
Как и в режиме ШУМОМЕР, измерение в режиме ДОЗИМЕТР выполняется в трёх ПРОФИЛЯХ, каждый из которых настраивается независимо от других.

Применение. Измерение и оценка воздействия шума на человека на рабочих местах.

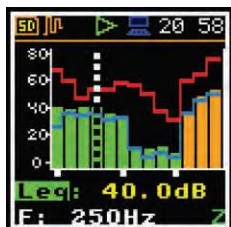
Особенности измерения. Большой набор измеряемых и вычисляемых дозиметрических функций. Три независимые настройки дозиметра в трёх профилях. Задаваемый коэффициент пересчёта: 2, 3, 4, 5 и 6. Задаваемый критерий уровня звука: 60 дБ, 65 дБ, 70 дБ, 75 дБ, 80 дБ, 85 дБ, 90 дБ.

$1/1$ и $1/3$ СПЕКТР. Режимы $1/1$ и $1/3$ СПЕКТР – дополнительные режимы работы прибора Алгоритм 111, в которых результат измерения представляется в виде $1/1$ или $1/3$ октавного спектра – распределения амплитуды энергии звуковых волн по частотам.

Частотный анализ – мощный, информативный инструмент изучения шума. $1/1$ и $1/3$ октавный спектральный анализ выполняется в реальном времени. Эти виды спектрального анализа наиболее часто применяются для оценки частотных характеристик источников шума и раздражающего действия шума на организм человека.



$1/1$ октавный спектр: Частотный диапазон (центральные частоты): от 31,5 Гц до 16 кГц, 1 класс точности по ГОСТ Р 8.714-2010 (IEC 61260). Запись истории измерения спектра с шагом от 100 мс. Типы представления спектров: мгновенный, усреднённый, максимальный, минимальный. Выбираемая частотная полоса.



$1/3$ октавный спектр: Частотный диапазон (центральные частоты): от 20 Гц до 20 кГц, 1 класс точности по ГОСТ Р 8.714-2010 (IEC 61260). Запись истории измерения спектра с шагом от 100 мс. Типы представления спектров: мгновенный, усреднённый, максимальный, минимальный.

Ниже на рисунке 63 приводится пример графической записи непрерывного измерения шумомером в течение 20 дней. Последующая обработка данной записи, позволит исследователям сделать определённые выводы, об особенностях шумовой обстановки в точке измерений.

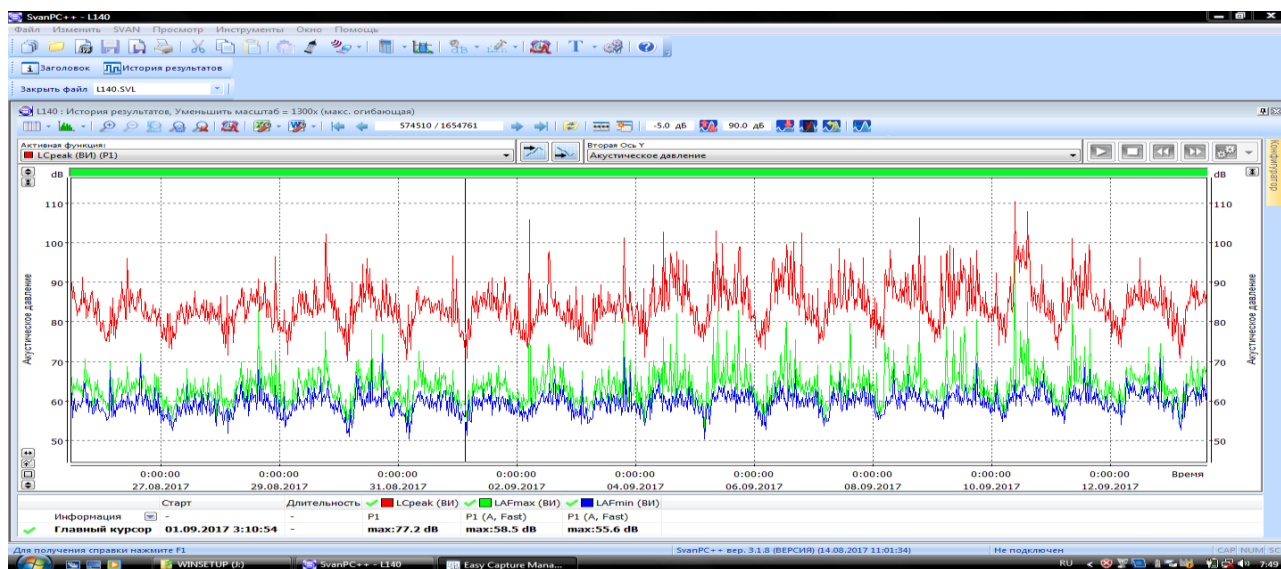


Рис. 63. Пример записи работы шумомера в графическом виде

Вопросы для самоконтроля

1. Что измеряет шумомер, краткая характеристика? 2. Для чего предназначен шумомер? 3. Как подготовить его к работе? 4. Как произвести калибровку шумомера?

Источники информации

1. Новые технологии. Шумомеры, вибромеры, калибраторы, датчики вибрации, микрофоны [Электронный ресурс]. – URL: <http://svantek.nt-rt.ru/> (дата обращения 23.03.2017 г.).

2. Национальный стандарт РФ ГОСТ Р ИСО 9612-2013 "Акустика. Измерения шума для оценки его воздействия на человека. Метод измерений на рабочих местах" (утв. приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 5 декабря 2013 г. № 2180-ст).

3.4 Описание программы для акустического расчёта

УПРЗА "Эколог-Шум" позволяет сверить измеренные значения с программным расчетом. Основное назначение программы «Эколог-Шум» – расчет распространения шума от внешних источников (рисунок 64).

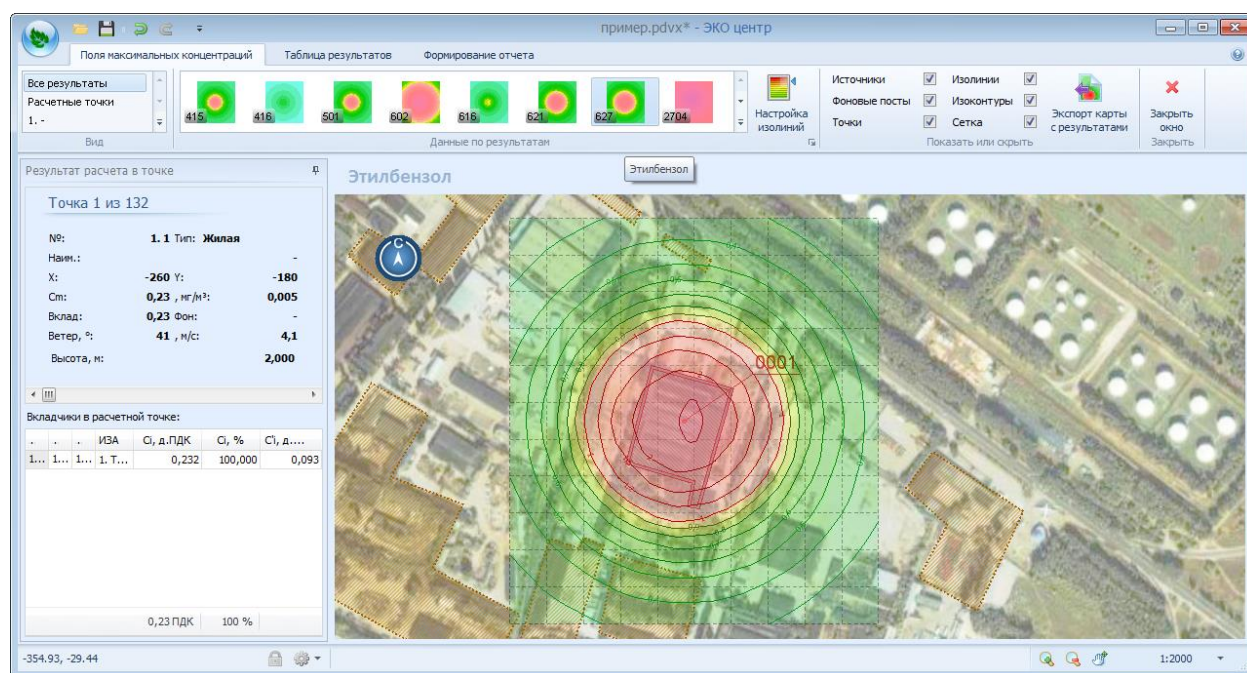


Рис. 64. Интерфейс программы УПРЗА «Эколог-Шум» для расчета и воспроизведения результатов

Расчет выполняется согласно актуализированному СНиП 23-03-2003, ГОСТ 31295.1- 2005. Программа может быть использована при проведении проектных работ по размещению новых объектов с учетом существующей градостроительной ситуации и оценке влияния шума существующих объектов на окружающую среду. Расчет шумового воздействия от совокупности источников в любой точке выполняется с учетом дифракции и отражения звука препятствиями в соответствии с существующими методиками, справочниками и нормативными документами. Результатом расчетов являются уровни звукового давления в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 31,5- 8000 Гц, а также уровни звука L_a . Информация представляется как в табличном виде, так и на цветной шумовой карте.

Программный продукт предназначен для выполнения следующих задач: оценка шумового воздействия на территориях, прилегающих к промышленным

предприятиям и транспортным магистралям; разработка и оценка эффективности шумозащитных мероприятий; определение санитарно-защитных зон по фактору шума проектируемых и существующих предприятий; экологический аудит промышленных, коммунальных и транспортных предприятий по фактору промышленного и транспортного шума.

Особенности программы «Эколог-Шум» Графический интерфейс программы «Эколог-Шум» позволяет вносить, просматривать и редактировать все данные, описывающие объекты, относящиеся к расчету шума (источники шума, препятствия, расчетные точки и площадки и т.д.), одновременно в табличной форме и на карте.

Предусмотрены также инструменты редактирования карт, в том числе и с использованием графической подложки. Возможно использование карт, подготовленных ранее в формате УПРЗА «Эколог» *вер.3*. Расчет проводится от точечных, линейных и объемных источников шума. Для удобства заполнения характеристик источников предусмотрен справочник шумовых характеристик источников шума, который может пополняться пользователем. Для некоторых видов источников шума предусмотрены специализированные методики, определяющие шумовые характеристики: «Расчет шума от транспортных потоков», «Расчет шума от транспортных магистралей».

В расчете учитываются препятствия шума. Для удобства заполнения характеристик препятствий предусмотрен справочник звукопоглощающих и звукоотражающих свойств материалов, который может пополняться пользователем. Расчет производится по расчетным точкам, по полю (расчетной площадке) с заданным шагом, а также по точкам на границе особых зон (охранной, промышленной, санитарно-защитной и жилой).

Расчет может производиться на любой высоте. Программа «Эколог-Шум» доступна в двух вариантах: Вариант «Базовый» – полноценная программа для расчета распространения шума. Вариант «Стандарт» – программа в варианте «Стандарт» обладает всеми возможностями варианта «Базовый» и дополнительными возможностями графического блока по работе с форматами ГИС: AutoCad (формат DXF), MapInfo (формат MID/MIF), ArcInfo (формат SHP).

Вопросы для самоконтроля

1. Для чего используются шумовые паспорта рабочих мест и шумовые карты? 2. Какие шумовые характеристики нужны для оформления карты шума? 3. От чего зависят шумовые характеристики? Дайте характеристику программе Эколог - Шум?

Источники информации

1. Руководство пользователя. Программный комплекс для расчета и нормирования акустического воздействия от промышленных источников и транспорта. Фирма «Интеграл» «Эколог-Шум», Версия 2, Санкт-Петербург. 2014. – 177 с.

3.5 Проведение акустических измерений в помещениях. Расчеты шума в помещении

Эквивалентные и максимальные уровни звука в дневное и ночное время. Согласно п. 6.3 СН 2.2.4/2.1.8.562-96 допустимые значения уровней звукового давления в октавных полосах частот, эквивалентных и максимальных уровней звука проникающего шума в помещениях жилых и общественных зданий и шума на территории жилой застройки следует принимать по таблице 1 (приложение 1), согласно которой в жилых комнатах квартир эквивалентные и максимальные уровни звука:

с 23.00 до 7.00 часов (ночью) не должны превышать 30 и 45 дБА;

с 7:00 до 23:00 часов (днем) не должны превышать 40 и 55 дБА.

Точки замеров в помещениях следует распределять равномерно по всей площади помещения (рис. 65). Аналогичные показатели допустимости уровня звукового давления указаны в Приложении № 3 к СанПиН 2.1.2.2645-10, утвержденным Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 10.06.2010 N 64. Максимальный уровень звука в квартире днем и ночью: 55 и 45 дБА.

В жилом помещении допустимые уровни звукового давления в октавных полосах частот, эквивалентные и максимальные уровни звука и проникающего шума должны соответствовать значениям, установленным в действующих нормативных правовых актах, и не превышать максимально допустимого уровня звука в комнатах и квартирах в дневное время суток 55 дБ, в ночное - 45 дБ.

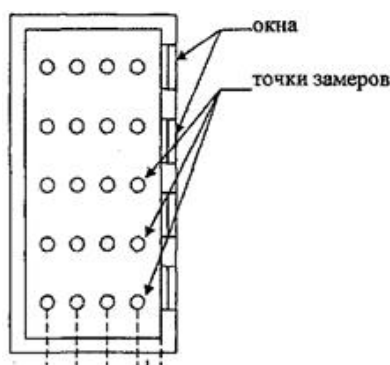


Рис. 65. Схема расположения точек для замеров шума в помещении

При этом допустимые уровни шума, создаваемого в жилых помещениях системами вентиляции и другим инженерным и технологическим оборудованием, должны быть ниже на 5 дБА указанных уровней в дневное и ночное время суток.

Правила пользования.

1. Шумомеры и вспомогательные приборы до и после проведения измерения должны калиброваться согласно заводским инструкциям к приборам.

2. При проведении измерений шума должны быть приняты указанные в заводских инструкциях к приборам меры по устранению влияния внешних факторов, искажающих показания приборов (вибрация, магнитные и

электрические поля и пр.).

3. Микрофон следует располагать на высоте 1,5 м от пола (рабочей площадки) или на уровне головы, если работа выполняется сидя или в других положениях. Микрофон должен быть направлен в сторону источника шума и удален не менее чем на 0,5 м от оператора, проводящего измерения.

4. При измерении шумов в условиях воздушных потоков со скоростью более 1 м/сек, во избежание искажения показаний, микрофон должен быть защищен противоветровым приспособлением, улучшающим его обтекание. При измерении аэродинамических шумов микрофон должен располагаться под углом 45° к оси струи.

5. Должно работать не менее $\frac{2}{3}$ установленного оборудования в характерном режиме, при этом должна быть включена вентиляция и другие обычно используемые устройства, являющиеся источниками шума.

6. Непостоянные шумы оцениваются по эквивалентным уровням звука в дБА, а при превышении ими допустимых значений (при оценке новых машин и оборудования или исследовательских работах рекомендуется определение эквивалентных уровней звукового давления в октавных полосах частот.

7. В начале измерения шумомер следует включить на коррекцию «А» и характеристику «медленно». При колебаниях стрелки прибора до 5 дБА шум следует считать постоянным и отсчет необходимо принимать по среднему ее положению. При колебаниях стрелки более 5 дБА шум следует считать непостоянным, при этом он может быть колеблющимся во времени, прерывистым или импульсным. Для импульсных шумов (воспринимаемых на слух как одиночные удары на шумовом фоне) дополнительно следует производить измерение по характеристике «импульс» с отсчетом максимального показания стрелки. При разности показаний уровней звука в дБА в положениях «импульс» и «медленно» более 10 дБА шум следует считать импульсным.

Пример обозначения результатов отсчета: уровень звука 84 дБА «медленно» (или 84 дБАС), уровень звука 92 дБА «импульс» (или 92 дБАИ).

8. Измерение уровней звукового давления в октавных полосах (октавных уровней звукового давления) должно производиться шумомером с подключением к нему октавных полосовых фильтров, при этом переключатель рода работ шумомера должен быть в положении «фильтры» (или «внешние фильтры»).

Для всех видов шумов отсчет производится по среднему положению колебаний стрелки на характеристике шумомера «медленно». Пример обозначения результатов отсчета: октавный уровень звукового давления 78 дБ в октаве 2000 Гц.

Примечание: При отсутствии октавных фильтров для ориентировочной оценки характера спектра измерения производят по коррекциям «А» и «С» (или «Лин») шумомера. При разности показаний в дБС и дБА свыше 5 дБ шум следует считать низкочастотным, а при меньшей разности или равенстве показаний - высокочастотным.

9. Тональность шума определяют на слух: тональный характер шума в

спорных случаях следует устанавливать измерением в треть-октавных полосах частот по превышению уровня в одной полосе над соседними не менее чем на 10 дБ.

10. Для постоянных импульсных шумов измерения следует производить не менее трех раз в каждой точке с усреднением.

11. Для непостоянных шумов (прерывистых и флюктуирующих) следует производить отсчеты уровней звука в дБА (или октавных уровней звукового давления в случаях превышения нормы, при оценке новых машин оборудования или исследовательских работах) с интервалом 5-6 секунд с последующим расчетом эквивалентного уровня.

Допускается определять время работы машины или время действия разных уровней шума по хронометражу или технической документации с последующим определением эквивалентного уровня.

12. Для наглядного графического представления распределения уровней шума в помещениях (или на территориях) рекомендуется составление шумовых карт.

Для этого на план помещения (или территории) наносится сетка с расстоянием между ее линиями 6 или 12 м для помещений и не более 50 м для территорий. Точки измерения шума выбираются в узлах этой сетки. Результаты измерений уровней звука в этих точках наносятся на план помещения или территории и точки с равными уровнями соединяются плавными линиями, при этом линии равных уровней звука проводятся через интервалы 5 и 10 дБА.

Расчеты шума в помещении. Акустический расчет в помещении основан на распространении шума от источника (источников) до расчетных точек и потерь звуковой энергии по каждому из путей (снижение за счет расстояния, экранирования, звукоизоляции ограждающих конструкций, звукопоглощения и др.)

Расчет проводится по уровням звукового давления L , дБ, в восьми октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 и 8000 Гц или по уровням звука по частотной коррекции «А» L_A , дБА. Точность расчета ограничивается до 0,1 децибела, окончательный результат округляют до целых значений.

Уровень шума в зданиях оценивается по категориям: категория А - обеспечение высококомфортных условий; категория В - обеспечение комфортных условий; категория В - обеспечение предельно допустимых условий.

Показателями нормирования уровня шума при оценке уровня звука в помещении являются: индекс изоляции воздушного шума внутренних ограждающих конструкциями R_w и индекс приведенного уровня ударного шума L_{nw} для жилых и общественных зданий. Значения индексов изоляции воздушного шума должны быть не меньше нормативных, а индексов приведенного уровня ударного шума - не более нормативных и приведены в таблице 16.

Таблица 16

Значения индекса изоляции воздушного шума внутренних ограждающих конструкций и приведенного уровня ударного шума

Наименование и расположение ограждающей конструкции	R_w , дБ	L_{nw} , дБ
Жилые здания		
1. Перекрытия между помещениями квартир и расположенными под ними магазинами: в домах категории А	59	55 45 ²
в домах категории Б и В	57	58 48 ²
2. Перекрытия между жилыми помещениями общежитий	50	60
3. Перекрытия, отделяющие помещения культурно-бытового обслуживания общежитий друг от друга и от помещений общего пользования (холлы, вестибюли и пр.)	47	65 ¹
4. Стены и перегородки между квартирами, между помещениями квартир и лестничными клетками, холлами, коридорами, вестибюлями: в домах категории А	54	
в домах категории Б	52	
в домах категории В	50	
5. Стены между помещениями квартир и магазинами: в домах категории А	59	
в домах категории Б и В	57	
Перегородки между комнатами, между кухней и комнатой в квартире в домах категории А	43	
в домах категории Б и В	41	
7. Перегородки между санузлом и комнатой одной квартиры	47	
8. Стены и перегородки между комнатами общежитий	50	
¹ Требование предъявляют также к передаче ударного шума в жилые помещения квартир при ударном воздействии на пол помещения смежной квартиры (в том числе и находящейся на том же этаже). ² Требование предъявляют к передаче ударного шума в защищаемое от шума помещение при ударном воздействии на пол помещения, являющегося источником шума.		

Нормируемым параметром звукоизоляции наружных ограждающих конструкций (окон) является звукоизоляция $R_{Атран}$, дБА, представляющая собой изоляцию внешнего шума, производимого потоком городского транспорта.

Нормативные величины $R_{Атран}$ для жилых комнат, номеров гостиниц, общежитий, кабинетов и рабочих комнат административных зданий, палат больниц, кабинетов врачей площадью до 25 м³ при различных уровнях шума у фасада здания приведены в таблице 17.

В случае, если помещения окажутся большей площади (свыше 25 м²), а также для помещений со звукопоглощающими облицовками (аудитории, залы собраний, конференц-залы и т.п.) нормативные величины $R_{Атран}$ дБА, определяются по формуле:

$$R_{\text{Атран}} = L_{\text{Анар}} - L_{\text{Адоп}} + 10 * \lg \frac{S_o}{A} \quad (44)$$

где: $L_{\text{Анар}}$ – уровень звука снаружи в 2 м от фасада здания, дБА; $L_{\text{Адоп}}$ – допустимый уровень звука в помещении, дБА; S_o – площадь окна (всех окон в данном помещении, ориентированных в сторону источника внешнего шума), м^2 , A – эквивалентная площадь звукопоглощения в помещении (средняя в диапазоне 100-1000 Гц), м^2 .

Таблица 17

Нормативные требования к звукоизоляции окон

NN п/п	Назначение помещений	Требуемые значения $R_{\text{Атран}}$, дБА при эквивалентных уровнях звука у фасада здания в дБА при наиболее интенсивном движении транспорта (в дневное время, час "пик")			
		60	65	70	75
1.	Палаты больниц, санаториев, кабинеты медицинских учреждений	15	20	25	30
2.	Жилые комнаты квартир в домах				
	- категории А	15	20	25	30
	- категории Б и В	-	15	20	25
3.	Жилые комнаты общежитий	-	-	15	20
4.	Номера гостиниц				
	- категории А	15	20	25	30
	- категории Б	-	15	20	25
	- категории В	-	-	15	20
5.	Жилые помещения домов отдыха, домов-интернатов для инвалидов	15	20	25	30
6.	Рабочие комнаты, кабинеты в административных зданиях и офисах				
	- категории А	-	-	15	20
	- категории Б и В	-	-	-	15
К гостиницам категории А относятся гостиницы, имеющие по международной классификации четыре и пять звезд; к категории Б - три звезды; к категории В - менее трех звезд.					

Индекс изоляции воздушного шума R_w , дБ, ограждающей конструкцией с известной (рассчитанной или измеренной) частотной характеристикой изоляции воздушного шума определяется путем сопоставления этой частотной характеристики с оценочной кривой, установленной стандартом Международной организации по стандартизации (ИСО), приведенной в таблицах 18, 19.

Чтобы определить индекс изоляции воздушного шума R_w необходимо на график с нанесенной оценочной кривой нанести частотную характеристику изоляции воздушного шума и определить среднее неблагоприятное отклонение нанесенной частотной характеристики от оценочной кривой. Неблагоприятными считаются отклонения вниз от оценочной кривой. Среднее неблагоприятное отклонение составляет 1/16 суммы неблагоприятных

отклонений.

Если среднее неблагоприятное отклонение приближается к 2 дБ, но не превышает эту величину, величина индекса R_w составляет 52 дБ.

Таблица 18

Сопоставление частотной характеристики изоляции воздушного шума с оценочной кривой, установленной Международной организацией по стандартизации (ИСО)

Средняя частота третьоктавной полосы, Гц	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Изоляция воздушного шума R , дБ	33	36	39	42	45	48	51	52	53	54	55	56	56	56	56	56

Если среднее неблагоприятное отклонение превышает 2 дБ, оценочная кривая смещается вниз на целое число децибел так, чтобы среднее неблагоприятное отклонение не превышало указанную величину.

Если среднее неблагоприятное отклонение значительно меньше 2 дБ, или неблагоприятные отклонения отсутствуют, оценочная кривая смещается вверх (на целое число децибел) так, чтобы среднее неблагоприятное отклонение от смещенной кривой максимально приближалось к 2 дБ, но не превышало эту величину.

Таблица 19

Сопоставление частотной характеристики индекса приведенного уровня ударного шума с оценочной кривой, установленной Международной организацией по стандартизации (ИСО)

Средняя частота третьоктавной полосы, Гц	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Приведенный уровень ударного шума, L_{nw} , дБ	62	62	62	62	62	62	61	60	59	58	57	54	51	48	45	42

Для вычисления индекса L_{nw} необходимо на график с оценочной кривой нанести частотную характеристику приведенного уровня ударного шума под перекрытием и определить среднее неблагоприятное отклонение нанесенной частотной характеристики от оценочной кривой. Неблагоприятными считаются отклонения вверх от оценочной кривой, среднее неблагоприятное отклонение составляет 1/16 суммы неблагоприятных отклонений.

Если среднее неблагоприятное отклонение максимально приближается к 2 дБ, но не превышает эту величину, величина индекса L_{nw} составляет 60 дБ.

Если среднее неблагоприятное отклонение превышает 2 дБ, оценочная кривая смещается вверх (на целое число децибел) так, чтобы среднее неблагоприятное отклонение от смещенной кривой не превышало указанную величину.

Если среднее неблагоприятное отклонение значительно меньше 2 дБ или неблагоприятные отклонения отсутствуют, оценочная кривая смещается вниз (на целое число децибел) так, чтобы среднее неблагоприятное отклонение от смещенной кривой максимально приближалось к 2 дБ, но не превышало эту величину.

За величину индекса L_{nw} принимается ордината смещенной (вверх или вниз) оценочной кривой на частоте 500 Гц.

Рассмотрим вариант, когда препятствием для звука будет являться оконный проем. Величина звукоизоляции окна $R_{Атран}$, дБА, определяется с помощью "эталонного спектра" шума потока городского транспорта, установленного стандартом 717 Международной организации по стандартизации (ИСО). Уровни эталонного спектра, скорректированные в соответствии с кривой частотной коррекции "А", для шума с уровнем 75 дБА приведены в таблице 20.

Таблица 20

Сопоставление уровня «эталонного спектра» шума потока городского транспорта с оценочной кривой, установленной Международной организации по стандартизации (ИСО)

Средняя частота третьоктавной полосы, Гц	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
Скорректированные уровни звукового давления L_i дБ	55	55	57	59	60	61	62	63	64	66	67	66	65	64	62	60

Для определения величины звукоизоляции окна $R_{Атран}$ (по известной частотной характеристике изоляции воздушного шума) необходимо в каждой третьоктавной полосе частот из уровня эталонного спектра L_i вычесть величину изоляции воздушного шума R_i данной конструкцией окна. Полученные величины уровней следует сложить энергетически и результат сложения вычесть из уровня эталонного шума, равного 75 дБА.

Величина звукоизоляции окна $R_{Атран}$ дБА, определяется по формуле:

$$R_{Атран} = 75 - 10 * \lg \sum_{i=1} 10^{0.1*(L_i - R_i)} \quad (45)$$

где: L_i – скорректированные по кривой частотной коррекции "А" уровни звукового давления эталонного спектра в i -ой третьоктавной полосе частот, дБ по табл. 4.12; R_i – изоляция воздушного шума данной конструкцией окна в i -ой

третьоктавной полосе частот, дБ.

Примеры расчетов шума в помещении.

Пример 1. Определить индекс изоляции воздушного шума R_w перегородкой, расчетная частотная характеристика звукоизолирующей способности которой R приведена в таблице 21 (позиция 1). Расчет проводится по форме таблица 21.

Находим неблагоприятные отклонения расчетной частотной характеристики от оценочной кривой (позиция 3). Сумма неблагоприятных отклонений составляет 79 дБ, среднее неблагоприятное отклонение составило 4,9 дБ, что больше 2 дБ. Смещаем оценочную кривую в отрицательную сторону (вниз) на 5 дБ, при этом сумма неблагоприятных отклонений составляет 26,5 дБ, среднее неблагоприятное отклонение уменьшилось до 1,65 дБ. Таким образом, за величину индекса изоляции воздушного шума данной перегородкой принимаем ординату смещенной оценочной кривой на частоте 500 Гц, т.е. $R_w = 47$ дБ.

Таблица 21

Данные для расчётов

Среднегеометрическая частота 1/3 октавной полосы, Гц	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
1. Расчетная частотная характеристика R , дБ	36,5	36,5	36,5	36,5	36,5	38,5	40,5	42,5	44,5	46,5	48,5	50,5	52,5	54,5	56,5	58,5
2. Оценочная кривая, дБ	33	36	39	42	45	48	51	52	53	54	55	56	56	56	56	56
3. Неблагоприятные отклонения, дБ	-	-	2,5	5,5	8,5	9,5	10,5	9,5	8,5	7,5	6,5	5,5	3,5	1,5	-	-
4. Оценочная кривая, смещенная вниз на 5 дБ	28	31	34	37	40	43	46	47	48	49	50	51	51	51	51	51
5. Неблагоприятные отклонения от смещенной оценочной кривой	-	-	-	0,5	3,5	4,5	5,5	4,5	3,5	2,5	1,5	0,5	-	-	-	-

Пример 2. Определить индекс приведенного уровня ударного шума L_{nw} под перекрытием, частотная характеристика приведенного уровня ударного звука L_n имеет значения, показанные в таблице 22 (позиция 1).

Таблица 22

Данные для расчетов

Среднегеометрическая частота 1/3 октавной полосы, Гц	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
1. Измеренная частотная характеристика, L_n , дБ	64	65	68	69	68	69	70	66	60	57	54	50	44	37	30	25
2. Оценочная кривая, дБ	62	62	62	62	62	62	61	60	59	58	57	54	51	48	45	42
3. Неблагоприятные отклонения, дБ	2	3	6	7	6	7	9	6	1	-	-	-	-	-	-	-
4. Оценочная кривая, смещенная вверх на 2 дБ	64	64	64	64	64	64	63	62	61	60	59	56	53	50	47	44
5. Неблагоприятные отклонения от смещенной оценочной кривой	-	1	4	5	4	5	7	4	-	-	-	-	-	-	-	-

Находим неблагоприятные отклонения измеренной частотной характеристики от оценочной кривой (поз.3). Сумма неблагоприятных отклонений составляет 47 дБ, среднее неблагоприятное отклонение равно 2,9 дБ, т.е. больше 2 дБ. Смещаем оценочную кривую в отрицательную сторону (вверх) на 2 дБ. Сумма неблагоприятных отклонений при этом составляет 30 дБ, среднее неблагоприятное отклонение – 1,87 дБ, т.е. очень близко к 2 дБ, но не больше. Таким образом, за величину индекса приведенного уровня ударного шума под перекрытием принимаем ординату смещенной оценочной кривой на частоте 500 Гц, т.е. $L_{nw} = 62$ дБ.

Пример 3. Определить звукоизоляцию окна $R_{Атран}$ (изоляцию воздушного шума потока городского транспорта). Частотная характеристика изоляции воздушного шума данной конструкцией окна по представленным фирмой-изготовителем результатам лабораторных испытаний имеет значения, приведенные в таблица 23 (позиция 2). Решение. Расчет проводим по форме таблицы 23.

Таблица 23

Данные для расчетов

Среднегеометрическая частота 1/3 октавной полосы, Гц	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
1. Уровни звукового давления эталонного спектра (скорректированы по «А»), L_i , дБ	55	55	57	59	60	61	62	63	64	66	67	66	65	64	62	60
2. Изоляция воздушного шума окном, R_i , дБ	16	16	18	20	23	25	26	27	28	30	31	32	33	32	32	32
3. Разность между эталонным спектром и изоляцией, дБ	39	39	39	39	37	36	36	36	36	36	36	34	32	32	30	28

Находим разность между уровнями звукового давления эталонного спектра L_i (позиция 1) и величинами изоляции воздушного шума R_i (позиция 2). Полученные величины подставляем в формулу 45. Для некоторого упрощения вычислений объединяем одинаковые значения уровней в группы.

$$R_{Атран} = 75 - 10 \cdot \lg(4 \cdot 10^{3.9} + 10^{3.7} + 6 \cdot 10^{3.6} + 10^{3.4} + 2 \cdot 10^{3.2} + 10^{3.0} + 10^{2.8}) = 26.7 \approx 27 \text{ дБА}.$$

Вопросы для самоконтроля

1. На какой высоте и в каком направлении следует располагать микрофон? 2. Если разность показаний более 10 дБА, каким следует считать шум? 3. По какому положению в момент колебания показания шкалы следует брать отсчёт при измерении? 4. При каких условиях на план помещения наносится сетка и какими размерами?

Источники информации

1. Методические указания по проведению измерений и гигиенической оценки шумов на рабочих местах. Утв. Минздравом СССР 25.04.1978 – № 1844-78. – 16 с.
2. ГОСТ 23337-78 Шум. Методы измерения шума на селитебной территории и в помещениях жилых и общественных зданий. – М.: Изд-во стандартов, 1985.
3. Санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. – М.: Минздрав РФ, 1996.
4. Пособие к МГСН 2.04-97 Проектирование звукоизоляции ограждающих конструкций жилых и общественных зданий 1998

3.6 Измерение и расчет шума на селитебной территории

Измерение шума на территории жилой застройки. Выбор защитных мероприятий по подавлению шума в источнике образования может осуществляться на основании анализа данных, рисунок 66. Главное из этих мероприятий – защита расстоянием – расположение защищаемого объекта на удалении от сооружения. Определенный эффект по снижению уровня шума может быть достигнут путем регулирования дорожного движения (уменьшения интенсивности движения и скорости транспортного потока, доли грузовых автотранспортных средств и автобусов в его составе, резких разгонов и торможений, снижения продольных и поперечных уклонов, использования малошумных дорожных покрытий).

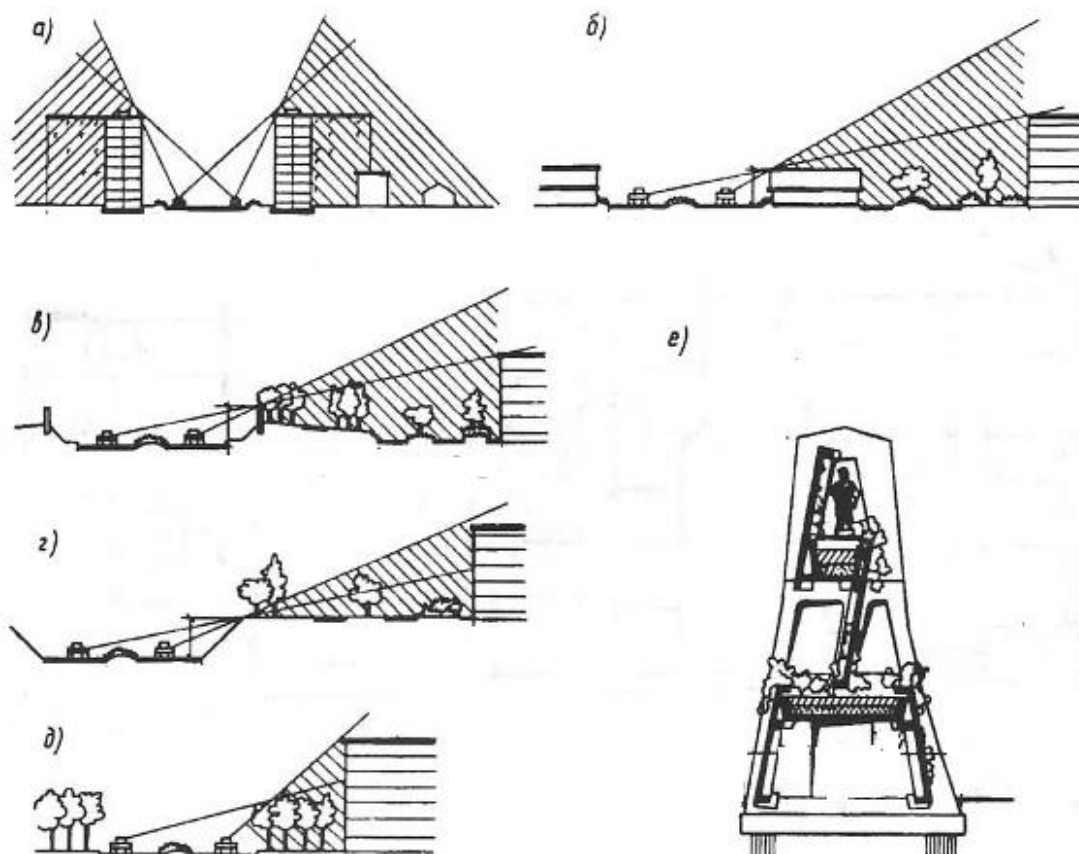


Рис. 66. Влияние источника шума в зависимости от расположения жилых и общественных зданий: а) защиты нет; б) дифференцированное распространение шума; в) благоприятное расположение здания; г) разновидность защиты от шума расположение источника в выемке рельефа; д) защита от шума зелеными насаждениями; е) устройство экрана из растительности на каркасе.

Важным мероприятием является обновление автомобильного парка и замена изношенных морально устаревших конструкций автотранспортных средств на новые, менее шумные, а также введение действенного контроля за выполнением владельцами автотранспортных средств находящихся в эксплуатации, норм ГОСТ Р 52231 – 2004 «Внешний шум автомобилей в эксплуатации. Допустимые уровни и методы измерений».

Для защиты населения от вредного влияния городского шума необходимо регламентировать его интенсивность, спектральный состав, время действия и другие параметры. Разрабатываются нормы допустимых уровней внешнего шума от различных источников.

1. Измерение уровня шума на территории жилой застройки проводится: при уточнении границ санитарно-защитных зон; при определении возможности отвода земельных участков под жилую застройку, строительство лечебно-

профилактических, детских, учебных учреждений и т.д.; при рассмотрении жалоб населения; в порядке производственного контроля; для получения информации с целью разработки мероприятий по улучшению акустической обстановки; по заявкам юридических и физических лиц.

2. Примерный перечень источников шума на территории жилой застройки включает: различные предприятия; транспорт автомобильный, рельсовый, воздушный и др.; звукоусилительные устройства, в том числе рекламные; ремонтные и строительные работы.

На территориях, непосредственно прилегающих к жилым домам, общежитиям, гостиницам, зданиям больниц, санаториев, детских дошкольных учреждений и школ, измерения проводятся не менее чем в трех точках, расположенных на расстоянии 2 м от ограждающих конструкций зданий на высоте 1,2-1,5 м от земли.

При измерении уровней шума на территории от источника, расположенного внутри здания, имеющего вентиляционные проёмы, эти проёмы (форточки, фрамуги, клапаны и пр.) должны быть открыты. Измерения уровня шума проводят отдельно в дневное и ночное время.

Для измерений выбирают периоды времени, когда возможно ожидать наибольших уровней шума. Продолжительность измерений планируется таким образом, чтобы можно было определить все необходимые нормируемые параметры шума³.

Порядок определения и оценки необходимого снижения уровня звука у населенных пунктов. Для расчета требуемого снижения транспортного шума и проектирования средств защиты от него застройки необходим рациональный перечень исходных данных.

Рациональный перечень исходных данных для расчета ожидаемых уровней шума в расчетных точках на территории населенных пунктов определяется типом учитываемых источников внешнего городского шума, особенностями планировочной структуры и рельефа местности населенного пункта, назначением защищаемых от шума объектов и участков территории. Одним из основных, наиболее распространенных источников внешнего шума на территории населенных пунктов (городов) являются потоки легковых и грузовых автомобилей и общественного транспорта на улично-дорожной сети населенного пункта (города). Исходным шумовым параметром автотранспортного потока, необходимым для проведения различных

3 Примечание: В отдельных случаях, когда возникает необходимость оценить уровень шума от отдельного объекта на территории жилой застройки, возможно проведение измерений лишь в дневное время при имитации режима работы объекта в ночное время с дальнейшим сравнением результатов измерений с гигиеническими нормативами для ночного времени суток. При этом в зоне этого объекта не должно находиться других значительных источников шума, уровень которого невозможно регулировать при проведении измерений.

Пример: Измерение уровня шума от строительной площадки, для которой существует дневной и ночной режим работы механизмов и движения транспорта при отсутствии других выраженных «нерегулируемых» источников шума, например, проходящих рядом автомагистралей.

акустических расчетов, является его шумовая характеристика.

В качестве шумовой характеристики автотранспортного потока установлен эквивалентный уровень звука, создаваемый потоком на расстоянии 7,5 м от оси ближайшей полосы движения автотранспорта и на высоте 1,5 м над уровнем проезжей части.

Шумовые характеристики автотранспортных потоков определяются для всех стадий проектирования расчетными методами. Лишь для настоящего периода они могут быть определены также и методом натурных измерений. Однако такие измерения в масштабах всего населенного пункта (города) очень трудоемки, требуют больших затрат времени и финансов, что значительно затрудняет или делает даже невозможным в ряде случаев их проведение в полном объеме. Поэтому при оценке шума транспортных потоков в настоящий период часто применяют также расчетные методы. Для повышения надежности этих методов в условиях каждого конкретного населенного пункта нередко проводят выборочные измерения шумовых характеристик транспортных потоков и по ним корректируют расчетную методику, добиваясь наилучшей сходимости результатов расчетов с результатами натурных измерений.

Исходными данными для расчета шумовых характеристик автотранспортных потоков являются: интенсивность движения автотранспорта в часы пик дневного времени и наиболее шумный час ночного времени, натуральные ед./ч; суммарная доля грузового и общественного транспорта в потоке, %; средняя скорость движения автотранспорта в потоке, км/ч.

Для повышения точности расчета шумовых характеристик автотранспортных потоков необходимо учитывать ряд дополнительных параметров рассматриваемых магистралей, таких как: продольный уклон проезжей части магистрали (улицы, дороги); тип верхнего покрытия проезжей части; ширина разделительной полосы; число полос движения транспорта; длительность светофорного цикла вблизи перекрестков (разрешающая/запрещающая фаза светофора); тип застройки по обе стороны магистрали.

Кроме шумовых характеристик автотранспортных потоков, для расчетов ожидаемых уровней шума в расчетных точках на территории и в застройке населенных пунктов необходима следующая исходная информация: планировочная подоснова населенного пункта (города) с указанием расположения всех учитываемых автотранспортных магистралей; на планировочной подоснове должны быть показаны функциональные зоны или защищаемые от шума объекты (в соответствии с масштабом карты) и должен быть установлен допустимый для них уровень звука; для каждой автотранспортной магистрали должны быть выделены участки с характерными параметрами движения и состава транспортных потоков и рассчитаны их шумовые характеристики; для выполнения акустических расчетов необходимо дополнительно определить по проекту вертикальной планировки территории отметки высот проезжей части магистралей, расчетных точек, основания проектируемого экрана.

Для оценки ожидаемого шумового режима на участке территории

населенного пункта, который необходимо защитить от автотранспортного шума с помощью экрана, и определения основных акустических и конструктивных параметров шумозащитного экрана нужно выполнить следующие действия: на основании анализа ситуационного плана рассматриваемого участка городской территории выявить автотранспортные магистрали, на которых потоки автомобилей являются основными источниками шума, воздействующего на данную территорию и расположенные на ней жилые и общественные здания; условно разбить рассматриваемый участок территории на отдельные подучастки, отличающиеся по условиям генерации и распространения шума. В случаях, если между транспортной дорогой и расчетной точкой расположены экраны, или дорога (улица) на рассматриваемом участке резко изменяет свое направление, или шум в расчетную точку поступает от двух или большего числа дорог (улиц), то производят разбивку территории на участки, отличающиеся условиями распространения шума. При этом поступают следующим образом. Из расчетной точки на плане территории проводят лучи через края экранов (например, существующих зданий), через точки пересечения (или резкого изменения направления) улиц до пересечения с осями этих улиц. При этом получается ряд дополнительных участков, для каждого из которых следует провести самостоятельный акустический расчет; для каждого выделенного подучастка рассчитать шумовые характеристики относящихся к нему автотранспортных магистралей; выбрать расчетные точки в наиболее характерных местах намеченных подучастков территории, а также в необходимых случаях и в помещениях жилых и общественных зданий; рассчитать ожидаемые уровни шума в расчетных точках. Если шум в расчетную точку попадает от нескольких подучастков, то для каждого подучастка выполняется свой самостоятельный расчет, полученные результаты затем энергетически суммируются; определить требуемое снижение уровней шума в расчетных точках путем сравнения рассчитанных ожидаемых уровней шума с уровнями, допустимыми по санитарным нормам; с учетом требуемого снижения уровней шума определить требования к параметрам и конструкции проектируемого шумозащитного придорожного экрана.

При расчете уровней шума на площадках детских дошкольных учреждений, на участках школ, на площадках отдыха микрорайонов, кварталов и групп жилых домов, на территориях больниц и санаториев расчетные точки выбирают на ближайшей к источнику шума границе площадок на высоте 1,5 м над уровнем их территории. При произвольном расположении расчетной точки на территории населенного пункта ее высота принимается также равной 1,5 м.

Расчетные точки на территориях, непосредственно прилегающих к жилым и общественным зданиям, выбирают согласно на расстоянии 2 м от фасадов зданий как со стороны уличного, так и со стороны дворовых фасадов на уровне середины окон первого и последнего этажей зданий. Если расстояние от источника шума до здания составляет свыше 100 м, то можно ограничиться только одной расчетной точкой на уровне верхнего этажа. При наличии экранирующих сооружений ряд расчетных точек должен выбираться в зоне акустической тени за экранами.

Расчеты шума от автотранспортных потоков в открытом пространстве. В основе оценки воздействия шума от автотранспорта лежит определение эквивалентного уровня звука $L_{\text{экв}7,5}$, дБА. Значение определяется на расстоянии 7,5 м от оси первой полосы движения либо с помощью шумомера, либо расчетным методом. Расчетных моделей предложено большое количество, и они продолжают уточняться. Затем требуется провести расчет снижения уровня звука при удалении от дороги до заданной расчетной точки.

(46)

(47)

Таблица 24

Расчетные значения эквивалентного уровня звука транспортного потока

Интенсивность движения <i>авт./ч</i>	Расчётное значение эквивалентного уровня звука, <i>дБА</i>
50	65
60	66
80	67
100	68
140	69
170	70
230	71
300	72
400	73
500	74
660	75
880	76
1150	77
1650	78
2400	79
3000	80
4000	82
5000	83
6000	83
7000	84
8000	84
Свыше 9000	85
Примечание: При промежуточных значениях интенсивности движения потока эквивалентный уровень звука определяется интерполированием	

Таблица 25

Поправка, учитывающая долю грузовых автомобилей и автобусов в составе потока

Доля грузовых автомобилей и автобусов в составе потока, %	< 5	5 - 20	20 - 35	35 - 50	50 - 60	65 - 85	85 - 100
Поправка $\Delta L_{A_{груз}}$, <i>дБА</i>	-3.0	-2.0	-1.0	0.0	+1.0	+2.0	+3.0

Таблица 26

Поправка, учитывающая среднюю скорость движения

Скорость движения, км/час	10	20	30	40	50	60	70	80
Поправка $\Delta L_{Аск}$, дБА	-3.5	-3.0	-2.0	-2.0	0.0	+1.0	+2.0	+2.5

Таблица 27

Поправка, учитывающая величину продольного уклона

Доля грузовых автомобилей и автобусов в составе потока, %		<25	25 - 50	50 - 85	85 - 100
Поправка $\Delta L_{Аук}$, дБА	При уклоне 2%	+2.0	+2.0	+3.0	+3.0
	При уклоне 4%	+2.0	+3.0	+4.0	+5.0

Таблица 28

Поправка, учитывающая ширину центральной разделительной полосы

Ширина центральной разделительной полосы, м	2 и менее	4	6	10	20 и более
Поправка $\Delta L_{Арп}$, дБА	0	-0.5	-0.75	-1.0	-1.5

Таблица 29

Поправка, учитывающая тип покрытия проезжей части дороги

Тип покрытия проезжей части	Доля легковых автомобилей в потоке, %	Поправка $\Delta L_{Апок}$, дБА
Шероховатая поверхностная обработка	Менее 10	0.0
	10 – 30	+0.5
	30 – 55	+1.0
	55 – 75	+2.0
	75 – 90	+3.0
	90 – 100	+4.0
Асфальтобетон	Менее 15	0.0
	15 – 45	+0.5
	45 – 65	+1.0
	65 – 90	+1.5
	90 – 100	+3.0
Щебеночно-мастичный асфальтобетон (ЩМА)	До 55	-1.0
	Свыше 55	-2.0

$$K_{\alpha} = \frac{1}{\delta} \left[\frac{1}{1 + \delta} \right] \quad (49)$$

где: δ – коэффициент, учитывающий характер поверхности. В случае акустически жесткой поверхности – асфальт, бетон, плотный грунт, вода $\delta = 0$. В случае, когда δ менее 1, принимается равным 0. Для травы, газона, снега применяется формула 50.

$$\frac{L_{\text{ист}} - L_{\text{р.т.}}}{H_{\text{ист}} - H_{\text{р.т.}}} = \frac{L_{\text{ист}} - L_{\text{р.т.}}}{d} \quad (50)$$

d – расчетное расстояние, равное $d = 1,4 \cdot R$, м; $H_{\text{ист.}}$ и $H_{\text{р.т.}}$ – высоты источника шума и расчетной точки над уровнем территории, м. $L_{\text{А60з.}}$ – снижение уровня шума, вследствие его затухания в воздухе, рассчитывается по номограмме на рисунке 67. r_n – кратчайшее расстояние между расчетной точкой и акустическим центром источников шума. $L_{\text{Азел.}}$ – снижение уровня шума полосами зеленых насаждений рассчитывается по формуле (51), дБА;

$$\Delta L_{\text{зел.}} = \alpha_{\text{зел.}} \cdot B, \quad (51)$$

где: $\alpha_{\text{зел.}}$ – постоянная затухания звука в зеленых насаждениях, В – ширина шумозащитной полосы зеленых насаждений, м. При отсутствии точных данных принимают среднюю величину $\alpha_{\text{зел.}} = 0,08$ дБ/м. Эта формула справедлива при ширине полосы не более 100 м

$\Delta L_{\text{А}\alpha}$ – поправка, учитывающая ограничение угла видимости магистрали из расчетной точки, рассчитывается по формуле:

$$\Delta L_{\text{А}\alpha} = 10 \lg(\alpha/180), \text{ дБА}$$

(52)

где: α – угол ограничения видимости.

Примеры расчетов шума от источников без внешних препятствий.

Пример 1. На улице N в дневной час пик зафиксировано 2400 единиц транспорта – грузовые 4%, автобусы 1%. Средняя скорость движения 60 км/час. Уклон дорожного покрытия менее 1%, ширина разделительной полосы менее 1 м, поверхность дороги – асфальтобетон. За пределами дороги травяное покрытие, строений, отражающих звук нет. Рассчитать уровень звука, дБА от транспорта на расстоянии 25 м, 50 м, 100 м.

Результаты решения

Расчетный параметр	Расстояние до расчетной точки		
	25	50	100
$L_{\text{Арас.}}$	72,84	66,31	60,17
$L_{\text{экв7.5}}$	81	81	81

Пример 2. Условия те же. Требуется определить расстояние, где уровень звука снижается до величины предельно допустимого уровня 55 дБА.

Результат решения: 195 м.

Вопросы для самоконтроля

1. Для чего производится измерение уровня шума на территории жилой застройки? 2. Укажите перечень источников шума на территории жилой застройки? 3. После проведения каких мероприятий выбираются измерения границы санитарно-защитной зоны?

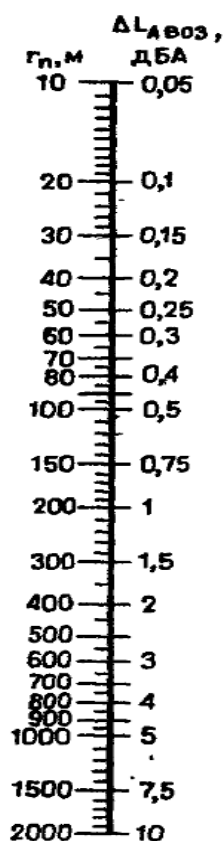


Рис. 67. Номограмма для определения снижения уровня звука вследствие поглощения звука в воздухе

Источники информации

1. Контроль уровня шума на территории жилой застройки, в жилых и общественных зданиях и помещениях. Методические указания. МУК 4.3.2194-07. – Москва, 2007. – 16 с.
2. ГОСТ 23337-78 Шум. Методы измерения шума на селитебной территории и в помещениях жилых и общественных зданий. – М.: Изд-во стандартов, 1985.
3. Санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. – М.: Минздрав РФ, 1996.
4. Методические рекомендации по оценке необходимого снижения звука у населенных пунктов и определению требуемой акустической эффективности экранов с учетом звукопоглощения // Утв. расп. Минтранса России № ОС-362-р от 21.04.2003 г.

3.7 Измерение шума на рабочем месте



Рабочее место – место с наибольшим пребыванием в течение дня. Этапы организации работ по измерению шума на рабочем месте:

Этап 1. Анализ рабочей обстановки. Анализ рабочей обстановки должен предоставить информацию о характере работы и рабочем месте, достаточную для выбора стратегии и планирования измерения.

Этап 2. Выбор стратегии измерения. Применяют три основных стратегии измерения, различающихся базовым элементом измерения, которым может быть либо рабочая операция, либо трудовая функция, либо рабочий день. В ряде ситуаций целесообразно совмещать две или все три указанные стратегии.

Этап 3. Проведение измерений. Основной измеряемой величиной является $L_{p,AeqT}$. При необходимости проводят также измерения $L_{p,Cpeak}$. Измерение проводят в соответствии с выбранной стратегией.

Этап 4. Проверка на ошибки и анализ источников неопределенности измерения. Должна быть проведена оценка источников возможных ошибок и неопределенности измерения.

Этап 5. Вычисления и представление результата измерения.

В зависимости от выбранной стратегии измерения рассчитывают значение $L_{E\Delta,8h}$ и соответствующую ему неопределенность измерения, которые в совокупности составляют результат измерения.

Анализ рабочей обстановки. Анализ рабочей обстановки является неотъемлемой частью любых измерений производственного шума. В ходе его проведения: а) описывают деятельность предприятия и работы, выполняемые работниками, воздействие шума на которых предполагается оценивать; б) выделяют (при необходимости) группы работников, подвергающихся приблизительно одинаковому воздействию шума; в) определяют номинальный день для каждого работника или группы; г) идентифицируют (при необходимости) рабочие операции, выполняемые работником с данной трудовой функцией; д) идентифицируют все потенциальные существенные источники шума и условия их появления; е) выбирают стратегию измерения;

г)вырабатывают план измерения.

При анализе рабочей обстановки выделяют такие элементы как производимая продукция, технологические процессы, организация работ, работники и их деятельность. Независимо от того, какая стратегия будет выбрана (на основе рабочей операции, трудовой функции или рабочего дня), важно идентифицировать все, что может оказать существенное влияние на результат измерения эквивалентного уровня звука за 8-часовой рабочий день, и учесть это при планировании измерения⁴.

Определение групп равного шумового воздействия. Программа измерений может быть сокращена, если есть возможность выделить группы работников, выполняющих схожую работу и подвергающихся, как можно ожидать, приблизительно одинаковому воздействию производственного шума в течение рабочего дня (группы равного шумового воздействия).

Группы равного шумового воздействия могут быть сформированы разными способами, например на основании таких признаков, как профессия работников, их функциональные обязанности, занимаемая должность, место выполнения работ. Другой способ формирования групп основан на анализе производительности труда работника и технологических процессов, в которых он участвует. При формировании групп равного шумового воздействия следует обращать внимание на мнения работников и руководителей низшего звена (производственного участка). Для вынесения окончательного решения о составе группы могут быть использованы результаты измерений.

Определение номинального дня. Для определения номинального дня, включающего как периоды работы, так и перерывы между ними, проводят консультации с работниками, воздействие шума на которых оценивают, и управляющим персоналом. Необходимо провести анализ рабочей обстановки, чтобы выявить все факторы, которые могут оказать влияние на результат измерения шума на рабочем месте работника. В ходе анализа выявляют: а) выполняемые рабочие операции (их содержание и длительность) и вариативность в выполнении этих операций; б) основные источники шума, воздействующего на работника, и производственные участки с повышенным уровнем шума; в) типичную структуру рабочего дня работника (число и время дня выполнения рабочих операций разного вида, с разными инструментами, материалами и пр.) и события, приводящие к существенному изменению уровня шума; г) число и длительность перерывов, совещаний и т.п. и необходимость включения их в номинальный день.

Измерения должны быть спланированы таким образом, чтобы охватить все значительные события, связанные с создаваемым шумом. Необходимо зафиксировать время начала каждого из них, его природу, длительность и

4 Примечание- Порядок проведения анализа рабочей обстановки может быть разным в зависимости от конкретной ситуации. Поскольку все пункты анализа тесно связаны между собой, сложные измерительные ситуации могут потребовать после получения сведений по какому-либо пункту перечня вернуться к уже рассмотренному пункту для уточнения собранной информации или сбора новых данных.

частоту повторения в течение рабочего дня. Пример перечня вопросов, задаваемых для определения значительных событий, связанных с возникновением шума.

В ряде случаев характер деятельности работника и связанное с этим воздействие шума значительно изменяются день ото дня (например, если работник постоянно меняет место и вид работы), и, соответственно, будут значительно изменяться величины, характеризующие это воздействие. Тогда номинальный день может быть определен по анализу рабочей обстановки за несколько дней, например за неделю.

Любые сведения, характеризующие воздействие шума на работника, должны быть идентифицированы, оценены количественно и зарегистрированы. Примерами таких показателей могут быть обрабатываемая деталь или материал, их характеристики, настройки рабочего инструмента, скорость работы машины, число занятых рабочих и пр.

Если целью измерения является оценка долговременного риска ухудшения слуха работника, то номинальный день должен быть представительным для расчета среднего значения измеряемой величины на рассматриваемом интервале времени (см. ИСО 1999).

Выбор стратегии измерения. Выбор стратегии измерения зависит от ряда факторов, таких как цель измерения; сложность рабочей обстановки с точки зрения оценки шумового воздействия; число работающих, для которых оценивают воздействие шума; эффективная длительность рабочего дня; время дня, в течение которого можно проводить измерения и анализ; объем необходимой для анализа информации.

Стратегии измерения: а) на основе рабочей операции, когда проведенный анализ работ, выполняемых в течение дня данным работником, позволяет разбить их на ряд представительных рабочих операций, для каждой из которых потом выполняют несколько измерений; б) на основе трудовой функции, когда выборочные измерения проводят в процессе выполнения данной рабочей функции; с) на основе рабочего дня, когда значение измеряемой величины получают непрерывным измерением шума на рабочем месте в течение всего рабочего дня.

Стратегия измерения на основе рабочей операции.

Представление номинального дня как совокупности рабочих операций. Для работников или групп равного шумового воздействия, для которых проводят измерения, номинальный день может быть разбит на отдельные рабочие операции и перерывы между ними. Рабочая операция должна быть определена таким образом, чтобы при ее многократных повторениях характеризующее ее значение $L_{p,AeqT}$ изменялось не очень значительно. Необходимо убедиться, что все значимые источники шума во время выполнения операции учтены должным образом. Чем выше уровень шума во время операции, тем важнее точно определить ее продолжительность.

Идентификация источников шума и операций, при которых наблюдаются максимальные пиковые значения, необходима для правильного определения как $L_{p,AeqT}$ так и $L_{p,Cpeak}$.

Продолжительность рабочей операции.

Для определения продолжительности рабочей операции T_m используют: а) беседы с работниками и руководителем низшего звена; б) наблюдения и измерения продолжительности выполнения операции во время измерений шума; с) сбор информации о длительности действия типичных источников шума (технологических процессов; работающих машин; действиях, совершаемых на рабочем месте и вблизи него).

Допускается рассматривать продолжительность рабочей операции как переменную величину и определять ее возможные вариации. Для этого либо наблюдают несколько раз выполнение данной операции и регистрируют ее продолжительность при каждом наблюдении, либо просят нескольких работников и руководителя низшего звена дать оценку диапазона возможных значений продолжительности данной операции.

Если получены J наблюдений продолжительности операции $T_{m,j}$, то вычисляют среднее арифметическое значение T_m по формуле:

$$\bar{T}_m = \frac{1}{J} \sum_{j=1}^J T_{m,j}. \quad (53)$$

Сумма продолжительностей T_m операций в течение номинального дня равна эффективной длительности рабочего дня. Таким образом:

$$T_e = \sum_{m=1}^M \bar{T}_m, \quad (54)$$

где: T_m – средняя продолжительность m -й рабочей операции; m – номер рабочей операции; M – число рабочих операций, выполняемых в течение номинального дня⁵.

Измерение $L_{p,A,eqT,m}$. Для каждой рабочей операции измеряют величину $L_{p,A,eqT,m}$ характеризующую воздействие шума на работника во время этой операции. При измерении необходимо учитывать изменения уровня шума в пределах каждой операции во времени, в пространстве и в разных условиях работы.

Следует убедиться, что шумовая обстановка во время измерения является представительной для данной рабочей операции. Во время измерения следует, по возможности, контролировать действия работника. Если в выполняемой работником операции или в шумовой обстановке будут замечены какие-то отклонения, то их следует зафиксировать и указать в протоколе измерений.

Если контролировать действия работника, не создавая ему помех в работе, затруднительно, то возможные отклонения следует оценить иным способом, например, спросив об этом самого работника или по записям в журнале работ.

Длительность каждого измерения должна быть достаточной для надежной оценки эквивалентного уровня звука при выполнении данной операции. Если продолжительность операции менее 5 мин, то длительность измерения выбирают равной продолжительности операции. Допускается уменьшить время

5 Примечание - Измерения на основе рабочей операции можно сочетать с измерениями на основе рабочего дня, чтобы убедиться, что все существенные источники шума приняты во внимание.

измерения, если установлено, что значение измеряемой величины остается стабильным или вклад данной операции в результат измерения шума на рабочем месте незначителен, рисунок 68, операция 1.

Если изменения уровня шума при выполнении операции близки к периодическим, то каждое измерение должно включать в себя не менее трех периодов. Если при этом длительность измерения шума окажется менее 5 мин, то его следует увеличить до не менее 5 мин. При этом она должна быть кратна периоду изменения уровня шума, рисунок 68, операция 2.

Если шум во время выполнения операции непостоянный, то длительность каждого измерения шума должна быть достаточна, чтобы получить результат измерения $L_{p,A,eqT,m}$ представительный для данной операции, рисунок 68, операция 3.

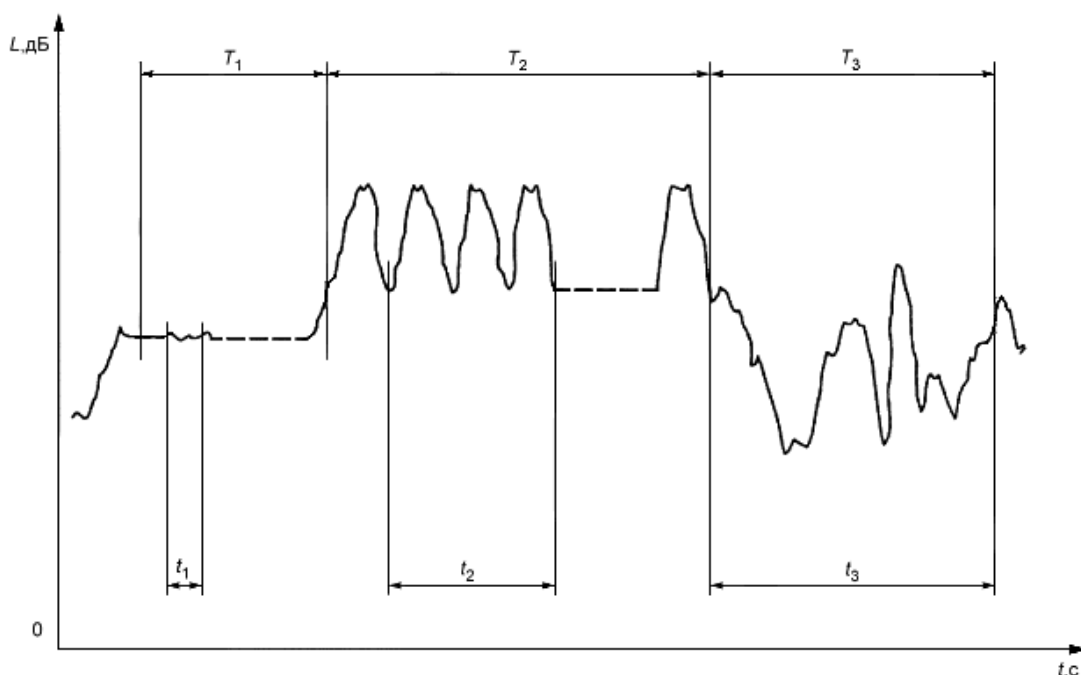


Рис. 68. Пример трех интервалов с разной шумовой обстановкой и периодами измерения шума для каждого из них: L — уровень шума как функция времени; T_1 — продолжительность рабочей операции 1; T_2 — продолжительность рабочей операции 2; T_3 — продолжительность рабочей операции 3; t — время; t_1 — длительность измерения шума операции 1 (почти постоянный шум); t_2 — длительность измерения шума операции 2 (почти периодический шум); t_3 — длительность измерения шума операции 3 (непостоянный шум).

По I измерениям шума во время выполнения m -й рабочей операции рассчитывают эквивалентный уровень звука $L_{p,A,eqT,m}$, дБ, по формуле:

$$L_{p,A,eqT,m} = 10 \lg \left(\frac{1}{I} \sum_{i=1}^I 10^{0,1 \times L_{p,A,eqT,m_i}} \right), \quad (55)$$

где: $L_{p,A,eqT,m}$ – эквивалентный уровень звука при выполнении m -й операции на периоде i -го измерения; i – номер выборочного измерения шума m -й операции; I – число измерений при выполнении m -й операции.

Расчет неопределенности величины $L_{p,A,eqT,m}$

Расчет вклада каждой операции в эквивалентный уровень звука за 8-часовой рабочий день. Данный этап обработки результатов измерений не является обязательным. Его выполняют только в случае, если необходимо оценить относительный вклад каждой операции в общую оценку шума на рабочем месте. В противном случае следует сразу перейти к расчету эквивалентного уровня звука за 8-часовой рабочий день.

Вклад m -й операции в эквивалентный уровень звука за 8-часовой рабочий день $L_{EX,8h,m}$, $дБ$, рассчитывают по формуле:

$$L_{EX,8h,m} = L_{p,A,eqT,m} + 10 \lg \left(\frac{\bar{T}_m}{T_0} \right), \quad (56)$$

где: $L_{p,A,eqT,m}$ – эквивалентный уровень звука на периоде выполнения m -й операции, рассчитываемый по формуле (55); $\bar{T}_m$ – средняя продолжительность m -й операции, рассчитываемая по формуле (53); T_0 – базовая длительность рабочего дня, равная 8 ч.

Выбор средства измерений. Измерения выполняют с использованием средств измерений следующих типов:

а) персональный дозиметр шума, который находится у работника при измерении шума на его рабочем месте;

б) интегрирующий-усредняющий шумомер, который оператор устанавливает в определенных точках или удерживает в руках, перемещаясь вслед за работником.

Персональные дозиметры шума могут быть использованы для любых видов измерений в любой рабочей обстановке. Если необходимо проводить долговременные измерения на рабочем месте работника, который в течение рабочего дня перемещается с места на место, выполняет сложные или плохо формализуемые рабочие задания или большое число разных операций, то использование персонального дозиметра шума является предпочтительным. Если же работник в течение рабочего дня находится преимущественно на одном и том же месте, выполняя при этом одну или несколько рабочих операций, то в этом случае удобно использовать шумомер, установленный в фиксированном положении или удерживаемый руками оператора.

Проверка работоспособности средства измерений на месте. Проверку работоспособности средства измерений на месте его применения проводят в отношении всей измерительной цепи, включая микрофон. Данная процедура предназначена для подтверждения достоверности полученных результатов измерений и отличается от калибровки в лабораторных условиях. При проведении проверки работоспособности акустический калибратор, удовлетворяющий требованиям к приборам класса 1 по МЭК 60942:2003, последовательно соединяют с каждым микрофоном и записывают значение уровня звука на одной или нескольких частотах калибратора в пределах

диапазона частот измерений. Эту операцию выполняют в условиях малозащитного помещения.

Проверку работоспособности на месте проводят перед каждой серией измерений и в начале каждой дневной серии измерений. В конце каждой серии измерений и после окончания дневной серии измерений проверку работоспособности выполняют снова. Если уровень звукового давления на какой-либо частоте калибратора в конце серии измерений отличается от полученного в начале серии измерений более чем на 0,5 дБ, то результаты измерений в данной серии считают недостоверными.

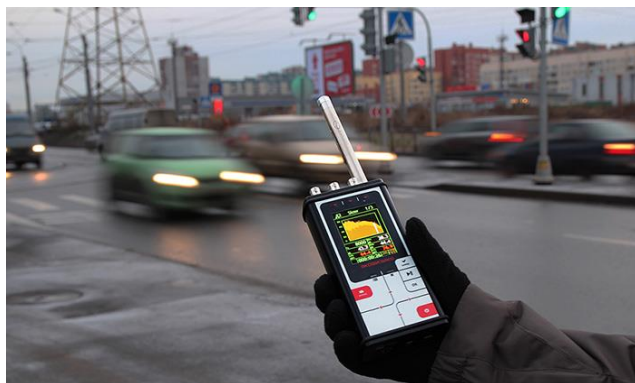
Вопросы для самоконтроля

1. Каким образом организовано измерение шума на рабочем месте?

Источники информации

1. Национальный стандарт РФ ГОСТ Р ИСО 9612-2013 «Акустика. Измерения шума для оценки его воздействия на человека. Метод измерений на рабочих местах» (утв. приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 5 декабря 2013 г. № 2180-ст).

3.8 Измерение шума транспортных потоков и внутри салонов транспортных средств



Проведение измерения шума транспортных потоков. При оценке шумового воздействия автотранспортных потоков на окружающую городскую среду и при разработке шумозащитных мероприятий на разных стадиях проектирования необходимо выполнение акустических расчетов по определению шумовых характеристик автотранспортных потоков на улично-дорожной сети городов и других населенных пунктов, а также ожидаемых уровней звука на различных участках селитебных территорий. Известно, что все расчетные методы имеют некоторую долю погрешности, так как

теоретически невозможно учесть все многообразие факторов внешней среды и при разработке расчетных методов всегда приходится делать какие-то упрощающие предположения и пренебрегать некоторыми факторами, неподдающимися непосредственному расчету (например, климатическими факторами, факторами, характеризующими техническое состояние автомобилей в потоке и др.). Вместе с тем, при разработке расчетных методик многие авторы пытаются повысить точность расчетов за счет введения эмпирических поправок, полученных путем анализа результатов натурных измерений шума автотранспортных потоков. Из всего этого можно сделать два основных вывода: во-первых, для получения наиболее достоверных шумовых характеристик автотранспортных потоков на существующих улицах и дорогах необходимо проведение натурных измерений автотранспортного шума; во-вторых, натурные измерения необходимы для уточнения расчетных методик.

В связи с этим, возникает необходимость разработки и использования на практике единой методики измерения шумовых характеристик автотранспортных потоков, а также аналогичной методики, но по отношению к оценке шумового режима в жилой застройке (на селитебной территории).

В качестве шумовой характеристики автотранспортного установил эквивалентный уровень шума ($L_{Aэкв}$, дБА), измеренный на расстоянии $7,5 \pm 0,2$ м от оси ближней к точке измерения полосы движения транспорта на высоте $1,5 \pm 0,1$ м от уровня проезжей части. В условиях стесненной застройки допускается располагать измерительный микрофон на расстоянии меньшем $7,5$ м от оси ближней полосы, но не ближе 1 м от стен зданий, сплошных заборов и других сооружений или элементов рельефа, отражающих звук. В случае расположения улицы или дороги в выемке измерительный микрофон устанавливают на бровке выемки на высоте $1,5 \pm 0,1$ м от уровня земли.

Места проведения измерений выбираются на прямолинейных горизонтальных участках улицы или дороги с установившейся скоростью движения автотранспортных средств и на расстоянии не менее 50 м от транспортных узлов и остановок общественного транспорта. Измерения проводятся при хорошей погоде (при отсутствии осадков или тумана) и при условии, что поверхность проезжей части улицы или дороги является чистой и сухой. Скорость ветра в момент проведения измерений не должна превышать 5 м/с. При скорости ветра свыше 1 м/с на измерительный микрофон должен быть надет противветровой колпак.

При проведении измерений следует избегать дополнительного воздействия на измерительную аппаратуру вибраций, магнитных и электрических полей, радиоактивного излучения и других неблагоприятных факторов и руководствоваться при этом инструкциями на аппаратуру.

Измерения шумовых характеристик проводятся в период максимальной интенсивности движения транспортных средств (днем - в час пик, ночью - в наиболее шумный час).

Натурные измерения выполняются с помощью акустической аппаратуры - интегрирующих шумомеров, комбинированных измерительных систем, автоматических устройств. Значения уровней шума должны считываться с

приборов с точностью не ниже 1 дБ (дБА).

Перед началом и после проведения каждого измерения аппаратура должна калиброваться. Предпочтительной является калибровка с помощью акустического калибратора, которая позволяет проверить весь измерительный тракт. При отсутствии акустического калибратора допускается электрическая калибровка измерительного тракта, однако при этом вне проверки остается измерительный микрофон.

Возможны два способа выполнения натурных измерений. При первом, шумовая характеристика определяется непосредственно на месте измерений. При втором способе, исследуемый шум записывается в натурных условиях на магнитофон. Полученные магнитные записи шума затем анализируются в лабораторных условиях.

Измерительные микрофоны приборов во время измерений направляются в сторону транспортного потока. Для уменьшения влияния на точность измерений отражений звука оператор должен находиться на расстоянии не менее 0,5 м от измерительного микрофона. Переключатель частотной характеристики приборов устанавливается в положение коррекции «А», а переключатель временной характеристики – в положение «быстро».

Как правило, предпочтительными являются измерения шумовых характеристик приборами, непосредственно автоматически измеряющими эквивалентные уровни шума.

Для получения надежного значения шумовой характеристики автотранспортного потока в часы «пик» достаточно проводить измерения шума в течение 10-30 мин (в зависимости от интенсивности движения транспорта). Поэтому с учетом этого фактора продолжительность каждого отдельного измерения должна находиться в указанных пределах. В целом следует руководствоваться правилом, что во время измерений мимо точки измерений должно проехать не менее 200 транспортных единиц суммарно в обоих направлениях.

Уровни шума помех, создаваемых посторонними источниками шума в период измерения шумовой характеристики автотранспортного потока, должны быть не менее чем на 20 дБА ниже уровней шума транспортных средств при прохождении их мимо измерительной точки.

Во время натурных измерений одновременно с определением шумовых характеристик автотранспортного потока подсчитывается количество транспортных средств каждого вида (легковые, грузовые автомобили, автобусы, мотоциклы), что позволяет рассчитать затем фактическую интенсивность движения и фактический долевой состав транспортного потока.

Измерения проводятся с помощью тех же приборов (при тех же требованиях к ним и к помехам окружающей среды), что и при измерении шумовой характеристики автотранспортных потоков. Однако здесь имеются отдельные отличия, заключающиеся в следующем: измерительные точки выбираются в зависимости от назначения участков селитебной территории на высоте 1,2-1,5 м над уровнем территории и на границе участка, наиболее близкой к транспортной магистрали. При измерениях уровней

автотранспортного шума около фасадов зданий измерительные точки выбираются в 2 м от фасадов и на уровне середины окон первого и последнего (или иного, представляющего особый интерес) этажа здания; при проведении измерений внутри помещений зданий выбирается в больших помещениях не менее 3 измерительных точек, в небольших помещениях (обычных жилых комнатах) обычно одна измерительная точка на высоте 1,2-1,5 м над уровнем пола и на расстоянии не менее 1,5 м от окна. При измерениях окна и двери помещения должны быть закрыты. Если вентиляция помещения производится через открытую форточку, фрамугу, узкую створку (согласно требованиям санитарных норм), то эта форточка или т.п. во время измерений должна быть открыта; при измерениях шума около фасада здания окна, балконные двери, около которых производится измерение шума, должны быть закрыты, а измерительный микрофон должен быть укреплен на штанге, выдвинутой из открытого окна соседнего помещения, и расположен в измерительной точке.

При натурных измерениях следует также оценивать среднюю скорость движения автотранспортного потока. Для этого проводятся измерения времени проезда различными транспортными средствами участка дороги длиной 20 - 30 м. Полученные значения времени проезда для разных автомобилей каждого типа (легковые, грузовые и автобусы) затем усредняются. Средневзвешенная скорость потока в целом определяется по формуле:

$$\bar{V} = \frac{\sum_{i=1}^n V_i P_i}{\sum_{i=1}^n P_i} \quad (57)$$

где: $\bar{V}$ – средняя скорость легковых, грузовых автомобилей и автобусов соответственно; P – процентная доля в потоке легковых, грузовых автомобилей и автобусов соответственно.

При этом для отдельного транспортного средства скорость V_i определяется по формуле:

$$V_i = 36 \cdot l_{уч.} / t_i, \text{ км/ч}, \quad (58)$$

где: t_i – время проезда i -ым транспортным средством $l_{уч.} = 20\text{-}30$ -метрового участка улицы (дороги), с.

Средняя скорость транспортных средств определенного вида рассчитывается по формуле:

$$\bar{V} = \frac{\sum_{i=1}^n V_i}{n}, \quad (59)$$

где: n – число измерений.

Во время измерений все посторонние источники шума в помещениях должны быть отключены. Непосредственная длительность измерений такая же, как и при измерении шумовой характеристики автотранспортных потоков, а общее время оценки шумового режима в помещении или на участке селитебной территории следует принимать в дневной период суток равный 8 часам, в ночной период - равный 0,5 часа. Во время проведения измерений должна быть зафиксирована вся необходимая информация об источнике шума, о месте, времени и условиях измерений, о применявшейся аппаратуре.

Для изучения закономерностей снижения автотранспортного шума с

увеличением расстояния от улицы (дороги) рекомендуется проводить одновременные попарные измерения шума в двух точках, расположенных по перпендикуляру к улице или дороге, но на разных расстояниях. При этом одна точка постоянно располагается в 7,5 м от оси ближней полосы движения (как и при определении шумовой характеристики), а вторая точка измерений располагается последовательно на расстоянии 15, 30, 60 и 120 м и т.п. от дороги (возможен набор других расстояний). Разность уровней звука в опорной точке (7,5 м) и второй точке характеризует снижение шума с расстоянием между этими точками. Анализ попарных разностей уровней позволяет получать закономерности снижения шума с расстоянием, независимо от изменения шумовой характеристики потока, от одной серии измерений к другой и представлять их в виде графика. В получавшихся при измерениях уровнях шума автоматически учитываются все факторы, влияющие на распространение транспортного шума на соответствующем участке прилегающей территории.

Полученные при измерениях данные могут быть использованы как для непосредственной оценки шумовых характеристик автотранспортных потоков и шумового режима на селитебной территории и в застройке, так и для разработки и уточнения методик расчета ожидаемого шумового режима в застройке и при разработке шумозащитных мероприятий, в частности, при проектировании шумозащитных экранов.

Транспортные потоки на районных магистралях крупных городов в часы пик достигают 2000 машин в час, на городских магистралях – до 6000 машин в час. Возрастание шума в крупных и больших современных городах связано с увеличением мощности и грузоподъемности транспорта, увеличением скоростей движения, с внедрением новых двигателей и новых принципов работы транспортных машин (машины на воздушной подушке, турбореактивные двигатели и др.). Уровень шума, степень эффективности экранов, защищающих (рисунок 69) от транспортного потока на участках улично-дорожной сети крупных городов также определяются составом транспортного потока, его интенсивностью движения, скоростью, числом полос движения и другими параметрами.

Уровень шума транспортного потока также определяется интенсивностью и составом потока, и прежде всего долей грузовых автомобилей в потоке. Увеличение средней скорости транспортного потока однозначно приводит к повышению уровня шума.

Эквивалентный уровень шума потока может быть снижен на 2–3,5 дБА, если шум одиночных легковых автотранспортных средств в составе потока снизить с 78 до 75 дБА, а грузовых – с 85 до 80 дБА (доля грузовых автотранспортных средств в потоке 10–30%).

Уровень шума транспортного потока определяется скоростью, интенсивностью и составом потока, продольным уклоном дороги, типом дорожного покрытия, шириной разделительной полосы и другими факторами. Оценивается уровень шума в зоне влияния дороги для мест, чувствительных к шуму: селитебных и промышленных территорий, санаторно-курортных зон, территорий сельскохозяйственного назначения, заповедников, заказников и др.

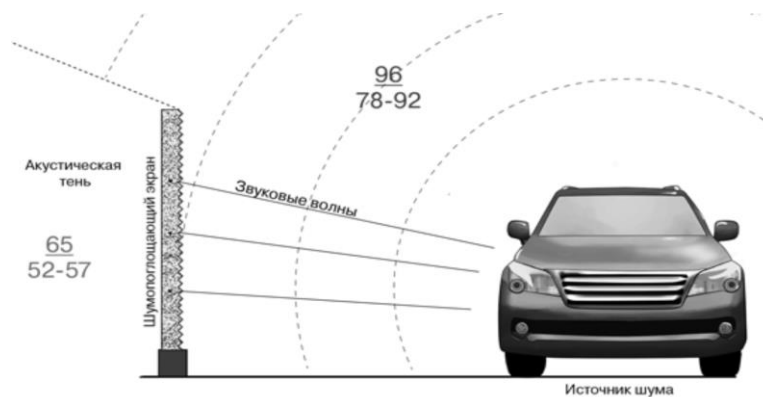


Рис. 69. Степень эффективности экранов: 65 и 96 максимальный пиковый уровень шума; 52 и 78 минимальны средний уровень шума за всё время измерений; 57 и 92 максимальный средний уровень шума за всё время измерений

Автотранспортные потоки. При проведении измерений шумовых характеристик автотранспортного потока, в состав которого могут входить легковые и грузовые автомобили, автопоезда, автобусы, троллейбусы, трамваи, мотосредства (мотоциклы, мотороллеры, мопеды, мотовелосипеды), а также другие виды транспортных средств, измерительный микрофон должен располагаться на расстоянии $(7,5 \pm 0,2)$ м от оси ближней к точке измерения полосы или пути движения транспортных средств и на высоте $(1,5 \pm 0,1)$ м от уровня покрытия проезжей части или головки рельса трамвайного пути.

В условиях стесненной застройки при невозможности расположения измерительного микрофона на расстоянии $(7,5 \pm 0,2)$ м от оси ближней к точке измерения полосы или пути движения транспортных средств допускается располагать измерительный микрофон на меньшем расстоянии, но не ближе 1 м от стен зданий, сплошных заборов и других сооружений или элементов рельефа, отражающих звук. При этом в протоколе измерения должно быть указано фактическое расстояние от оси ближней к точке измерения полосы или пути движения транспортных средств, на котором располагался измерительный микрофон, а также расстояние от измерительной точки до ближайшего препятствия за ней. В случае расположения улицы или автомобильной дороги в выемке измерительный микрофон следует устанавливать на бровке выемки на высоте $(1,5 \pm 0,1)$ м над уровнем бровки. При прохождении автомобильной дороги в тоннеле или галерее измерения шумовых характеристик не проводятся.

Продолжительность периода измерения шумовых характеристик автотранспортного потока, в состав которого могут входить автотранспортные средства различного вида (в частности, легковые и грузовые автомобили, общественный транспорт), зависит от интенсивности движения потока. Измерение продолжают до тех пор, пока не произойдет стабилизация показаний

измерительного прибора в пределах выбранной точности измерений, которая должна быть не хуже $\pm 0,5$ дБА, но и при этом продолжительность измерения должна быть не менее 5 мин.

При неинтенсивном движении автотранспорта, например в ночное время при одиночных проездах автотранспортных средств, продолжительность периода измерений шумовых характеристик автотранспортного потока должна охватывать проезд двух основных групп транспорта, одна из которых включает в себя не менее 30 легковых автомобилей, а другая включает в себя грузовые автомобили, автобусы и общественный транспорт (суммарно не менее 30 транспортных средств). При этом вместо прямого измерения эквивалентного уровня звука L_{Aeq} автотранспортного потока допускается измерение уровней звукового воздействия A при проездах легковых $L_{EAл}$, грузовых $L_{EAзр}$ автомобилей, автобусов L_{EAa} , троллейбусов $L_{EAтрол}$ и мотоциклов $L_{EAмото}$. Одновременно измеряются и максимальные уровни звука L_{Amax} этих транспортных средств.

Измеренные значения уровней звукового воздействия A арифметически усредняют по видам транспорта и рассчитывают эквивалентный уровень звука автотранспортного потока за временной интервал наблюдения T по формуле:

$$L_{Aeq\text{потока}}^{асм} = 10 \lg \{ 1/T \cdot [10^{(\bar{L}_{EAл} + 10 \lg n_{л})/10} + 10^{(\bar{L}_{EAзр} + 10 \lg n_{зр})/10} + 10^{(\bar{L}_{EAa} + 10 \lg n_a)/10} + 10^{(\bar{L}_{EAтрол} + 10 \lg n_{трол})/10} + 10^{(\bar{L}_{EAмото} + 10 \lg n_{мото})/10}] \}, \quad (60)$$

где: $L_{EAл}$, $L_{EAзр}$, L_{EAa} , $L_{EAтрол}$, $L_{EAмото}$ – средние уровни звукового воздействия по видам транспортных средств (легковые, грузовые автомобили, автобусы, троллейбусы, мотоциклы), дБА;

$n_{л}$, $n_{зр}$, n_a , $n_{трол}$, $n_{мото}$ – число легковых, грузовых автомобилей, автобусов, троллейбусов и мотоциклов соответственно, в потоке за временной интервал наблюдения.

Если в транспортном потоке присутствует также вид транспорта, не перечисленный в формуле (60), то в квадратных скобках добавляют член $[+10^{(\bar{L}_{EAдоп} + 10 \lg n_{доп})/10}]$,

где: $L_{EAдоп}$ – средний уровень звукового воздействия дополнительного вида транспортного средства,

$n_{доп}$ – число транспортных средств дополнительного вида.

Если какой-либо вид транспорта отсутствует в потоке, то соответствующий ему член в вышеприведенной формуле принимается равным нулю.

Потоки железнодорожного транспорта. При проведении измерений шумовых характеристик потока железнодорожных поездов измерительный микрофон должен располагаться на расстоянии $(25 \pm 0,5)$ м от оси ближнего к точке измерения магистрального (главного) железнодорожного пути и на высоте $(1,5 \pm 0,1)$ м над уровнем головки рельса.

При невозможности расположения измерительного микрофона на расстоянии $(25 \pm 0,5)$ м от оси ближнего к точке измерения магистрального (главного) пути, например в условиях стесненной застройки или из-за особенностей рельефа местности, допускается располагать измерительный микрофон на меньшем расстоянии, но не ближе 1 м от стен зданий, сплошных заборов и других сооружений или элементов рельефа, отражающих звук. При этом в протоколе измерения должно быть указано фактическое расстояние от оси ближнего к точке измерения пути движения поездов, на котором располагался измерительный микрофон, а также расстояние от измерительной точки до ближайшего препятствия за ней.

В случае расположения железнодорожного пути в выемке измерительный микрофон следует устанавливать на бровке выемки на высоте $(1,5 \pm 0,1)$ м над уровнем бровки.

В протокол измерений помимо шумовых характеристик потока поездов должно быть занесено расстояние от измерительной точки до оси ближайшего пути, описание места и условий измерения, а также должен быть указать тип шпал (железобетонные или деревянные) и тип пути (бесстыковой, звеньевой).

При прохождении железнодорожных поездов по мосту, в тоннеле или в галерее измерения шумовых характеристик не проводятся. Результаты измерений, во время которых раздавались гудки локомотивов, должны быть исключены из дальнейшей обработки.

Временной интервал наблюдения при измерениях эквивалентного и максимального уровня звука потока железнодорожных поездов должен охватывать проезд мимо точки измерения не менее пяти поездов каждого вида (пассажирские, грузовые, пригородные электропоезда), вносящих существенный вклад в суммарную шумовую характеристику потока. Если шум формируется поездами только одного вида, то продолжительность временного интервала наблюдения выбирается такой, чтобы за это время мимо точки измерения проследовало бы не менее 20 поездов. Если невозможно выполнить это условие, то в протоколе измерений указывают число поездов, шум которых удалось измерить, и приводят оценку влияния числа измеренных поездов на неопределенность измерений.

Предпочтительно проводить измерения в периоды наибольшей интенсивности движения поездов как в дневное, так и в ночное время.

В качестве максимального уровня звука потока железнодорожных поездов $L_{Amax, потока}$ принимается среднемаксимальный уровень звука L_{Amax} , дБА, рассчитанный на основе зафиксированных максимальных уровней звука отдельных поездов за временной интервал наблюдения T .

При малой интенсивности движения поездов или когда по определенным причинам невозможно измерить эквивалентные уровни для вышеуказанного числа поездов, измеряют с помощью интегрирующего шумомера или другой измерительной системы, удовлетворяющей требованиям ГОСТ 17187, максимальный уровень звука L_{Amax} , дБА, и уровень звукового воздействия $A_{LEAпоезд}$, дБА, при проезде каждого поезда различного вида (пассажирские, грузовые, пригородные электропоезда). Для проходящего поезда шум измеряют

до тех пор, пока уровень звука снизится по меньшей мере на 10 дБА относительно наибольшего мгновенного уровня звука в момент прохода поезда мимо точки измерения. Затем находят среднеарифметические значения уровней L_E для каждого вида поезда и определяют эквивалентный уровень звука потока железнодорожных поездов по формуле:

$$L_{Aeq\text{ потока}}^{ж\text{ел}} = 10 \lg \left\{ 1/T \cdot \left[10^{(L_{EA_{пасс}} + 10 \lg n_{пасс})/10} + 10^{(L_{EA_{груз}} + 10 \lg n_{груз})/10} + 10^{(L_{EA_{приг}} + 10 \lg n_{приг})/10} \right] \right\} \quad (61)$$

где: $L_{EA_{пасс}}$, $L_{EA_{груз}}$, $L_{EA_{приг}}$ – средние уровни звукового воздействия по видам поездов, дБА; $n_{пасс}$, $n_{груз}$, $n_{приг}$ – число пассажирских, грузовых и пригородных поездов за временной интервал наблюдения T .

Движение трамваев. При расположении трамвайных путей отдельно от автомобильной дороги и при условии, что шумовые характеристики трамваев в этом случае могут рассматриваться как шумовые характеристики отдельного источника, не связанного с автомобильным потоком, измерительный микрофон следует располагать на расстоянии $(7,5 \pm 0,2)$ м от оси ближнего к точке измерения пути движения трамваев и на высоте $(1,5 \pm 0,1)$ м над уровнем головки рельса трамвайного пути.

В условиях стесненной застройки при невозможности расположения измерительного микрофона на расстоянии $7,5 \pm 0,2$ м от оси ближнего к точке измерения пути движения трамваев допускается располагать измерительный микрофон на меньшем расстоянии, но не ближе 1 м от стен зданий, сплошных заборов и других сооружений или элементов рельефа, отражающих звук. При этом в протоколе измерения должно быть указано фактическое расстояние от оси ближнего к точке измерения пути движения трамваев, на котором располагался измерительный микрофон, а также расстояние от измерительной точки до ближайшего препятствия за ней.

В случае расположения трамвайных путей в выемке измерительный микрофон следует устанавливать на бровке выемки на высоте $1,5 \pm 0,1$ м над уровнем бровки.

Период измерения шумовых характеристик (эквивалентных и максимальных уровней звука) транспортного потока, в состав которого входят только трамваи, должен охватывать проезд не менее 20 трамваев в обоих направлениях (суммарно).

Кроме прямого измерения эквивалентного уровня звука L_{Aeq} потока трамваев, допускается измерение уровней звукового воздействия A при проездах отдельных трамваев $L_{EA_{трам.i}}$. При этом одновременно измеряют также максимальные уровни звука L_{Amax} . Для проходящего трамвая шум измеряют до тех пор, пока уровень звука снизится по меньшей мере на 10 дБА, относительно наибольшего мгновенного уровня звука в момент прохода трамвая мимо точки измерения.

Измеренные значения уровней звукового воздействия $L_{EA_{трам.i}}$ суммируют, арифметически усредняют по числу трамваев $n_{трам}$ за интервал наблюдения T и рассчитывают эквивалентный уровень звука потока трамваев за время

наблюдения по формуле:

$$L_{\text{Авг потока}}^{\text{трам}} = 10 \lg \left[\frac{1}{T} \left(10^{(L_{\text{Авг трам}} + 10 \lg n_{\text{трам}})/10} \right) \right], \text{ дБА}, \quad (62)$$

где: $\bar{L}_{\text{Авг трам}}$ – средний уровень звукового воздействия при проезде трамвая мимо точки измерения, дБА, рассчитывают при определении эквивалентных уровней звука по измерениям уровня звукового воздействия A $\bar{L}_{\text{ЕА}}$ вычисляют средние уровни звукового воздействия A $\bar{L}_{\text{ЕА}}$ для транспортных средств каждого вида, принимаемых во внимание (для автомобильных потоков - легковые, грузовые автомобили, автобусы, троллейбусы, мотоциклы; для трамвайных потоков - трамваи разных типов; для потоков железнодорожных поездов - пассажирские, грузовые поезда, пригородные электропоезда; для метрополитена - метropоезда разных типов), по формуле:

$$\bar{L}_{\text{ЕА}} = 10 \lg \left(\frac{1}{n_i} \sum_{i=1}^{n_i} 10^{0,1 L_{\text{ЕА}}} \right), \text{ дБА}, \quad (63)$$

где: $L_{\text{ЕА}}$ – уровень звукового воздействия A , измеренный при проходе i -го транспортного средства, дБА; n_i – число проходов транспортного средства определенного типа, для которых выполнялись измерения. $n_{\text{трам}}$ – число проехавших трамваев за интервал наблюдения.

Измерение внутреннего шума автотранспорта. Методы измерения шума проводят по ГОСТ Р 51616-2000. Измерения уровня шума необходимо проводить в следующих точках. У сиденья водителя (для всех категорий автотранспортных средств) – микрофон, расположенный у сиденья водителя, должен быть смещен от его оси симметрии на $0,20 \pm 0,02$ м в направлении центра автотранспортного средства.

Над каждым рядом сидений – микрофон, расположенный у сидений пассажиров. В зонах, предназначенных для стояния пассажиров, измерения проводят на высоте $1,6 \pm 0,1$ м от пола ближе к продольной оси симметрии автотранспортных средств.

В зонах, предназначенных для лежания пассажиров, измерения проводят над серединой подушки на высоте $0,15 \pm 0,02$ м.

Расстояние от микрофона до стенок кабины или испытателя, проводящего измерения, должно быть не менее 0,15 м. Если при измерении в автотранспортном средстве находится испытатель, расстояние от него до микрофона должно быть не менее 1 м.

Микрофон должен быть расположен горизонтально; его ось максимальной чувствительности (в соответствии с характеристикой прибора) должна быть ориентирована в направлении взгляда сидящего человека. Если это направление не определено, то в направлении движения автотранспортного средства.

В протоколе испытаний указывают зоны, в которых были проведены измерения.

Измерение шума при разгоне. Измерения проводят следующим образом.

Стабилизируют начальную скорость движения v_0 автотранспортного средства и режим работы двигателя в соответствии с условиями испытаний.

При достижении стабильной начальной скорости v_0 резко нажимают до упора на педаль управления дроссельной заслонкой или подачей топлива и удерживают ее в таком положении до достижения окончания разгона скорости v_k . Не допускается переключение передач во время разгона.

За результат измерения принимают максимальное значение уровня звука, зарегистрированное в процессе разгона автотранспортного средства.

Выбор режима испытаний. Испытание автотранспортного средства с механической коробкой передач, имеющей ручное управление. В коробке передач должна быть включена наиболее высокая передача (не ниже третьей, если коробка передач имеет четыре и более передач, и не ниже второй, если коробка передач имеет менее четырех передач), обеспечивающая движение автотранспортного средства со скоростью, не превышающей 120 км/ч при частоте вращения двигателя, равной 90 % режима максимальной мощности. Полученная скорость принимается за скорость окончания разгона v_k .

Если при включении выбранной передачи при частоте вращения, равной 90 % режима максимальной мощности двигателя, скорость превышает 120 км/ч, то скорость v_k считают равной 120 км/ч. Испытания проводят на выбранной передаче, начиная со скорости v_0 , соответствующей 45 % режима максимальной мощности двигателя. Если на выбранной передаче скорость v_k равна 120 км/ч, то v_0 должна быть 60 км/ч. Если на автотранспортном средстве категории N3 установлен ограничитель скорости, не позволяющий на высшей передаче развить скорость, соответствующую 90% режима максимальной мощности, то необходимо переходить на более низкую передачу и осуществлять разгон с 45 % до 90 % режима максимальной мощности двигателя.

Испытание автотранспортного средства с автоматической коробкой передач. В автотранспортном средстве с автоматической коробкой передач измерения проводят начиная со скорости v_0 , соответствующей 45 % режима максимальной мощности двигателя. При этом скорость v_0 не должна быть более 60 км/ч.

Если в коробке передач происходит переключение передач раньше, чем автотранспортное средство достигнет скорости, соответствующей 90 % частоты режима максимальной мощности двигателя или 120 км/ч, начальную скорость v_0 принимают равной 50 % скорости, при которой происходит переключение передач. За скорость окончания разгона v_k принимают скорость, на которой происходит переключение передач. Не допускается принудительное включение понижающей передачи.

Испытание автотранспортных средств всех категорий, приводимых в движение с помощью электродвигателя, и троллейбусов. Для автотранспортных средств всех категорий, приводимых в движение с помощью электродвигателя, и троллейбусов начальную скорость v_0 устанавливают равной 45 % максимальной скорости, указанной предприятием-изготовителем. Разгон осуществляют до скорости v_k соответствующей 90 % максимальной скорости, указанной предприятием-изготовителем.

Испытание автотранспортных средств, у которых максимальная скорость автотранспортного средства снаряженной массы с водителем и оператором на высшей передаче меньше скорости, соответствующей 90 % максимальной мощности двигателя и скорости 120 км/ч.

В коробке передач включают более низкую передачу, но не ниже третьей. Начальная скорость v_0 должна соответствовать минимальной частоте вращения коленчатого вала двигателя, обеспечивающей ее постоянное увеличение при полном нажатии на педаль дроссельной заслонки или подачи топлива, но не ниже 45 % скорости, соответствующей режиму максимальной мощности двигателя. Разгон заканчивается при скорости автомобиля v_k , соответствующей 90 % максимальной мощности двигателя.

Измерение шума при движении автотранспортного средства с постоянной скоростью. Измерение шума при движении с постоянной скоростью проводят на высшей передаче в диапазоне скоростей, начиная с 60 км/ч или 40 % максимальной скорости автотранспортного средства до скорости, соответствующей 80 % максимальной, но не более 120 км/ч. Из указанных скоростей выбирают наименьшую.

Измерения проводят не менее чем при пяти значениях постоянных скоростей с округлением до 5 км/ч: наименьшей, наибольшей и промежуточных, обеспечивая равномерность интервалов между значениями скоростей. В каждой точке измерения и при каждой скорости в течение 5 с регистрируют среднее значение показания шумомера.

Измерение шума вентиляционных установок автотранспортного средства. Измерение проводят на неподвижном автотранспортном средстве при работе двигателя на холостом ходу (минимальная частота вращения холостого хода). При измерении шума вентиляционной установки кондиционеры, отопители или вентиляторы должны быть включены в наиболее шумном режиме, предусмотренном изготовителем для продолжительной работы при движении автотранспортного средства. В каждой точке расположения микрофона проводят не менее трех измерений. Результаты измерений заносят в протокол испытаний (приложение В).

Измеряемые значения. При испытаниях измерения проводят с использованием постоянной времени усреднения «Быстро» (*Fast*), либо измерения проводят с использованием постоянной времени усреднения «Медленно» (*Slow*).

Измерения в процессе испытаний проводят при включенной частотной коррекции, соответствующей шкале А.

При измерениях в каждой точке расположения микрофона проводят не менее трех измерений. За результат измерения в каждой точке принимают среднее арифметическое значение, округленное до целого числа, которое сравнивают с допустимыми уровнями, приведенными в таблице 30.

Таблица 30

Допустимые уровни внутреннего шума автотранспортных средств

Автотранспортное средство	Допустимый уровень звука, дБА
Автомобили и автобусы для перевозки пассажиров	
Категория М1 (кроме вагонной или полукапотной компоновки кузова)	78
Категория М1 (вагонная или полукапотная компоновка кузова)	80
Категории М2, М3 (кроме расположения двигателя впереди или рядом с местом водителя):	
- на рабочем месте водителя	78
- в пассажирском помещении автобусов классов II и III по ГОСТ 27815	80
- в пассажирском помещении автобусов класса I	82
Категории М2, М3 (с расположением двигателя впереди или рядом с местом водителя):	
- на рабочем месте водителя и в пассажирском помещении	80
Автомобили для перевозки грузов	
Категории N1 полной массой до 2 т	80
Категория N1 полной массой от 2 до 3,5 т	82
Категории N2, N3 кроме предназначенных для международных и междугородных перевозок	82
Категории N2, N3, для международных и междугородных перевозок	80
Полуприцепы, предназначенные для перевозки пассажиров	80
Троллейбусы	
- на рабочем месте водителя	78
- в пассажирском помещении	82
Примечания 1 Для автотранспортных средств повышенной проходимости* категории М1 допустимые уровни увеличиваются на 2 дБА. 2 При проведении инспекционных испытаний сертифицированного типа автотранспортного средства допускается превышение допустимых уровней звука не более чем на 1 дБА. 3 Для автотранспортных средств, имеющих мягкий верх, допускается увеличение предельных значений на 2 дБА до 01.07.2001. 4 Для автотранспортных средств, поставленных на производство до 01.01.91, допускается увеличение предельных значений на 2 дБА. * В соответствии с определением, приведенным в ЕЭК ООН [1].	

Если разность наибольшего и наименьшего значений уровней шума в каждой точке превышает 2 дБА, проводят повторное испытание. За окончательный результат измерения уровня шума в пассажирском помещении принимают максимальное значение, полученное в измерительных точках.

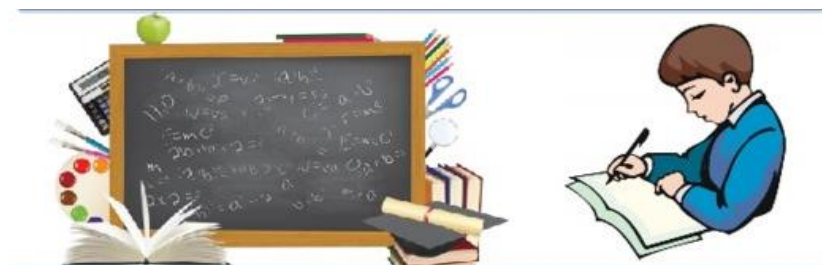
Вопросы для самоконтроля

1. На каком расстоянии и на какой высоте должен располагаться микрофон от оси ближней к точке измерения полосы или пути движения транспортных средств? 2. На каком расстоянии должен находиться оператор от измерительного микрофона? 3. Какой должен быть интервал между отсчетами уровней звука при проведении измерения шумовой характеристики транспортного потока? 4. Для каких транспортных средств следует определять также скорость их движения и почему?

Источники информации

1. Межгосударственный стандарт. ГОСТ 20444-2014 «Шум. Транспортные потоки. Методы определения шумовой характеристики. Принят Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации по переписке (протокол от 30 сентября 2014 г. № 70-П). – М.: Стандартинформ, 2015. – 23 с.
2. Совместная скандинавская методика расчета уровней автотранспортного шума / Труды института НИИСФ. – М.: 1979.
3. Хейт Ф. Математическая теория транспортных потоков. – М.: Изд. Мир.
4. Методические рекомендации по оценке необходимого снижения звука у населенных пунктов и определению требуемой акустической эффективности экранов с учетом звукопоглощения // Утв. расп. Минтранса России № ОС-362-р от 21.04.2003 г.

3.9 Обработка результатов измерений и оценка их достоверности



Измерения для оценки одного и того же шума могут быть построены по-разному, но давать один и тот же результат. Важно лишь правильно учитывать особенности измеряемого шума, например, цикличность работы источника шума.

Помехи представляют главную опасность для получения правильного результата прямого измерения эквивалентного уровня звука интегрирующими приборами.

Кроме приблизительности результата, они не отвечают такому важному сегодня требованию, как прослеживание вклада неопределенностей входных данных в итоговый результат. Специализированные калькуляторы, проводящие расчет по точным формулам, свободны от указанных недостатков. Сегодня для большинства распространенных случаев имеются калькуляторы, реализующие расчеты по формулам из нормативной документации. С их помощью не только экономится время при расчете окончательного результата и неопределенности, но и появляются дополнительные возможности. Например выделения шума конкретного источника при разнице с фоновым шумом меньше 4 дБ. Калькуляторы находятся в свободном доступе и не привязаны к конкретной марке шумомера.

Двойное определение максимального уровня звука в действующих СН закладывает конфликт в оценку соответствия норме. В зависимости от используемого определения, разница максимального уровня звука одного и того же шума в номере гостиницы превысила 20 дБ.

Если результат расчета по записям в рабочем журнале и обычным данным прибора устраивает, то работа с хронограммой не нужна. Но в случае, когда результат вызывает сомнения или до конфликта не устраивает заказчика, наличие хронограммы помогает: проверить результат и исправить промахи, допущенные при измерении, применить другие варианты расчета результата, обосновать результаты перед заказчиком.

Сказанное в полной мере относится к измерению и расчету параметров вибрации.

1. Измеренные октавные уровни звукового давления вследствие погрешностей, вносимых измерительными трактами и влияния шумовых помех, нуждаются в корректировке, которая производится в процессе обработки результатов измерений. Поправки вносятся на неравномерность частотной характеристики шумоизмерительного тракта, наличие шумовых помех (при оценке шума одиночной машины).

1.1. Поправки на неравномерность частотной характеристики шумоизмерительного тракта определяются по результатам его поверки в организациях Госстандарта СССР: они являются неотъемлемой частью документации на данный шумоизмерительный тракт и должны алгебраически (с учетом знака) суммироваться с результатами измерений октавных уровней звукового давления.

1.2. Поправки, обусловленные наличием шумовых помех, вносятся в случаях, когда уровни шумовых помех менее чем на 10 дБ ниже уровня измеряемого шума во всех октавных полосах частот.

Если разность между измеренным суммарным октавным уровнем (создаваемым машиной на фоне помех) и октавным уровнем помех (измеренным при неработающей машине) больше или равна 10 дБ, то влияние помех на результат измерений не учитывается. Если эта разность составляет от

6 до 9 дБА, то из измеряемого суммарного октавного уровня следует вычесть 1 дБ а при разности от 4 до 5 дБ следует вычесть 2 дБ.

2. Средний уровень звукового давления по результатам нескольких измерений в одной точке или по результатам измерений в нескольких точках (рабочей зоне) определяется как среднее арифметическое по формуле (64), если измеренные уровни отличаются не более, чем на 7 дБ, и по формуле (65), если они отличаются более, чем на 7 дБ:

$$L_{cp} = 1/n (L_1 + L_2 + L_3 + \dots + L_n), \text{ дБ} \quad (64)$$

$$L_{cp} = 10 \lg (10^{0,11 L_1} + 10^{0,11 L_2} + 10^{0,11 L_3} + \dots + 10^{0,11 L_n}) \text{ дБ} \quad (65)$$

где: $L_1, L_2, L_3 \dots L_n$ – измеренные уровни, дБ; n – число измерений.

3. Для непостоянных шумов с учетом хронометражных данных рассчитываются эквивалентные уровни.

После расчета эквивалентного уровня поправка на время действия шума не вносится, постольку рассчитанный эквивалентный уровень уже учитывает длительность шума за рабочую смену.

Для определения среднего значения уровней по формуле (64) измеренные уровни необходимо просуммировать с использованием таблицы 31 и вычесть из этой суммы $10 \lg n$, определяемое по таблице 32 при этом формула (65) принимает вид:

$$L_{cp} = L_{\text{сум}} - 10 \lg n \quad (66)$$

Суммирование измеренных уровней $L_1, L_2, L_3 \dots L_n$ производят попарно последовательно следующим образом. По разности двух уровней L_1 и L_2 по таблице 31 определяют добавку DL , которую прибавляют к большему уровню L_1 , в результате чего получают уровень $L_{1,2} = L_1 + \Delta L$. Уровень $L_{1,2}$ суммируется таким же образом с уровнем L_3 и получают уровень $L_{1,2,3}$ и т.д. Окончательный результат $L_{\text{сум}}$ округляют до целого числа децибел.

Таблица 31

Определение средних значений уровня

Разность слагаемых уровней $L_1 - L_2$, дБ ($L_1 \geq L_2$)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Добавка DL , прибавляемая к большему из уровней L_1 , дБ	3	2,5	2,2	1,8	1,5	1,2	1	0,8	0,6	0,4

При равных слагаемых уровнях, т. е. при $L_1 = L_2 = \dots = L_n = L$ в формуле 64 можно определять по формуле:

$$L_{\text{сум}} = L + 10 \lg n \quad (67)$$

В таблице 32 приведены значения $10 \lg n$ в зависимости от n .

Таблица 32

Числовые уровни источников для определения зависимости n

Число уровней или источников n	1	2	3	4	5	6	8	10	20	30	50	100
$10 \lg n$, дБ	0	3	5	6	7	8	9	10	13	15	17	20

соответствует задержке r/c , где r – расстояние между излучателем и приемником, c – скорость распространения звука в среде. Электромагнитные волны, которые могут вызвать наводку, распространяются с неизмеримо большей скоростью, чем звуковые, поэтому наводка будет по времени практически совпадать с возбуждающим сигналом. После того как определена достоверность измеряемого сигнала, должна быть осуществлена регистрация помехи, т.е. того отклонения показаний регистрирующих приборов, которое соответствует отсутствию сигнала.

Помехи акустическим измерениям подразделяют на механические и электрические. К механическим относятся помехи, воздействующие на измеряемое поле или непосредственно на электроакустический преобразователь. Их источниками могут быть внешние воздействия, например, производственные шумы, шумы ветра, работающих агрегатов и т. д. От этих шумов можно частично избавиться, выбирая подходящее время и место проведения измерений и звукоизолируя помещения.

В лабораторных измерениях, выполняемых обычно в помещениях ограниченного объема – заглушенных камерах, бассейнах и т.д., внешние шумы мало влияют на результаты измерений. Эти помещения строят с хорошей звукоизоляцией. Однако при измерениях возникает акустическая помеха, вызываемая излученным сигналом, попадающим на приемник после одно- и многократного отражения от поверхностей помещения. Распространено неправильное мнение, что в заглушенных помещениях отражение от поверхностей настолько мало, что с ним можно не считаться. На самом деле влияние отраженных сигналов определяется не столько уровнем заглушения, сколько отношением между излучаемым в помещении сигналом и сигналом, который должен быть принят. Поглощение или звукоизоляцию образца, если ожидается, что принимаемый сигнал в десятки раз меньше излученного, при таких условиях определить практически невозможно. Требуется импульсный или корреляционный режим работы. К электрическим помехам относятся паразитные обратные связи и наводки. Под паразитной наводкой понимается передача напряжения сигнала из одного элемента в другой, не предусмотренная его схемой и конструкцией. Она появляется при наличии паразитной связи между этими элементами, приводящей к появлению на выходе сигналов, не соответствующих измеряемому. Кроме того, эта наводка может возбудить усилитель или изменить его характеристики.

Чаще всего встречается паразитная связь через общее сопротивление – внутреннее сопротивление и соединительные провода источников питания и схем управления электронных устройств. Паразитная связь может быть индуктивной, емкостной и смешанной. При наличии сильных электромагнитных полей, создаваемых излучающими элементами большой мощности, даже очень слабая связь может оказаться достаточной для наведения паразитных сигналов в высокочастотных усилительных цепях. Наводку вызывают также и броски токов и напряжения питания при срабатывании различных реле, не говоря уже о колебаниях напряжения.

Наводки устраняют путем правильного соединения между собой

элементов схем и экранирования путей распространения электрического, магнитного и электромагнитного полей. Уровень помех в акустическом измерительном тракте вне зависимости от их происхождения оценивают в эквивалентных значениях измеряемой величины (давление, смещение, ускорение). С точки зрения оценки результатов измерений важно знать, – когерентна ли помеха полезному сигналу, т.е. связаны ли между собой фазы полезного сигнала и помехи.

Правильная постановка измерений требует, чтобы когерентная помеха была меньше измеряемого сигнала (т.е. суммы сигнала и помехи) на 20-25 дБ, а не когерентная помеха – на 15-20 дБ (при допустимой погрешности 1 дБ). Измерения с меньшей разницей допустимы только в виде исключения. После того, как установлено, что помеха значительно меньше сигнала, должна быть проконтролирована линейность измерительного тракта. В лабораторных условиях это делается путем некоторого изменения величины электрического сигнала, возбуждающего электроакустический излучатель. В такое же число раз (обычно в 2 раза, т.е. на 6 дБ) должен изменяться сигнал на выходе.

Если этого не происходит, возбуждающий сигнал должен быть уменьшен до такой величины, чтобы всякое его изменение вызывало соответствующее изменение выходного сигнала. При необходимости точных измерений надо полностью снимать амплитудную характеристику измерительного тракта.

При измерениях шумов в натуральных условиях, когда нет возможности регулировать измеряемый сигнал, необходимо убедиться в линейности тракта путем переключения ступенчатых регуляторов усиления.

Порядок оформления результатов измерений шума. Оформление результатов измерений закрепляется в протоколе измерений, приложение 3, здесь помимо общих сведений, отражены: основные источники шума, характер шума, временной режим измерений, условия проведения измерений, влияющие на уровень и характер шума, поправки к нормативным значениям.

Значение уровней звука (уровней звукового давления) считываем с прибора и вносим в протокол с точностью до 1 дБА (дБ) с округлением при необходимости.

Шумовыми характеристиками технологического и инженерного оборудования, создающего постоянный шум, которые нам нужны для оформления карты шума, являются уровни звуковой мощности L_w , дБ, в девяти октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами 31,5-8000 Гц (октавные уровни звуковой мощности), а оборудования, создающего непостоянный шум, $L_{wэкв}$ – эквивалентные уровни звуковой мощности и $L_{w макс}$ максимальные уровни звуковой мощности в восьми октавных полосах частот.

А также, шумовые характеристики технологического и инженерного оборудования должны содержаться в его технической документации и прилагаться к разделу проекта «Защита от шума». Следует учитывать зависимость шумовых характеристик от режима работы, выполняемой операции, обрабатываемого материала и т.п. Возможные варианты шумовых характеристик должны быть отражены в технической документации оборудования.

Для описания шумовой обстановки на рабочем месте в пределах заданной территории внутри или снаружи помещения обычно определяют: положения рабочих мест и соответствующие значения иммиссии; экспозицию шума для каждого работающего на рабочем месте; источники шума и соответствующие значения эмиссии.

Могут быть полезны, как образцы, также шумовые карты, представленные на рисунке 70.

Применение шумовых паспортов и шумовых карт. Шумовые паспорта рабочих мест и шумовые карты могут быть использованы для различных целей: оценки иммиссии на рабочем месте; выявления мест с самым высоким уровнем шума и главными источниками шума; выявления мест, где иммиссия шума превышает допустимые уровни шума; отображения реальной шумовой ситуации в определенное время; в качестве важного инструмента на этапе планирования новых рабочих мест; оценки результата изменения парка машин, рабочих процессов или размещения рабочих мест; проверки эффективности принятых или планируемых мер; долгосрочного планирования мероприятий защиты от шума; в качестве инструмента переговоров и согласований между заинтересованными сторонами; информирования о шумовой ситуации людей, подвергающихся воздействию шума; реализации аудиометрических программ и мотивации работающих к применению индивидуальных средств защиты слуха. В приложении 3.1 и 3.2 приведены иллюстрации, заполненные по форме «Роспотребнадзора» протоколы измерений.

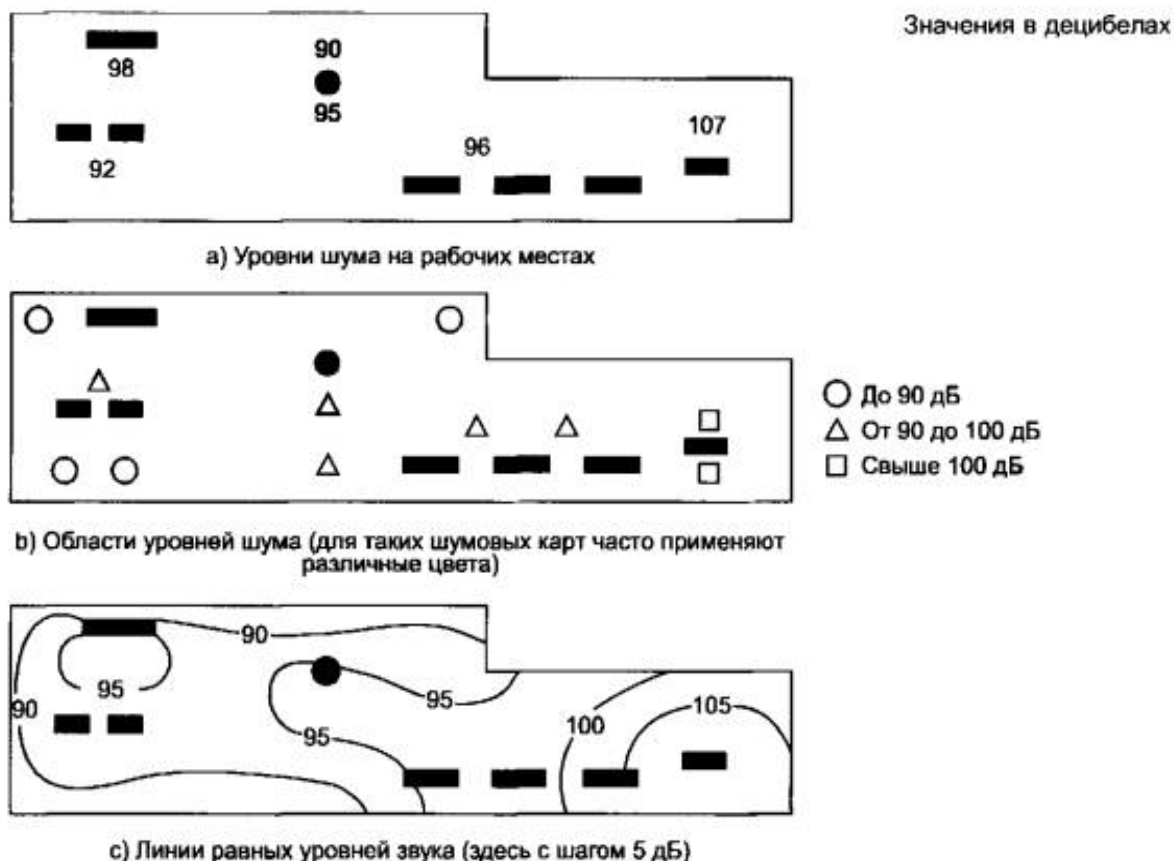


Рис. 70. Пример оформления шумовых карт. Различные виды шумовых карт
для рабочих мест
Вопросы для самконтроля

1. Как осуществляется оценка достоверности проводимых измерений? 2. Что относится к электрическим помехам? 3. Как устраняются электрические помехи? 4. Как должны соотноситься уровни помехи и полезного сигнала? 5. Как проверяется линейность измерительного тракта?

Источники информации

1. Контроль уровня шума на территории жилой застройки, в жилых и общественных зданиях и помещениях. Методические указания. МУК 4.3.2194-07. – Москва, 2007. – 16 с.
2. ГОСТ Р 52797. 1-2007 Акустика. Рекомендуемые методы проектирования малозумных рабочих мест производственных помещений. Часть 1. Принципы защиты от шума. Утв. и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 25 декабря 2007 г. № 404-ст. – 30 с.
1. Хасанов И.Н. Акустические измерения: Учебное пособие. – Ташкент: Ташкентский ГТУ им. А.Р. Беруни, 2007. – 132 с.
2. Международный стандарт ISO 1996/1,2,3. Акустика. Описание и измерение шума окружающей среды.
3. Осипов Г.Л. и др. Градостроительные меры борьбы с шумом. – М.: Стройиздат, 1975.
4. ГОСТ 20444-85. Шум. Транспортные потоки. Метод определения шумовой характеристики. – М: Изд-во стандартов, 1985.

ГЛАВА IV. МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ ОТ АКУСТИЧЕСКОГО ШУМА

4.1 Классификация методов снижения шума

Для защиты от шума существует множество способов: от изоляции источника до ограждения от него экраном. Например, чтобы повысить звукоизоляцию кирпичной стены всего на 6 дБ (что не значительно), необходимо увеличить толщину кладки примерно в 2 раза. Это утверждение справедливо не только для стен, но и для перекрытий, причем тип материала, таблица 33, из которого изготовлена конструкция (бетон, стекло, пластик, металл), большого значения не имеет.

Снижение уровня шума методом звукопоглощения. В некоторых случаях для снижения шума, а также в качестве превентивной меры по повышению звукоизоляции квартиры, наиболее целесообразным оказывается применение звукопоглощающих материалов и конструкций.

Таблица 33

Повышение звукоизоляционных характеристик ограждающих конструкций

Конструкция	Толщина, мм	Индекс изоляции воздушного шума R_w , дБ
Кирпичная кладка из полнотелого кирпича (оштукатуренная с двух сторон)	150	47
	280	54
Железобетонная панель	140	50
	160	52
Монолитный железобетон	200	53
	250	55
Гипсокартонный лист	12,5	30
Гипсобетонная панель	80	40
Газобетон, пенобетон D500	100	40
	120	41
	150	42
	200	44
	400	51

Снижение ударного шума. Проблема снижения уровня ударного шума более известна как «шум от соседей сверху». При возбуждении плит межэтажного перекрытия в результате ударного воздействия (передвижение человека или домашнего животного, упавший на пол предмет) в материале плиты возникают практически все известные типы акустических волн,

характерные для твердого тела.

Звуковые колебания распространяются по всем элементам конструкции здания (структурный шум), значительно усложняя задачу снижения шумов. Гораздо проще снижать шумы данного типа в источнике. В таблице 34 приведена эффективность снижения акустического шума в зависимости от принятых мер.

Таблица 34

Методы снижения акустического шума и их эффективность

Методы снижения акустического шума					
коллективные			индивидуальные		
кожухи	экраны	поглотители	наушники	вкладыши	шлемы
эффективность снижения, дБ					
20-35	15	5-15	5-15	1-10	10-20
продолжительность использования без негативных последствий, часы					
до физического износа конструкции			2	1	3
Частоты, Гц					
63 - 8000	63 - 2000	125 - 2000	500	500	500 - 1000

В зависимости от способа реализации шумозащиты методы (и средства) защиты подразделяются на:

1) организационные (организационно-технические) методы. Это применение малозумных технологических процессов, оснащение шумного оборудования средствами дистанционного управления; применение малозумных машин; использование рациональных режимов труда и отдыха работников и т. д.

2) архитектурно-планировочные методы. Это планировка зданий и других объектов; рациональное размещение технологического оборудования; рациональное размещение рабочих мест; рациональное размещение зон и режима движения транспортных средств и потоков; создание шумозащитных зон и т. д.

3) технические методы (акустические методы и средства). Технические методы подразделяются на: снижение шума в источниках возникновения; изменение направленности излучения; акустическая обработка помещений; уменьшение шума на пути его распространения.

Наиболее эффективным является борьба с шумом в источнике его возникновения. Шум механизмов возникает вследствие упругих колебаний как всего механизма, так и отдельных его деталей. Причины возникновения шума – механические, аэродинамические и электрические явления, определяемые конструктивными и технологическими особенностями оборудования, а также условиями эксплуатации. Электромагнитные шумы снижают конструктивными изменениями в электрических машинах.

Изменение направленности излучения шума. При проектировании и использовании установок с направленным излучением необходимо их

ориентировать соответствующим образом (часто в противоположную сторону) по отношению к рабочим местам. Например, труба для сброса сжатого воздуха, отверстие воздухозаборной шахты вентиляционной установки и т. д.

Схема распределения звуковой энергии при взаимодействии с препятствием представлено на рисунке 71.

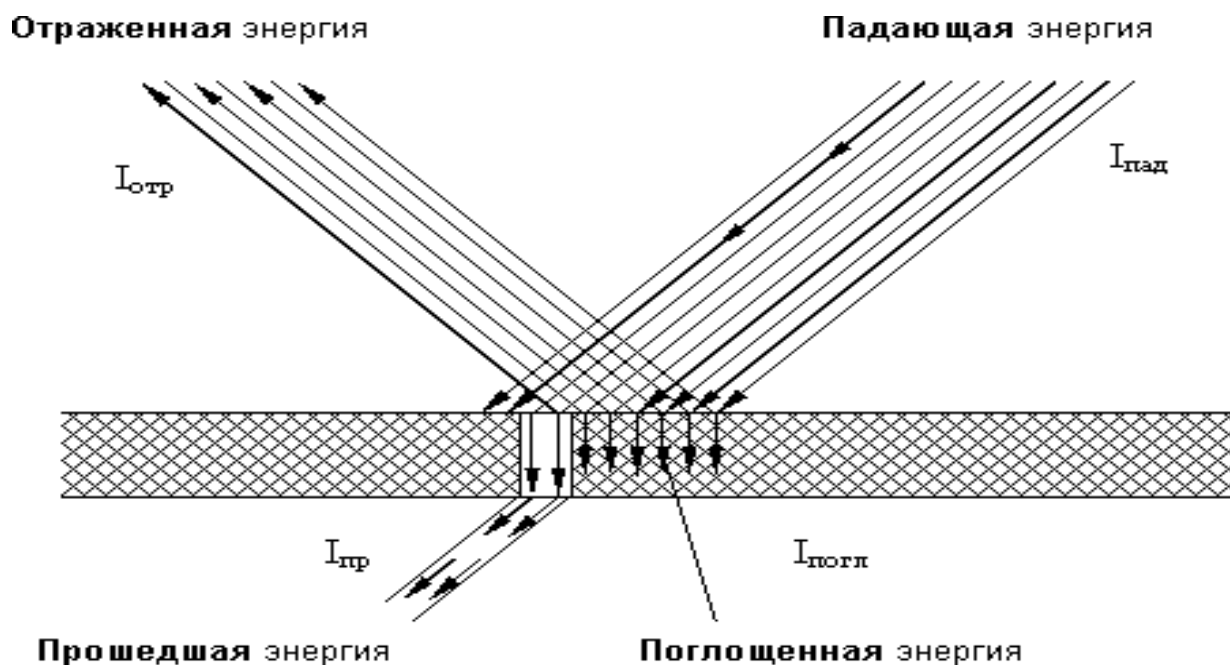


Рис. 71. Распределение звуковой энергии при встрече с препятствием

Звуковые волны падая на препятствие, отражаются от поверхности, поглощаются и могут проникать через него отдавая часть энергии импульса среде.

Запишем закон сохранения энергии:

$$I_{пад} = I_{погл} + I_{отр} + I_{пр} \quad (68)$$

Разделим на $I_{пад}$, тогда: (69)

$$1 = \left(\frac{I_{погл.}}{I_{пад.}} \right) + \left(\frac{I_{отр.}}{I_{пад.}} \right) + \left(\frac{I_{пр.}}{I_{пад.}} \right)$$

Введем обозначения: (70)

$$\alpha = \left(\frac{I_{погл.}}{I_{пад.}} \right)$$

$$\beta = \left(\frac{I_{отр.}}{I_{пад.}} \right) \quad (71)$$

$$\tau = \left(\frac{I_{пр.}}{I_{пад.}} \right) \quad (72)$$

тогда: $\alpha + \beta + \tau = 1$.

Звукопоглощающие свойства данной среды (материала или конструкции) определяются коэффициентом звукопоглощения $\alpha \leq 1$. Отношение отраженной энергии $I_{отр}$ к падающей называется коэффициентом отражения β . Коэффициентом звукопроницаемости преграды τ называется отношение энергии, прошедшей сквозь преграду $I_{пр}$, к падающей.

Вопросы для самоконтроля

1) Как подразделяют коллективные методы снижения шума? 2) Что нужно учитывать при проектировании установок с направленным излучением? 3) Как распределяется звуковая энергия при встрече с препятствием?

Источники информации

1. Резчиков Е.А., Носов В.Б., Щербак Е.Г. Безопасность жизнедеятельности: Учебное пособие. Ч. 2. – М.: МТИУ, 1997. – 255 с.
2. Долин П.А. Справочник по технике безопасности. 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоиздат, 1982. – 800 с.

4.2 Защита от шума рабочего места

Цели должны быть основаны на знании негативного воздействия шума на здоровье людей и их деятельность. Следует установить предельно допустимые уровни шума, времени реверберации и параметров распространения звука при формулировке целей в отношении акустического качества рабочего места или помещения.

Цели мероприятий по защите от шума должны базироваться на *необходимости снизить* шум до практически достижимых уровней с учетом современного состояния технического прогресса, технологии производственных процессов, производственных задач и *возможностей* средств защиты от шума. В соответствии с основными целями должны быть установлены значения уровней иммиссии и/или экспозиции шума. Обычно *устанавливаемые* уровни иммиссии и/или экспозиции звука не должны превышать следующих значений:

- а) на производственных рабочих местах – от 75 до 80 дБА;
- б) для обычной работы в офисе – от 45 до 55 дБА;
- в) в комнатах для переговоров или учебных занятий, включая напряженные работы, – от 35 до 45 дБА.⁶

6 Примечания. 1 Приведенные значения являются рекомендуемыми. При нормировании значений иммиссии и/или экспозиции шума должно быть учтено национальное законодательство.

Рекомендуемые уровни фонового шума для различных помещений приведены в таблице 35. Рекомендуемые значения времени реверберации, эквивалентной площади поглощения и пространственного спада звукового давления приведены в таблице 36.

Таблица 35

Рекомендуемые максимальные уровни фонового шума

Вид помещения	L_{pAeq} , дБ
Помещения для совещаний	30-35
Учебные помещения	30-40
Индивидуальные кабинеты руководителей	30-40
Кабинеты для нескольких служащих	35-45
Производственные лаборатории	35-50
Помещения для операторов управления производством	35-55
Производственные рабочие места	65-70
Примечание. Фонový шум - это шум, создаваемый внутренним оборудованием (например, вентиляционными системами), или шум, проникающий снаружи при выключенном технологическом оборудовании на рабочем месте.	

Принципы планирования мероприятий по защите от шума для новых и существующих рабочих мест. Акустическое проектирование новых рабочих мест и планирование и реализацию необходимых мер снижения шума на существующих рабочих местах следует объединять с общим проектированием нового или существующего производства в целом. Таким образом, проектирование и защита от шума наиболее эффективно могут быть выполнены в тесной связи с проектированием производства или модификацией производственного процесса или планировки зданий. Если снижение шума является главной целью, то на стадии начального проектирования можно специально сосредоточиться на снижении шума. Применение средств снижения шума на уже существующих рабочих местах может оказаться более трудной задачей.

В процессе разработки каждого акустического проекта и задания по снижению шума целесообразно составлять план действий для различных этапов работы. Независимо от задания в ходе работы выполняют такие основные этапы, как: предварительное планирование и проектирование; основное планирование и проектирование; реализация шумозащитных мер;

2 Импульсный или тональный шум может быть более опасным и раздражительным, чем непрерывный широкополосный шум. Поэтому ослабление шума таких типов должно быть более приоритетным.

Подходящим способом установления целей снижения шума на рабочих местах является сопоставление уровней шума с видами работ и акустическими характеристиками помещений.

Примечание - В Российской Федерации предельно допустимые уровни звука (корректированной по А иммиссии шума) устанавливаются с учетом характера шума, напряженности труда и вида помещения.

оценка эффективности мер и приемка в эксплуатацию.

Таблица 36

Рекомендуемые акустические характеристики производственных помещений

Объем помещения, m^3	Время реверберации, с	Скорость пространственного спада звукового давления при удвоении расстояния DL_2 , дБ
Менее 200	0,5-0,8	-
200-1000	0,8-1,3	
Более 1000		3-4
Примечания. 1 Эти рекомендации обычно выполнимы, если средний коэффициент звукопоглощения в помещении превышает 0,3 или эквивалентная площадь помещения составляет от 0,6 до 0,9 площади пола. 2 Когда помещение плоское несоразмерное [в помещении нет условий для диффузного звукового поля, см. 3.4.9 и ГОСТ Р 52797.3), то использование эквивалентной площади звукопоглощения или пространственного спада является предпочтительным.		

Важность этих этапов меняется в зависимости от задачи. При проектировании новых производственных площадей наиболее важную роль играют стадии предварительного и основного проектирования, поскольку в этом случае имеется возможность влиять на все факторы акустической ситуации.

При модификации существующих рабочих мест имеются ограничения по снижению шума (из-за вероятного воздействия на производство/процессы), поэтому большие усилия следует сосредоточить на выполнении стадий планирования и реализации.

Должна существовать система организации и контроля работ. Наилучшим образом этого достигают путем создания группы проекта. Эта группа должна обладать необходимыми полномочиями и влиянием на этапе планирования и реализации и в лучшем случае должна включать в себя представителей заинтересованных подразделений компании и дополнительно консультанта по акустике. Представители органов по охране труда и технике безопасности также могут быть включены в группу проекта.

Этап предварительного планирования и проектирования. На этапе предварительного планирования и проектирования следует рассмотреть все стороны акустического и шумозащитного проектирования, т.е. цели, влияние производственных решений, компоновки производственных и общих процессов, связанных с планируемыми мерами снижения шума. На этой стадии следует решить организационные вопросы (создание группы планирования и привлечение необходимых специалистов в группу).

Предельно допустимые значения иммиссии шума для различных подразделений предприятия обычно устанавливаются техническими регламентами, санитарными нормами, стандартами по безопасности труда. Следует учесть возможные максимальные значения шумовых характеристик планируемого к использованию оборудования. Однако при проектировании

нового предприятия или модификации старого требования (наименьшие уровни эмиссии и иммиссии) должны быть более жесткими, чем указанные в соответствующих нормативных документах. В качестве целей могут быть также установлены ограничения относительно акустических характеристик помещения (времени реверберации, пространственного распределения звука).

Важным фактором снижения шума является расположение рабочих мест относительно производящих шум машин и оборудования. Если производство является в основном автоматизированным, то воздействию шума высоких уровней подвергается лишь обслуживающий персонал. Несмотря на то, что в этом случае относительно легко защитить работающих от воздействия шума, вопросы защиты от шума также следует рассмотреть на данном этапе.

Измерения должны быть проведены на частотной характеристике A и временной характеристике F . В некоторых ситуациях единственным подходящим средством снижения воздействия шума может быть только автоматическое или дистанционное управление производственными процессами, машинами и оборудованием.

Размещение производственного оборудования в общем случае определяется эффективностью производства. Эффективность материальных потоков (сырья, деталей, расходных материалов, готовой продукции и т.п.) часто является ключевым моментом при выборе основного варианта расположения оборудования. К сожалению, такой подход часто противоречит принципам акустического проектирования. Эффективность материальных потоков требует больших открытых пространств с минимально возможным числом стен, экранов и арматуры. Высококачественное акустическое проектирование часто осуществимо лишь в малых пространствах, которые отделены от шумного оборудования.

На этапе предварительного планирования должен быть установлен каждый вид деятельности, и соответствующее место должно быть рассмотрено с точки зрения воздействия шума. Надлежащее планирование должно предусматривать размещение шумных машин вдали от рабочих мест или в изоляции от них.

Строительные компании или компании, участвующие в возведении больших технических сооружений, должны удовлетворять требования заказчика, проектировщика и других подрядчиков по снижению шума в реальных (полевых) условиях и учитывать возможные последствия предлагаемого решения.

Этап основного планирования и проектирования. На этапе основного планирования и проектирования эффективное снижение шума проектными методами требует рассмотрения следующих фаз: определения шумовых характеристик машин; оценки условий распространения звука в помещении и уровней иммиссии шума; выбора средств снижения шума.

Поскольку данный этап оказывает наибольшее влияние на результат, целесообразно воспользоваться помощью консультанта по акустике.

Определение шумовых характеристик. Только при известных шумовых

характеристиках машин может быть смоделирована акустическая ситуация и составлен соответствующий план по защите от шума. Определение шумовых характеристик описано в разделе 8. Если шумовые характеристики неизвестны, может быть использована их оценка.

Оценка условий распространения звука в помещении и уровней иммиссии шума Наиболее эффективным способом оценки уровней иммиссии шума и условий распространения звука в помещении является совместное применение методов компьютерного прогнозирования шума, разработанных для акустического проектирования рабочих мест, и методов, основанных на практическом опыте.

Дополнительно к прогнозированию шума в рабочих зонах должна быть исследована передача шума из одного помещения в другое.

Выбор мер защиты от шума. В момент принятия решения о выборе мер защиты от шума необходимо установить уровни излучения машин, уровни иммиссии шума и параметры распространения звука для их сравнения с требуемыми значениями. Следует рассмотреть этапы: исследования необходимых (адекватных) мер защиты от шума; оценки их воздействия на уровни шума, на процесс производства и другие факторы.

На основе этих оценок должен быть выбран ряд необходимых мер защиты от шума и составлен подробный план с чертежами и описаниями подлежащих выполнению мероприятий (см. ГОСТ Р 52797.2).

Этап реализации. При составлении плана реализации выбранных мер во времени следует принимать во внимание такие факторы, как: приоритетность поставленной задачи, взаимосвязь с другими задачами и планирование каждого шага. Применяют следующие основные принципы:

а) выполняют мероприятия, проведение которых возможно на этапе строительства новых производственных помещений, например обработку структурных стыков, виброизоляцию (плавающих полов), установку конструкций для звукоизоляции воздушного шума и нанесение звукопоглощающих покрытий на поверхности;

б) мероприятия, связанные с конструкцией машин, выполняет производитель оборудования во взаимодействии с покупателем);

с) глушители, виброизоляторы и ограждения рассматривают совместно с установкой машин и оборудования.

Шум на существующих рабочих местах. Проблемы шума на существующих рабочих местах могут быть обусловлены многими причинами: недостатком базовых знаний о механизмах генерации или методах защиты от шума; неудовлетворительным выполнением проекта или установки оборудования и недостаточным техническим обслуживанием машин и оборудования.

Планирование в отношении решения таких проблем должно включать в себя, по меньшей мере, следующие пять принципов.

Принцип 1: Избегать возникновения шума (выключать неиспользуемые машины, исключать соударяющиеся и падающие части и т.д.).

Принцип 2: «Делать все правильно» [закрывать двери в зданиях и ограждениях, фиксировать незакрепленные жалюзи (ставни, задвижки) и другие элементы].

Принцип 3: Заменять шумные процессы малошумными

Принцип 4: Планировать малошумные (защищенные) зоны.

Принцип 5: Применять меры по защите от шума. Выявление проблем шума, планирование реализации и проверки мер защиты.

Во многих случаях проблемы шума могут быть решены без специальных акустических знаний!

Источники информации

1. Цели мероприятий по защите от шума ГОСТ Р 52797.1-2007 (ИСО 11690-1:1996)

4.3 Защита от шума на селитебной территории



Звукоизоляция ограждающих конструкций зданий

1. Нормируемыми параметрами звукоизоляции внутренних ограждающих конструкций жилых и общественных зданий, а также вспомогательных зданий производственных предприятий являются индексы изоляции воздушного шума ограждающими конструкциями, R_w дБ, и индексы приведенного уровня ударного шум, L_{nw} дБ, (для перекрытий). Нормируемым параметром звукоизоляции наружных ограждающих конструкций (в том числе окон, витрин и других видов остекления) является звукоизоляция, $R_{атран.}$ дБА,

представляющая собой изоляцию внешнего шума, производимого потоком городского транспорта.

2. Нормативные значения индексов изоляции воздушного шума внутренними ограждающими конструкциями R_w и индексов приведенного уровня ударного L_{nw} шума для жилых, общественных зданий.

3. Величину звукоизоляции окна, определяют на основании частотной характеристики изоляции воздушного шума окном с помощью эталонного спектра шума потока городского транспорта. Уровни эталонного спектра, скорректированные по кривой частотной коррекции «А» для шума с уровнем 75 дБА, приведены в таблице 37, позиция 3.

Таблица 37

Нормативные требования к звукоизоляции окон

Назначение помещений	Требуемые значения дБА, при эквивалентных уровнях звука у фасада здания при наиболее интенсивном движении транспорта (в дневное время, час «пик»)				
	60	65	70	75	80
1. Палаты больниц, санаториев, кабинеты медицинских учреждений	15	20	25	30	35
2. Жилые комнаты квартир в домах:	-	15	20	25	30
3. Жилые комнаты общежитий	-	-	15	20	25
4. Номера гостиниц:					
- имеющие по международной классификации четыре и пять звезд	15	20	25	30	35
- имеющие по международной классификации три звезды	-	15	20	25	30
- имеющие по международной классификации менее трех звезд	-	-	15	20	25
5. Жилые помещения домов отдыха, домов-интернатов для инвалидов	15	20	25	30	35
6. Рабочие комнаты, кабинеты в административных зданиях и офисах:	-	-	-	15	20

Для определения величины звукоизоляции окна по известной частотной характеристике изоляции воздушного шума необходимо в каждой треть октавной полосе частот из уровня эталонного спектра L_i вычесть величину изоляции воздушного шума R_i данной конструкцией окна.

Полученные величины уровней следует сложить энергетически и результат сложения вычесть из уровня эталонного шума, равного 75 дБА.

4. Требуемую звукоизоляцию внутренних ограждающих конструкций в производственных зданиях, а также ограждающих конструкций, отделяющих защищаемые от шума помещения от помещений с источниками шума, нехарактерными для помещений, перечисленных в таблице 37, следует определять в виде изоляции воздушного шума R_{mp} , дБ, в октавных полосах частот нормируемого диапазона.

5. Элементы ограждений рекомендуется проектировать из материалов с плотной структурой, не имеющей сквозных пор. Ограждения, выполненные из материалов со сквозной пористостью, должны иметь наружные слои из плотного материала, бетона или раствора. Внутренние стены и перегородки из кирпича, керамических и шлакобетонных блоков рекомендуется проектировать с заполнением швов на всю толщину (без пустошовки) и оштукатуренными с двух сторон безусадочным раствором.

6. Ограждающие конструкции необходимо проектировать так, чтобы в процессе строительства и эксплуатации в их стыках не было и не возникло даже минимальных сквозных щелей и трещин. Возникающие в процессе строительства щели и трещины после их расчистки должны устраняться конструктивными мерами и заделкой невысыхающими герметиками и другими материалами на всю глубину. Междуэтажные перекрытия

7. Пол на звукоизоляционном слое (прокладках) не должен иметь жестких связей (звуковых мостиков) с несущей частью перекрытия, стенами и другими конструкциями здания, т.е. должен быть «плавающим». Деревянный пол или плавающее бетонное основание пола (стяжка) должны быть отделены по контуру от стен и других конструкций здания зазорами шириной 1-2 см, заполняемыми звукоизоляционным материалом или изделием, например, мягкой древесно-волокнутой плитой, погонажными изделиями из пористого полиэтилена и т.п.

Плинтусы или галтели следует крепить только к полу или только к стене. Примыкание конструкции пола на звукоизоляционном слое к стене или перегородке, рисунке 72.

При проектировании пола с основанием в виде монолитной плавающей стяжки следует располагать по звукоизоляционному слою сплошной гидроизоляционный слой (например, пергамин, гидроизол, рубероид и т.п.) с перехлестыванием в стыках не менее 20 см. В стыках звукоизоляционных плит (матов) не должно быть щелей и зазоров. В конструкциях перекрытий, не имеющих запаса звукоизоляции, не рекомендуется применять покрытия полов из линолеума на волокнутой подоснове, снижающих изоляцию воздушного шума на 1 дБ по индексу R_w .

Допускается применение линолеума со вспененными слоями, которые не влияют на изоляцию воздушного шума и могут обеспечивать необходимую изоляцию ударного шума при соответствующих параметрах вспененных слоев.

8. Междуэтажные перекрытия с повышенными требованиями к изоляции воздушного шума ($R_w = 57-62$ дБ), разделяющие жилые и встроенные шумные помещения, следует проектировать, как правило, с использованием

плит из монолитного железобетона достаточной толщины (например, каркасно-монолитная или монолитная конструкция первого этажа). Достаточность звукоизоляции такой конструкции определяют расчетом. Другим возможным конструктивным вариантом при размещении шумных помещений в первых нежилых этажах является устройство промежуточного (технического) 2-го этажа. При этом также необходимо выполнить расчеты, подтверждающие достаточную звукоизоляцию жилых помещений. Во всех случаях размещения в первых нежилых этажах помещений с источниками шума рекомендуется устройство в них подвесных потолков, значительно увеличивающих звукоизоляцию перекрытий.

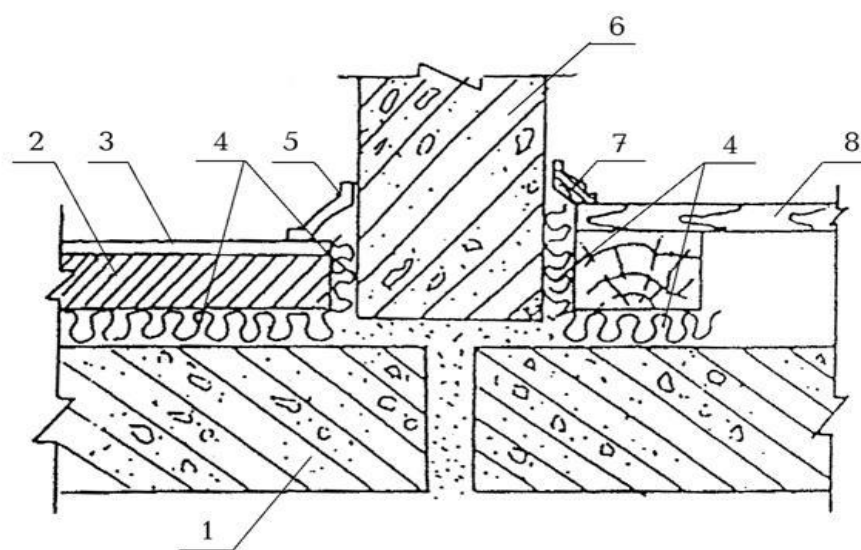


Рис. 72. Схема конструктивного решения узла примыкания пола на звукоизоляционном слое к стене (перегородке): 1 – несущая часть междуэтажного перекрытия; 2 – бетонное основание пола; 5 – гибкий пластмассовый плинтус; 6 – стена; 7 – деревянная галтель; 8 – дощатый пол на лагах.

9. Внутренние стены и перегородки. Двойные стены или перегородки обычно проектируются с жесткой связью между элементами по контуру или в отдельных точках. Величина промежутка между элементами конструкций должна быть не менее 4 см. В конструкциях каркасно-обшивных перегородок следует предусматривать точечное крепление листов к каркасу с шагом не менее 300 мм. Если применяют два слоя листов обшивки с одной стороны каркаса, то они не должны склеиваться между собой. Шаг стоек каркаса и расстояние между его горизонтальными элементами рекомендуется принимать не менее 600 мм. Рекомендованное выше заполнение промежутка мягкими звукопоглощающими материалами особенно эффективно для улучшения звукоизоляции каркасно-обшивных перегородок. Кроме того, для повышения их звукоизоляции рекомендуются самостоятельные каркасы для каждой из обшивок, а в необходимых случаях возможно применение двух- или

трехслойной обшивки с каждой стороны перегородки.

10. Для увеличения изоляции воздушного шума стеной или перегородкой, выполненной из железобетона, бетона, кирпича и т.п., в ряде случаев, целесообразно использовать дополнительную обшивку на отnose. В качестве материала обшивки могут использоваться: гипсокартонные листы, твердые древесно-волоконистые плиты и подобные листовые материалы, прикрепленные к стене по деревянным рейкам, по линейным или точечным маякам из гипсового раствора. Воздушный промежуток между стеной и обшивкой целесообразно выполнять толщиной 40-50 мм и заполнять мягким звукопоглощающим материалом (минераловатными или стекловолоконистыми плитами, матами и т.п.).

11. Входные двери квартир следует проектировать с порогом и уплотнительными прокладками в притворах. Стыки и узлы.

12. Стыки между внутренними ограждающими конструкциями, а также между ними и другими примыкающими конструкциями должны быть запроектированы таким образом, чтобы в них при строительстве отсутствовали и в процессе эксплуатации здания не возникали сквозные трещины, щели и не плотности, которые резко снижают звукоизоляцию ограждений. Стыки, в которых в процессе эксплуатации, несмотря на принятые конструктивные меры, возможно взаимное перемещение стыкуемых элементов под воздействием нагрузки, температурные и усадочные деформации, следует конструировать с применением долговечных герметизирующих упругих материалов и изделий, приклеиваемых к стыкуемым поверхностям.

13. Стыки между несущими элементами стен и опирающимися на них перекрытиями следует проектировать с заполнением раствором или бетоном. Если в результате нагрузок или других воздействий возможно раскрытие швов, при проектировании должны быть предусмотрены меры, не допускающие образования в стыках сквозных трещин. Стыки между несущими элементами внутренних стен проектируются, как правило, с заполнением раствором или бетоном. Сопрягаемые поверхности стыкуемых элементов должны образовывать полость (колодец), поперечные размеры которого обеспечивают возможность плотного заполнения ее монтажным бетоном или раствором на всю высоту элемента. Необходимо предусмотреть меры, ограничивающие взаимное перемещение стыкуемых элементов (устройство шпонок, сварка закладных деталей и т.д.). Соединительные детали, выпуски арматуры и т.п. не должны препятствовать заполнению полости стыка бетоном или раствором. Заполнение стыков рекомендуется производить безусадочным (расширяющимся) бетоном или раствором.

При проектировании сборных элементов конструкций необходимо принимать такую конфигурацию и размеры стыкуемых участков, которые обеспечивают размещение, наклейку, фиксацию и требуемое обжатие герметизирующих материалов и изделий, когда их применение предусмотрено. Элементы ограждающих конструкций, связанные с инженерным оборудованием

14. Пропуск труб водяного отопления, водоснабжения и т.п. через

межквартирные стены не допускается. Трубы водяного отопления, водоснабжения и т.п. должны пропускаться через междуэтажные перекрытия и межкомнатные стены (перегородки) в эластичных гильзах (из пористого полиэтилена и других упругих материалов), допускающих температурные перемещения и деформации труб без образования сквозных щелей, рисунок 73. Полости в панелях внутренних стен, предназначенные для соединения труб замоноличенных стояков отопления, должны быть заделаны безусадочным бетоном или раствором.

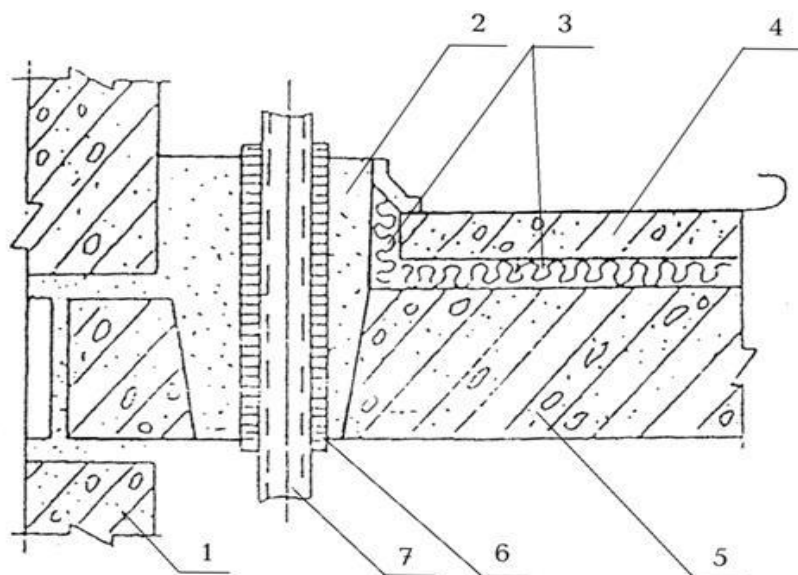


Рис. 73. Схема конструктивного решения узла пропуска стояка отопления через междуэтажное перекрытие: 1 – стена; 2 – безусадочный бетон или раствор; 3 – прокладка (слой) из звукоизоляционного материала; 4 – бетонное основание пола; 5 – несущая часть перекрытия; 6 – эластичная гильза; 7 – труба стояка отопления.

15. Скрытая электропроводка в межквартирных стенах и перегородках должна располагаться в отдельных для каждой квартиры каналах или штрабах. Полости для установки распаячных коробок и штепсельных розеток должны быть несквозными. Если образование сквозных отверстий обусловлено технологией производства элементов стены, указанные приборы должны устанавливаться в них только с одной стороны. Свободную часть полости заделывают гипсовым или другим безусадочным раствором слоем толщиной не менее 40 мм. Не рекомендуется устанавливать распаячные коробки и штепсельные розетки в между квартирных каркасно-обшивных перегородках. В случае необходимости следует использовать штепсельные розетки и выключатели, при установке которых не вырезаются отверстия в листах обшивок. Вывод провода из перекрытия к потолочному светильнику следует предусматривать в несквозной полости. Если образование сквозного отверстия обусловлено технологией изготовления плиты перекрытия, то отверстие должно состоять из двух частей. Верхняя часть большего диаметра

должна быть заделана безусадочным раствором, нижняя – заполнена звукопоглощающим материалом (например, супертонким стекловолокном) и прикрыта со стороны потолка слоем раствора или плотной декоративной крышкой, рисунок 74.

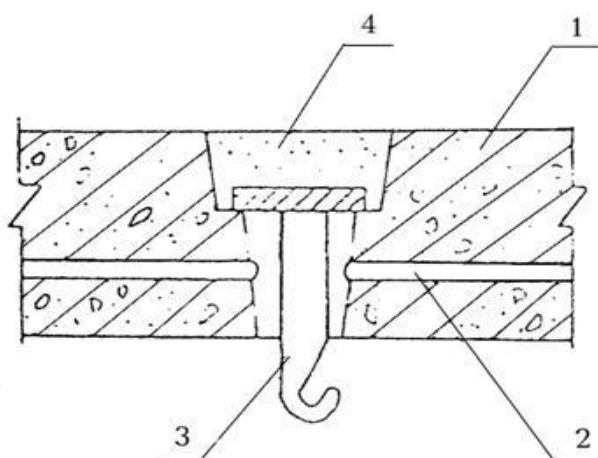


Рис. 74. Схема конструктивного решения выпуска провода из перекрытия к поточному светильнику (перекрытие со сквозным отверстием): 1 – панель перекрытия; 2 – электроканал; 3 – крюк (приварен к круглой стальной пластине); 4 – раствор (заделка нижней части отверстия условно не показана).

16. Конструкция вентиляционных блоков должна обеспечивать целостность стенок (отсутствие в них сквозных каверн, трещин), разделяющих каналы. Горизонтальный стык вентиляционных блоков должен исключать возможность проникновения шума по не плотностям из одного канала в другой. Вентиляционные отверстия смежных по вертикали квартир должны сообщаться между собой через сборный и попутный каналы не ближе, чем через этаж. Звукоизоляция ограждающих конструкций кабин наблюдения, дистанционного управления, укрытий, кожухов.

Звукоизолирующие кабины следует применять в промышленных цехах и на территориях, где допустимые уровни превышены, для защиты от шума рабочих и обслуживающего персонала. В звукоизолирующих кабинах следует располагать пульта контроля и управления технологическими процессами и оборудованием, рабочие места мастеров и начальников цехов. Звукоизолирующие кабины подразделяют по их звукоизоляции на четыре класса. Значения изоляции воздушного шума в октавных полосах частот R в зависимости от класса кабины должны быть не ниже приведенных в таблице 38.

1. В зависимости от требуемой звукоизоляции кабины могут быть запроектированы из обычных строительных материалов (кирпича, железобетона и т.п.) или иметь сборную конструкцию, собираемую из заранее изготовленных конструкций из стали, алюминия, пластика, фанеры и других листовых материалов на сборном или сварном каркасе. Звукоизолированные

кабины следует устанавливать на резиновых виброизоляторах для предотвращения передачи вибраций на ограждающие конструкции и каркас кабины.

Таблица 38

Значения изоляции воздушного шума в октавных полосах частот R

Класс кабин	Изоляция воздушного шума R , дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	25	30	35	40	45	50	50	45
2	15	20	25	30	35	40	40	35
3	5	10	15	20	25	30	30	25
4	-	-	5	10	15	20	20	15

2. Внутренний объем кабины должен составлять не менее 15 м^3 на одного человека. Высота кабины (внутри) – не менее 2,5 м. Кабина должна быть оборудована системой вентиляции или кондиционирования воздуха с необходимыми глушителями шума. Внутренние поверхности кабины должны быть на 50-70 % облицованы звукопоглощающими материалами. Двери кабины должны иметь уплотняющие прокладки в притворе и запорные устройства, обеспечивающие обжатие прокладок. В кабинах 1 и 2 классов должны быть двойные двери с тамбуром.

3. Звукоизолирующие ограждения машин и технологического оборудования, звукоизолирующие кожухи, выполненные из тонколистовых материалов (металлов, пластиков, стекла и т.п.), следует применять для снижения уровней шума на рабочих местах, расположенных непосредственно у источника шума, где применение других строительно-акустических мероприятий нецелесообразно. Акустическая эффективность конструкции кожуха оценивает его звукоизоляцией R_k , дБ.

4. Применение кожуха на агрегат (машину) целесообразно в тех случаях, когда создаваемый им шум в расчетной точке превышает допустимое значение на 5 дБ и более хотя бы в одной октавной полосе, а шум всего остального технологического оборудования в той же октавной полосе (в той же расчетной точке) на 2 дБ и более ниже допустимого.

5. Кожух из металла следует покрывать вибродемпфирующим материалом (листовым или в виде мастики), при этом толщина покрытия должна быть в 2-3 раза больше толщины стенки. С внутренней стороны на кожухе должен помещаться слой звукопоглощающего материала толщиной 40–50 мм. Для его защиты от механических воздействий, пыли и других загрязнений следует использовать металлическую сетку со стеклотканью или тонкой пленкой толщиной 20–30 мкм. Кожух не должен иметь непосредственный контакт с агрегатом, трубопроводами. Технологические и вентиляционные отверстия должны быть снабжены глушителями и уплотнителями.

Звукопоглощающие конструкции, экраны, перегородки

1. Звукопоглощающие конструкции (подвесные потолки, облицовка стен, кулисные и штучные поглотители) следует применять для снижения уровней шума на рабочих местах и в зонах постоянного пребывания людей в производственных и общественных зданиях. Площадь звукопоглощающих облицовок и количество штучных поглотителей определяют расчетом.

2. Штучные поглотители следует применять, если облицовок недостаточно для получения требуемого снижения шума, а также вместо звукопоглощающего подвесного потолка, когда его устройство невозможно или малоэффективно (большая высота производственного помещения, наличие мостовых кранов, наличие световых и аэрационных фонарей).

3. Как обязательное мероприятие по снижению шума и обеспечению оптимальных акустических параметров помещений звукопоглощающие конструкции должны применяться: в шумных цехах производственных предприятий; в машинных залах вычислительных центров и машиносчетных станций, машбюро; в коридорах и холлах школ, больниц, гостиниц, пансионатов и т.д.; в операционных залах и залах ожидания железнодорожных, аэро- и автовокзалов; в спортивных залах и плавательных бассейнах; в звукоизолирующих кабинах, боксах и укрытиях.

4 Экраны, устанавливаемые между источником шума и рабочими местами персонала (не связанного непосредственно с обслуживанием данного источника), следует применять для защиты рабочих мест от прямого звука. Применение экранов достаточно эффективно только в сочетании со звукопоглощающими конструкциями.

5. Перегородка представляет собой экран, окружающий источник шума со всех сторон. Перегородки целесообразно применять для источника (источников) шума, уровни звуковой мощности которого на 15 дБ и более выше, чем у остальных источников шума. Варианты экранов и перегородок представлены на рисунке 75.

Экраны и перегородки

1. Экраны следует применять для снижения уровней звукового давления на рабочих местах в зоне действия прямого звука и в промежуточной зоне. Устанавливать экраны следует по возможности ближе к источнику шума.

2. Экраны следует изготавливать из твердых листовых материалов или отдельных щитов с обязательной облицовкой звукопоглощающими материалами поверхности, обращенной в сторону источника шума. Дополнительное звукопоглощение, вносимое экранами, следует учитывать при определении акустической постоянной помещения, эквивалентной площади поглощения и среднего коэффициента звукопоглощения.

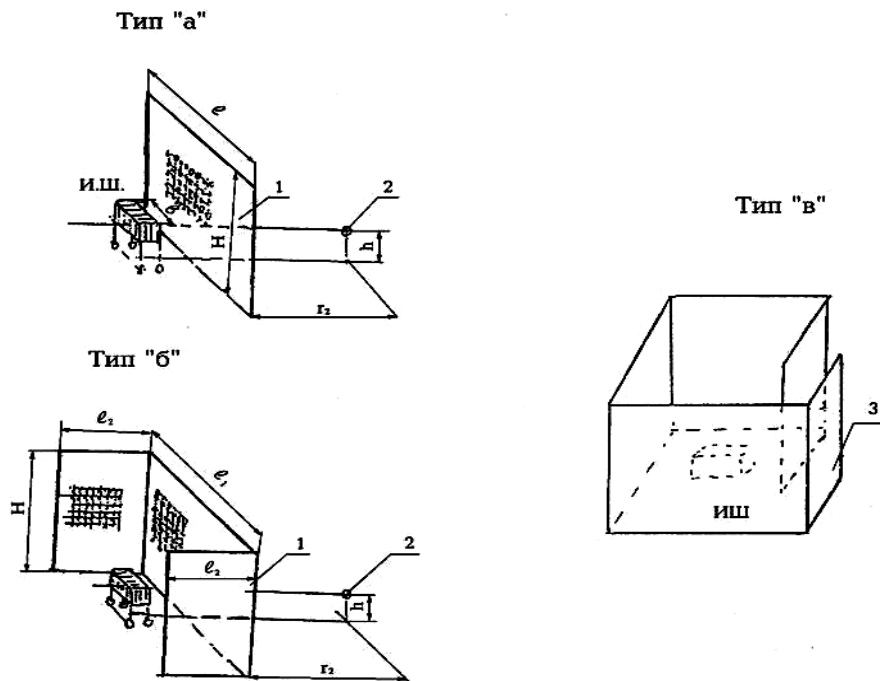


Рис. 75. Формы акустических экранов Звукопоглощающие конструкции: ИШ – источник шума; 1 – экран; 2 – расчетная точка; 3 – перегородка

3. Экраны могут быть в плане плоскими, рисунок 5.4 а и П-образной формы, рисунок 5.4 б, в этом случае их эффективность повышается. Если экран окружает источник шума, он превращается в перегородку, рисунок 5.4 в, в этом случае его эффективность приближается к эффективности бесконечного экрана с высотой H . Линейные размеры экранов должны быть по крайней мере в три раза больше линейных размеров источника шума.

Инженерное оборудование зданий

1. К инженерному оборудованию зданий, оказывающему существенное влияние на шумовой режим, относятся: системы вентиляции, кондиционирования воздуха и воздушного отопления; встроенные трансформаторные подстанции (ТП); лифты; встроенные индивидуальные тепловые пункты (ИТП); крышные котельные.

2. Источниками шума в системах вентиляции, кондиционирования воздуха и воздушного отопления являются вентиляторы, кондиционеры, фанкойлы, отопительные агрегаты (калориферы), регулирующие устройства в воздуховодах (дрессели, шиберы, клапаны, задвижки), воздухораспределительные устройства (решетки, плафоны, анемостаты), повороты и разветвления воздуховодов, насосы и компрессоры кондиционеров.

Шумовые характеристики источников шума должны содержаться в паспортах и каталогах вентиляционного оборудования.

3. Для снижения шума вентилятора следует: выбирать агрегат с наименьшими удельными уровнями звуковой мощности; обеспечивать работу вентилятора в режиме максимального КПД; снижать сопротивление сети и не применять вентилятор, создающий избыточное давление; обеспечивать плавный подвод воздуха к входному патрубку вентилятора.

4. Для снижения шума от вентилятора по пути его распространения по воздуховодам следует: предусматривать центральные (непосредственно у вентилятора) и концевые (в воздуховоде перед воздухораспределительными устройствами) глушители шума; ограничивать скорость движения воздуха в сетях величиной, обеспечивающей уровни шума, генерируемого регулирующими и воздухораспределительными устройствами, в пределах допустимых значений в обслуживаемых помещениях.

5. В качестве глушителей шума систем вентиляции могут применяться трубчатые, пластинчатые, цилиндрические и камерные, а также облицованные изнутри звукопоглощающими материалами воздуховоды и их повороты. Конструкцию глушителя следует подбирать в зависимости от размера воздуховода, требуемого снижения уровней шума, допустимой скорости воздуха на основании расчета по соответствующему своду правил.

6. Для предотвращения проникновения повышенного шума от инженерного оборудования в другие помещения здания следует: не располагать рядом с вентиляционными камерами, ТП, ИТП, лифтовыми шахтами и пр. помещения, требующие повышенной защиты от шума; виброизолировать агрегаты с помощью пружинных или резиновых виброизоляторов; применять звукопоглощающие облицовки в вентиляционных камерах и других помещениях с шумным оборудованием; применять в этих помещениях полы на упругом основании (плавающие полы); применять ограждающие конструкции помещений с шумным оборудованием с требуемой звукоизоляцией.

7. Полы на упругом основании (плавающие полы) следует выполнять по всей площади помещения в виде железобетонной плиты толщиной не менее 60–80 мм. В качестве упругого слоя рекомендуется применять стекловолоконные или минераловатные плиты или маты плотностью 50–100 кг/м³. При плотности материала 50 кг/м³ суммарная нагрузка (вес плиты и агрегата) не должны превышать 10 кПа, при плотности 100 кг/м³ – 20 кПа.

8. Лифтовые шахты целесообразно располагать в лестничной клетке между лестничными маршами. При архитектурно-планировочном решении жилого здания следует предусматривать, чтобы к встроенной лифтовой шахте примыкали помещения, не требующие повышенной защиты от шума (холлы, коридоры, кухни, санитарные узлы). Все лифтовые шахты должны иметь самостоятельный фундамент и быть отделены от других конструкций здания акустическим швом 40–50 мм.

9. В системах трубопроводов встроенных насосных, ИТП, котельных следует предусматривать гибкие вставки в виде резинотканевых рукавов (в необходимых случаях армированных металлическими спиралями). Гибкие вставки следует располагать по возможности ближе к насосам.

Селитебные территории городов и населенных пунктов

1. Планировку и застройку селитебных территорий городов, поселков и сельских населенных пунктов следует осуществлять с учетом обеспечения допустимых уровней шума по разделу 6 настоящих норм.

2. Расчетные точки на площадках отдыха микрорайонов и групп жилых домов, на площадках детских дошкольных учреждений, на участках школ и больниц следует выбирать на ближайшей к источнику шума границе площадок на высоте 1,5 м от поверхности земли. Если площадка частично находится в зоне звуковой тени от здания, сооружения или какого-либо другого экранирующего объекта, а частично в зоне действия прямого звука, то расчетная точка должна находиться вне зоны звуковой тени.

3. Расчетные точки на территории, непосредственно прилегающей к жилым домам и другим зданиям, в которых уровни проникающего шума нормируются разделом 6 настоящих норм и правил, следует выбирать на расстоянии 2 м от фасада здания, обращенного в сторону источника шума, на уровне 12 м от поверхности земли; для малоэтажных зданий – на уровне окон последнего этажа.

4. На стадии разработки технико-экономического обоснования и генерального плана населенного пункта с целью снижения воздействия шума на селитебную территорию следует применять следующие меры: функциональное зонирование территории с отделением селитебных и рекреационных зон от промышленных, коммунально-складских зон и основных транспортных коммуникаций; трассировка магистральных дорог скоростного и грузового движения в обход жилых районов и зон отдыха; дифференциация улично-дорожной сети по составу транспортных потоков с выделением основного объема грузового движения на специализированных магистралях; концентрация транспортных потоков на небольшом числе магистральных улиц с высокой пропускной способностью, проходящих по возможности вне жилой застройки (по границам промышленных и коммунально-складских зон, в полосах отвода железных дорог); укрупнение меж магистральных территорий для отдаления основных массивов застройки от транспортных магистралей; создание системы парковки автомобилей на границе жилых районов и групп жилых домов; формирование общегородской системы зеленых насаждений.

5. На стадии разработки проекта детальной планировки небольшого населенного пункта, жилого района, микрорайона для защиты от шума следует принимать следующие меры:

– при расположении небольшого населенного пункта вблизи магистральной дороги или железной дороги на расстоянии, не обеспечивающем необходимое снижение шума, использование шумозащитных экранов в виде естественных или искусственных элементов рельефа местности: откосов выемок, насыпей, стенок, галерей, а также их сочетание (например, насыпь-стенка). Следует учитывать, что подобные экраны дают достаточный эффект только при малоэтажной застройке;

– для жилых районов, микрорайонов в городской застройке наиболее эффективным является расположение в первом эшелоне застройки магистральных улиц шумозащитных зданий в качестве экранов, защищающих от транспортного шума внутриквартальное пространство.

6. В качестве зданий–экранов могут использоваться здания нежилого назначения: магазины, гаражи, предприятия коммунально-бытового обслуживания; однако эти здания, как правило, имеют не более двух этажей, в силу чего их экранирующий эффект невелик. Наиболее эффективны многоэтажные шумозащитные жилые и административные здания.

7. В качестве шумозащитных жилых зданий могут быть:

– здания со специальным архитектурно-планировочным решением, предусматривающим ориентацию в сторону источника шума (магистрالی) подсобных помещений квартир (кухни, ванные комнаты, санузлы), вне квартирных коммуникаций (лестнично-лифтовые узлы, коридоры), а также не более одной комнаты в квартирах с тремя и более жилыми комнатами,

– здания с шумозащитными окнами на фасаде, обращенном в сторону магистрالی, обеспечивающими требуемую защиту от шума, здания комбинированного типа

– со специальным архитектурно-планировочным решением и шумозащитными окнами в комнатах, ориентированных на магистраль.

8. Шумозащитные здания должны проектироваться и привязываться с обязательным учетом требований инсоляции и нормативного воздухообмена, т.е. здания со специальным планировочным решением непригодны для застройки северной стороны улиц с широтной ориентацией. Шумозащитные окна должны иметь вентиляционные устройства, совмещенные с глушителями шума. Последнее требование не относится к зданиям с принудительными системами вентиляции или кондиционирования воздуха.

9. Для обеспечения максимального эффекта экранирования шумозащитные здания должны быть достаточно высокими и протяженными и располагаться возможно ближе к источнику шума. Они должны располагаться на минимальном расстоянии от магистральных улиц и железных дорог с учетом градостроительных норм и звукоизоляционных характеристик наружных ограждающих конструкций.

10. Во внутриквартальном пространстве в зонах, близких к поперечным осям зданий первого эшелона застройки, следует располагать здания детских дошкольных учреждений, школ, поликлиник, площадки отдыха. В зонах, расположенных напротив разрывов в зданиях первого эшелона застройки, следует располагать предприятия торговли, общественного питания, учреждения коммунально-бытового обслуживания, связи и т. п.

11. Шумозащитные экраны для повышения их эффективности должны устанавливаться на минимально допустимом расстоянии от автомагистрали или железной дороги с учетом требований по безопасности движения, эксплуатации дороги и транспортных средств.

12. Материалы для строительства экранов-стенок должны быть

долговечными, устойчивыми к воздействию атмосферных факторов и выхлопных газов.

Звукопоглощающие материалы, используемые для облицовки экранов, должны обладать стабильными физико-механическими и акустическими характеристиками, быть био и влагостойкими, не выделять вредные вещества.

Источники информации

1. СП 51.13330.2011. Свод правил. Защита от шума. Актуализированная редакция взамен СНиП 23-03-2003.

4.4 Защита от шума транспортных потоков



1. Определение требуемой акустической эффективности экранов с учетом звукопоглощения. Одним из наиболее эффективных строительно-акустических средств защиты от транспортного шума селитебной территории и застройки является сооружение придорожных шумозащитных экранов.

Основным оценочным параметром экрана является его акустическая эффективность, на которую оказывают влияние многие факторы, характеризующие как сам экран, так и источник шума, и параметры окружающей среды. Особую роль при этом играют факторы, связанные со звукопоглощением в среде. Механизмы этого поглощения могут быть различными, связанными с поглощением звука атмосферой, влиянием ветра, влажности воздуха, температурных градиентов, турбулентностей, зеленых насаждений и т.п.

2. Факторный анализ условий распространения шума автотранспортных потоков в окружающей среде при наличии экранов и с учетом звукопоглощения характеризует рассматриваемый сложный процесс во

взаимосвязи с физическими явлениями, к числу которых в первую очередь следует отнести: расхождение звуковой энергии или дивергенцию, интерференцию, дифракцию, поглощение звука элементами внешней среды и др. Все эти явления оказывают существенное влияние на звуковое поле на селитебной территории и в застройке и должны учитываться при его расчете.

Картина значительно усложняется, когда на пути звуковых лучей от транспортной магистрали до расчетной точки имеются экранирующие сооружения. В качестве таких сооружений могут выступать холмы, насыпи, овраги, выемки, здания, искусственные стенки и т.п., за которыми образуется акустическая тень. Теоретически уровень звука в акустической тени должен быть значительно ниже уровня шума источника (на величину звукоизоляции экранирующей конструкции). Однако в зоне звуковой тени шум от магистрали, экранируемой экраном, исключается не полностью.

Проникание звуковой энергии за экран зависит от соотношения между размером препятствия и длиной волны. Чем больше длина звуковой волны (λ), тем меньше при данном размере препятствия область тени.

3. Проникание звука за экран обусловлено дифракцией звука на верхней и боковых (при не очень длинных экранах) краях экрана. Строгий расчет дифракции звука на экране в общем виде представляет очень сложную задачу, разрешимую лишь для отдельных частных случаев.

4. Автотранспортные магистрали можно рассматривать как линейный источник шума, т.е. в виде равномерно излучающей прямой линии большой длины. Такой источник излучает цилиндрические волны, в которых уменьшение уровня звука при удвоении расстояния составляет всего лишь 3 дБА.

В дальнем свободном звуковом поле, создаваемом транспортным потоком в безграничной однородной атмосфере без поглощения, звук распространяется по прямым линиям-лучам, перпендикулярным фронту волны. С увеличением расстояния от источника поверхность фронта также увеличивается, вследствие чего интенсивность звука падает.

Однако в реальной атмосфере интенсивность звука снижается в большей степени, чем величина, зависящая только от расстояния до транспортной магистрали. Дополнительное снижение интенсивности вызвано поглощением звука, обусловленным различными причинами.

Одна из них связана с поглощением звука в спокойной атмосфере за счет обмена импульсами между молекулами воздуха в результате их теплового движения (классическое поглощение, происходящее вследствие вязкости и теплопроводности воздуха), а также за счет перераспределения энергии между молекулами с различными степенями свободы (молекулярное поглощение).

Последний фактор играет основную роль в снижении интенсивности звука. Классическим поглощением в большинстве случаев можно пренебречь. Величина молекулярного поглощения звука зависит от частоты звука, а также от температуры и влажности воздуха.

5. Реальная атмосфера находится в непрерывном движении.

Плотность, температура, давление и влажность атмосферы непрерывно изменяются как во времени, так и в пространстве. Поэтому звуковые волны, распространяясь вдоль земной поверхности и преодолевая преграду - экран, претерпевают воздействия этих изменений на пути распространения, а также частично поглощаются и отражаются земной поверхностью. Это приводит к появлению существенной зависимости уровня звука за экраном от перечисленных факторов, т.е. к зависимости акустической эффективности экрана от звукопоглощения и других факторов.

Измерения плотности и температуры приводят к изменению волнового сопротивления атмосферы и скорости звука в ней. Существенную роль играет то обстоятельство, что в определенный момент времени температура в разных точках атмосферы непостоянна и возникает температурный градиент, который в общем случае является функцией координат. Появление градиента температуры обусловлено теплообменом между поверхностью земли и атмосферой.

Существо происходящих явлений проще всего понять в случае слоистой атмосферы, в которой установился постоянный (положительный или отрицательный) температурный градиент, и, следовательно, при возрастании высоты температура уменьшается или увеличивается на постоянную величину.

6. Любой звуковой луч, который исходит из источника шума (транспортного потока), испытывает преломление - рефракцию (точно так же, как световой луч в оптически неоднородных средах), распространяется криволинейно и в отличие от случая однородной атмосферы уже не представляет собой прямую линию.

В силу этого могут создаваться условия, приводящие к образованию «зоны молчания» - зоны звуковой тени. В такую теневую зону не попадает ни один из прямых звуковых лучей, исходящих от источника звука.

В дневное время температура обычно уменьшается с высотой, и происходит рефракция звука вверх; в тихую ночную погоду в приземном слое атмосферы нередко наблюдается инверсия температуры, и звуковые лучи прижимаются к земле.

7. Градиент звука подвержен также влиянию ветра. Появление градиента ветра чаще всего обуславливается трением между поверхностью земли и движущимся потоком воздуха. При распространении звука скорость ветра добавляется к скорости звуковых волн в неподвижной среде, и всякое изменение скорости ветра вызывает изменение скорости звука.

Следовательно, скорость распространения звука в атмосфере равна векторной сумме скорости звука в неподвижной атмосфере и скорости ветра. Звуковые лучи, распространяющиеся против ветра, загигаются кверху, что служит причиной появления зоны молчания, в которую не может проникнуть прямой звук. При распространении звука в направлении ветра зона молчания отсутствует, поскольку звуковые лучи прижимаются к земле.

Днем с наветренной стороны от источника звука влияние ветра и температуры складываются и вызывают искривление лучей кверху. С

подветренной стороны эти влияния вычитаются, так что искривление лучей происходит либо книзу, либо кверху, в зависимости от того, какая из величин преобладает. Ночью с подветренной стороны оба градиента складываются и вызывают искривление книзу, в то время как с наветренной стороны оба эффекта вычитаются.

Отсюда следует, что образование зоны звуковой тени, которое сопровождается наиболее сильным отклонением от обычного распространения звука, можно наблюдать преимущественно днем с наветренной стороны от источника звука. Ночью же теневая зона образуется лишь в очень редких случаях (главным образом с подветренной стороны). Последнее обстоятельство является одной из причин хорошей слышимости ночью.

8. Большое влияние на распространение звука оказывает турбулентность атмосферы (порывы ветра и т.п.). Вызываемые ею изменения скорости распространения звука приводят к кратковременным флуктуациям уровня звукового давления, которые могут составлять до 20 дБА при сильном порывистом ветре.

9. Во многих случаях при распространении автотранспортного шума источник звука и точка наблюдения находятся на высоте всего лишь нескольких метров или даже дециметров над поверхностью земли. Следовательно, звук распространяется параллельно земле или отражается от нее под небольшим углом. Поэтому можно предположить, что акустические свойства земной поверхности оказывают влияние на уровень звука в месте приема и что, в частности, грунт, сильно поглощающий звук, вызывает большее падение уровня звука, чем это имело бы место только из-за геометрического расхождения звуковых волн.

10. В некоторых случаях затухание, обусловленное поглощающим действием поверхности земли, играет заметную роль наряду с другими факторами. При этом влиянием низкого растительного покрова земли (травы, кустарника) практически можно пренебречь. Однако при наличии более высокого растительного покрова, например, в случае зеленых насаждений, наблюдается значительное затухание.

11. Эффект снижения шума в зеленых насаждениях зависит от характера посадок, пород деревьев и кустарников, времени года, а также от спектрального состава шума. Рядовые посадки деревьев на улицах и бульварах городов с открытым подкронным пространством оказывают незначительное влияние на улучшение шумового режима. Звук, особенно низкочастотный, беспрепятственно проходит сквозь такие посадки, и лишь высокочастотные составляющие шума частично рассеиваются и поглощаются. Для обеспечения существенного снижения шума посадки зеленых насаждений должны состоять из деревьев с густыми кронами, смыкающимися между собой, а пространство под кронами должно быть заполнено кустарником так, чтобы не было просветов.

12. Учет поглощения звука в атмосфере и его рассеивания на атмосферных неоднородностях

Как было отмечено выше, при распространении шума за экранами происходит дополнительное снижение его уровней за счет вязкости и теплопроводности воздуха (классическое поглощение, обусловленное обменом импульсами между движущимися молекулами) и за счет перераспределения энергии между различными степенями свободы молекул (молекулярное поглощение). Эти виды поглощения звука зависят от частоты, температуры и влажности воздуха. В общем случае эта зависимость носит сложный характер, который не поддается описанию аналитической формулой.

При распространении звука на большие расстояния существенную роль играет затухание, связанное с турбулентностью воздуха. Оно определяется рассеянием звука на неоднородностях атмосферы, обусловленных порывами ветра, потоками воздуха в вертикальном направлении из-за разности температур земли и воздуха, а также разности давлений по высоте. Ввиду случайного характера этих флуктуации нельзя установить единую аналитическую формулу, охватывающую все случаи.

На средних и высоких частотах оно наиболее сильно меняется для расстояний до 2 км, после чего дальнейший его прирост сильно замедляется. Для расстояний менее 500 м турбулентное затухание может играть существенную роль, а при расстояниях свыше 4 км его можно уже не учитывать, так как при таких расстояниях шум практически спадает до фоновых уровней.

13. Учет влияния градиентов температуры и скорости ветра. На распространение шума транспортных потоков при наличии придорожных экранов существенное влияние может оказывать ветер, так как при достаточно большой скорости ветра и на достаточно больших расстояниях проявляются особые эффекты, связанные с искривлением хода звуковых лучей.

В однородной атмосфере без ветра звуковые лучи представляют собой прямые линии, проведенные из центра источника шума, скорость звука во всех направлениях одинакова. При наличии ветра его скорость геометрически складывается со скоростью звука в направлении каждого луча. Поэтому при распространении звука в направлении ветра суммарная скорость увеличивается, а против направления ветра уменьшается. Скорость ветра в нижних слоях атмосферы уменьшается за счет трения воздушного потока о поверхность земли, влияния растительности и застройки. С увеличением высоты движение воздуха становится беспрепятственным, и скорость ветра увеличивается. В силу этого, с увеличением высоты скорость звука увеличивается по направлению ветра, и звуковые лучи искривляются по направлению к земле. Это приводит к тому, что на больших расстояниях от источника шума наблюдаются повышенные уровни шума, а акустическая эффективность экрана уменьшается по сравнению со случаем спокойной атмосферы.

При распространении звука навстречу ветру (против ветра) скорость звука с высотой уменьшается, и звуковые лучи искривляются кверху. В силу этого, начиная с некоторого расстояния, звуковые лучи не достигают поверхности земли и образуется зона звуковой тени, или зона молчания,

которая отсутствовала бы при спокойной атмосфере.

Учет влияния градиента ветра на распространение звуковых волн целесообразно проводить вместе с учетом влияния градиента температуры атмосферы.

В каждый конкретный момент времени температура воздуха в различных точках даже одной и той же местности неодинакова. Это связано в первую очередь с неравномерным теплообменом поверхности земли и атмосферы, зависящим от характеристик поверхностного слоя земли и неравномерности прогрева атмосферы по высоте. Разница в температурах различных участков атмосферы приводит к появлению градиента температуры, а следовательно, к изменению скорости звука и к искривлению звуковых лучей. Так как температура является скалярной величиной, то она воздействует на распространение звука равномерно во все стороны.

При неустойчивых состояниях погоды земная поверхность обычно имеет большую температуру, и вследствие этого температура воздуха и скорость звука в нем с высотой уменьшаются. При этом звуковые лучи отклоняются по направлению от земли и на некотором расстоянии от источника возникает зона молчания.

При устойчивых состояниях погоды часто наблюдается инверсия температуры (положительный градиент температуры), т.е. возрастание температуры воздуха с высотой. Это вызывает искривление звуковых лучей по направлению к земле, что создает благоприятные условия для распространения звука на большие расстояния. Инверсия температуры воздуха обычно наблюдается в ночное время.

В отдельных случаях возможно такое сочетание погодных условий, что на некоторой высоте (обычно вблизи поверхности земли) образуется так называемый воздушный волновой канал - слой воздуха с пониженной скоростью звука, окруженный со всех сторон слоями воздуха с повышенной скоростью звука. Звуковые лучи от транспортных источников шума, попадающие в волновой канал, испытывают достаточно сильное отражение от граничных слоев канала, в результате чего звук слабо затухает и способен распространяться на сверхдальние расстояния.

Неустойчивые состояния погоды, приводящие к неустойчивой слоистости воздуха, обычно наблюдаются при солнечной погоде днем и в летний период года.

Устойчивые состояния погоды (устойчивая слоистость воздуха) наблюдаются чаще зимой вечером и ночью при ясной безветренной погоде.

14. Учет влияния поглощения и отражения звука покрытием территории. Так как автотранспортный поток и точка наблюдения находятся обычно на небольшой высоте над поверхностью территории, то звук распространяется, в основном, в приземном слое. При этом в точку наблюдения приходят три составляющие: прямой звук; звук отраженный от поверхности земли и так называемая «земная» волна. Математическая модель этого процесса описывается уравнением:

$$P = P_0 \left(1 + \frac{R_p}{k^2 r_{пр}^2} + \frac{R_p}{k^2 r_{отр}^2} \right) F$$

(73)

где: P – звуковое давление в точке наблюдения; $P_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Па}$ – опорное звуковое давление; k – волновое число для воздуха; $r_{пр.}$, $r_{отр.}$ – длины путей прямого и отраженного звука; R_p – коэффициент отражения волны от поверхности земли; F – комплексная функция, учитывающая взаимодействие фронта волны с поверхностью, обладающей конечным импедансом.

В физическом смысле «земная» волна представляет собой поток звуковой энергии, распространяющейся в воздухе вблизи поверхности земли со скоростью, меньшей скорости звука в свободном пространстве на величину, зависящую от импеданса поверхности земли и спадающую по экспоненте с высотой. На расстояниях свыше 500 м «земную» волну можно уже не учитывать в силу ее малости.

На небольших расстояниях (до 100 м) звуковое поле источника формируют все три волны, на расстояниях от 100 до 500 м и небольших высотах – в основном прямой и отраженный звук. На достаточно больших высотах ($h \gg H_{и.ш.}$; $h \gg H_{р.т.}$) влияние отраженной волны значительно уменьшается и определяющим является лишь прямой звук.

В случае покрытия поверхности территории травой (газоны) или снегом или наличия рыхлого грунта следует дополнительно учитывать поглощение звука.

Источники информации

1. Методические рекомендации по оценке необходимого снижения звука у населенных пунктов и определению требуемой акустической эффективности экранов с учетом звукопоглощения. Утв. расп. Минтранса России № ОС-362-р от 21.04.2003 г.

4.5 Защита от шума в кабинах и салоне автотранспорта

Перед тем, как правильно сделать шумоизоляцию в современном авто, следует знать, в каких местах имеет смысл размещать материалы для шумоизоляции. В соответствии с местом размещения, различают следующие виды шумоизоляции: дверей; арок; пола в салоне; потолка; багажника; устранение скрипов внутри салона. В зависимости от основной проблемы, сделать шумоизоляцию в автомобиле можно как полной, так и частичной, рисунок 76.

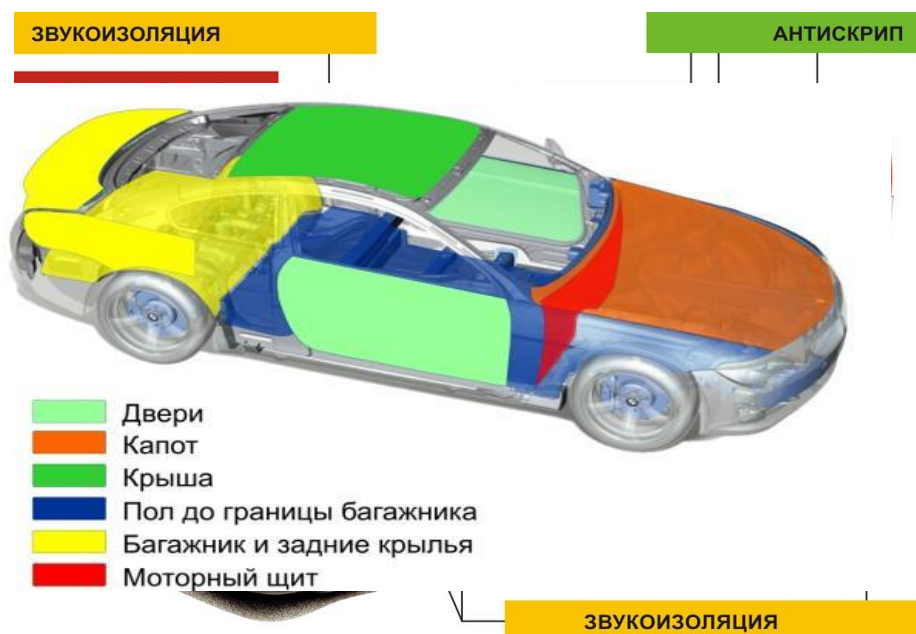


Рис. 76. Элементы кузова подлежащие шумозащитной обработке

Кроме того, в зависимости от используемых для работы материалов, дополнительно может быть достигнут эффект термо- и виброизоляции, что еще больше повышает комфорт во время длительных автомобильных поездок.

Для того определить, какой материал выбрать для шумоизоляции автомобиля, следует знать основные виды материалов, которые уже доказали свою достаточную эффективность, поскольку были разработаны специально для автомобилей.

Визомат, рисунок 77, материал на основе смолы, поверх которой расположен слой фольги. Его удобно использовать на больших поверхностях – пол, арки, крышу или багажник. Материал достаточно эффективно гасит звуковые колебания и снижает степень вибрации.

Приклеивается на предварительно очищенную и обезжиренную поверхность путем разогрева смолы строительным феном. Вибропласт. Достаточно универсальный фольгированный материал, для приклеивания которого фен не нужно (хотя не помешает). Наиболее часто используется на крыше, в дверях и для багажника. Выпускается в двух вариантах толщины. Сплэн. Пористая изоляция с отличными звукопоглощающими характеристиками, но имеющимся недостатком, который проявляется в виде скрипа при взаимодействии с пластиковыми деталями. Битопласт. Предназначен для ликвидации скрипов и заполнения щелей между разными деталями в салоне. Представляет собой схожий с поролоном материал, мгновенно принимает форму щели/щели, обеспечивая надежную изоляцию

между связанными деталями. С успехом применяется на пластмассовых деталях, на стойках лобового стекла и в всех местах скрипа. Маделин. Особая ткань, снабженная клеевым слоем, который используется для устранения зазоров между различными конструктивными элементами, а также для обмотки жгутов с электропроводами.



Рис. 77. Схема монтажа шумозащитных материалов

Какую шумоизоляцию выбрать для автомобиля решает сам автолюбитель исходя как из приоритетных задач, которые нужно решить, но и материальных возможностей. Наиболее качественно решает проблему изоляции салона профессиональная шумоизоляция авто, но при наличии желания и некоторого количества свободного времени, ее вполне можно провести своими руками, точно соблюдая технологию наклеивания применяемых материалов. Имеет смысл заранее изучить инструкцию к транспортному средству, чтобы при разборке не возникло никаких трудностей.

Однозначно ответить на вопрос, какая шумоизоляция для авто лучше практически невозможно. Можно сказать, что лучше использовать специальные материалы, предназначенные именно для автомобиля – они учитывают все особенности и сложности при эксплуатации, например, постоянная вибрация, перепады температур, высокая влажность. Не стоит фанатично искать отдельно теплоизоляцию, отдельно вибро — и звукоизоляцию, поскольку все эти свойства, как правило, объединяются в одном материале. Единственное, на что стоит обратить внимание, это на термостойкость материала, используемого для изоляции моторного отсека.

К этим средствам, также относят звукоизолирующие ограждения (стены, перегородки и т. п.), звукоизолирующие кожухи и акустические экраны. Есть определенное различие в подходе к устройству шумопоглощающих конструкций, рисунок 78, для проектируемых объектов и уже эксплуатируемых.

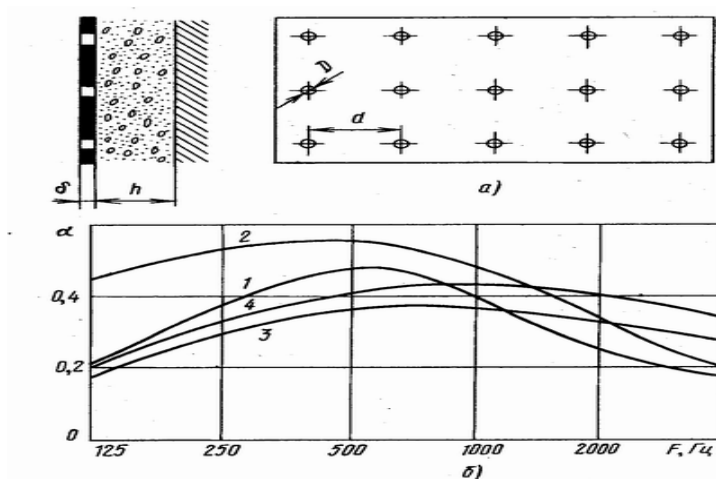


Рис. 78. Эскиз конструкции (а) и зависимость коэффициента звукопоглощения перфорированных резонаторных панелей от частоты при различной их толщине δ , диаметре отверстий D , расстоянии между отверстиями d и расстоянии от стены h (б): 1) $d=30$ мм, $D=7$ мм, $h=50$ мм, $\delta=30$ мм; 2) $d=30$ мм, $D=7$ мм, $h=100$ мм, $\delta=30$ мм; 3) $d=65$ мм, $D=3$ мм, $h=450$ мм, $\delta=30$ мм, фанера подклеена тканью; 4) $d=65$ мм, $D=3$ мм, $h=450$ мм, $\delta=30$ мм, без подклейки тканью с заполнением воздушного промежутка матами из минеральной ваты.

Перфорированные резонаторные поглотители представляют собой пористый материал, примыкающий к стене, закрытый жесткой перфорированной решеткой. Звукопоглощение достаточно равномерное в широком диапазоне частот с тупым максимумом на средних частотах. Диаметр и шаг отверстий позволяют регулировать положение максимума.

Так, если в стадии проектирования речь идет только о выборе соответствующей конструкции, обеспечивающей требуемую звукоизоляцию, то для условий эксплуатации возникает, кроме того, необходимость улучшения звукоизолирующих качеств различных ограждений. Наиболее эффективного снижения шума можно достичь путем установки звукоизолирующих преград (ограждений).

Сущность звукоизоляции ограждения состоит в том, что падающая на него звуковая энергия отражается в гораздо большей мере, чем проникает за ограждение. Звукоизолирующие свойства ограждения, установленного на пути распространения звука, характеризуются коэффициентом звукопроницаемости (τ). Данный коэффициент определяется:

$$\tau = I_{np} / I_{отр}, \quad (74)$$

где: I_{np} — интенсивность прошедшей звуковой волны, Вт/м². Звукоизоляция ограждения выражается следующим образом:

$$R = 10 \lg (1/\tau) = 10 \lg I_{отр} / I_{np} \quad (75)$$

Ограждения бывают однослойные и многослойные. Звукоизоляцию однослойного ограждения можно рассчитать по формуле:

$$R = 20 \lg f + 20 \lg q - 54 \quad (76)$$

где: f – частота (расчетная), Гц; q – поверхностная плотность ограждения (вес одного м² ограждения), кг/м². Формула (76) справедлива в том случае, когда звуковые волны за перегородкой распространяются прямолинейно без отражения от внутренних поверхностей. Из формулы (76) следует:

1) Звукоизоляция зависит от частоты. На высоких частотах эффект от установки ограждения будет значительно выше, чем на низких частотах.

2) Звукоизоляция ограждений тем выше, чем она тяжелее, она меняется по так называемому закону массы.

Отметим, что указанная формула (76) применима не во всем диапазоне частот, поскольку в ней не учитывается влияние жесткости и размеров ограждения.

В действительности же в частной характеристике однослойного ограждения можно выделить три диапазона, рисунок 79:

I. Звукоизоляция определяется жесткостью ограждения и резонансными явлениями.

II. Звукоизоляция подчиняется закону массы, формула (76).

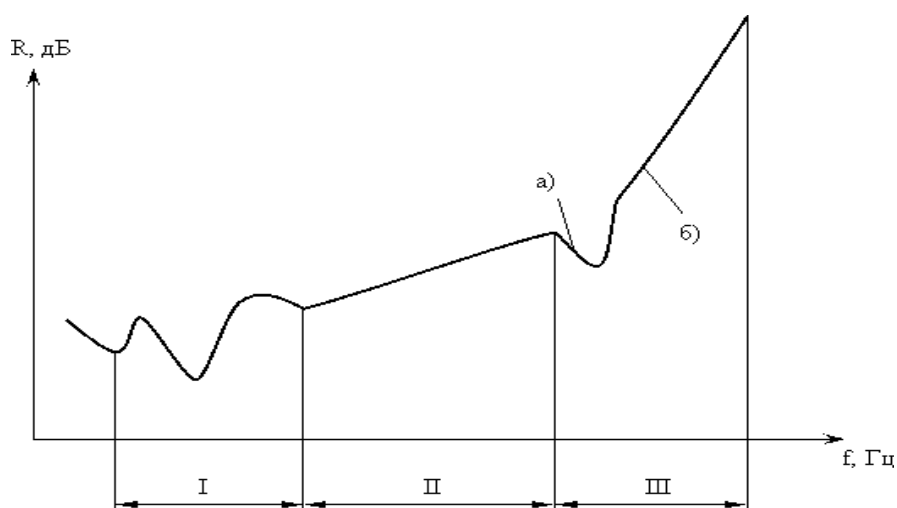


Рис. 79. Частотные диапазоны звукоизоляции однослойного ограждения

III. Наблюдается ухудшение звукоизоляции (участок *а*) из-за явления волнового совпадения (падающей звуковой волны и колебаний ограждений), затем звукоизоляция зависит не только от массы, но и жесткости ограждения (участок *б* – больше зависит от частоты).

Величина звукоизолирующей способности ограждения (R , дБ) показывает, насколько понижается уровень шума за ограждением, предполагая, что далее шум распространяется беспрепятственно (например, шум через ограждение выходит на улицу).

В случае передачи шума из одного помещения в другое уровень шума, проникшего в помещение, зависит от многократных отражений от внутренних поверхностей. Фактическая звукоизоляция помещения:

$$R_{\phi} = R + 10 \lg(A / S_{\text{огр}}) \quad (77)$$

где: A – эквивалентная площадь звукопоглощения тихого помещения, м^2 ;
 $S_{\text{огр}}$ – площадь изолирующего ограждения (перегородки), м^2 .

$$A = \alpha \cdot S_{\text{поверхн.}} \quad (78)$$

где: $S_{\text{поверхн.}}$ – площадь внутренних поверхностей тихого помещения, м^2 .

С особой легкостью шум проникает через всякого рода щели и отверстия в ограждениях, окнах, дверях. На это обстоятельство часто не обращают должного внимания, что приводит к значительному ухудшению звукоизоляции.

Звукоизоляция многослойных ограждений, как правило, бывает более высокой, чем звукоизоляция однослойных ограждений той же массы. Широкое распространение находят двойные ограждения с воздушным промежутком, заполненным звукопоглощающим материалом.

Таким образом, звукоизолирующая преграда служит для того, чтобы не пропускать звук из шумного помещения в более тихое, изолируемое помещение. Основной акустический эффект обусловлен отражением звука (звуковой волны) от преграды. Для звукоизолирующих преград требуются плотные, твердые и массивные материалы. Выбирать материал для ограждающих конструкций надо таким образом, чтобы звукоизоляция этими ограждениями обеспечила на рабочих местах уровень шума не превышающий нормы (во всех октавных полосах частот).

Требуемое снижение шума, должно быть равно фактической звукоизоляции (что обеспечивается либо только за счет высокой звукоизоляции ограждения, либо за счет добавочного звукопоглощения помещения, которое увеличивает эквивалентную площадь звукопоглощения помещений – A). Для определения звукоизолирующей способности ограждений используют различные методы и формулы. Следуют учитывать, что и отраженную звуковую мощность надо где-то гасить, то есть, переводить из реактивной мощности в активную. Кроме резонирующих элементов, которые принимают реактивную мощность, нужны активные преобразователи её в тепло.

Что мы и наблюдаем в щитах с отверстиями, в которых возникают стоячие волны отражения, нагревающие поглотитель (обычно пористый, волокнистый или мягкий).

Вопросы для самоконтроля

1) В чём заключается сущность звукоизоляции? 2) Какие и какое количество диапазонов выделяют в частной характеристике однослойного ограждения? 3) От чего зависит передача шума из одного помещения в другое? 4) Что является основным акустическим эффектом? 5) Для чего нужна перфорация на панелях шумозащиты?

1. Резчиков Е.А., Носов В.Б., Щербак Е.Г. Безопасность жизнедеятельности: Учебное пособие. Ч. 2. – М.: МТИУ, 1997. – 255 с.
2. Долин П.А. Справочник по технике безопасности. 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоиздат, 1982. – 800 с.
3. МГСН 2.04-97. Допустимые уровни шума, вибрации и требования к звукоизоляции в жилых и общественных зданиях. – М., 1997.

4.6 Сравнение методов защиты от шума

Для уменьшения шума в помещениях, соседних с помещением источника этого шума, метод звукоизоляции является значительно более эффективным по сравнению с методом звукопоглощения. Звукоизолирующие конструкции ослабляют шум в соседних помещениях на 30-50 дБ, в то время как установка в помещении одних звукопоглотителей даже с высокими звукопоглощающими свойствами, рисунок 80, дает снижение шума на 6-8 дБ.

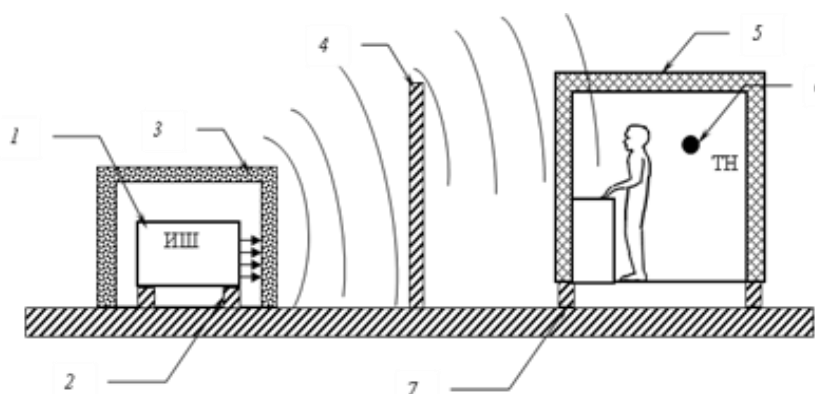


Рис. 80. Схема распространения шума с учётом снижения коэффициента отражающих поверхностей: 1 – источник шума; 2 и 7 – виброгасящие опоры; 3 – звукоизолирующий кожух; 4 – шумозащитный экран (перегородка); 5 – кабина (пультная); 6 – расчётная точка наблюдений.

В то же время для эффективной защиты от шума мощных источников, например, реактивных двигателей в испытательных боксах, требуется совместное использование методов звукоизоляции и звукопоглощения. Звукоизолирующие ограждения (преграды), как правило, выполняют в виде стен, экранов, кабин, перегородок и т.д.

Звукоизолирующие кожухи, экраны, кабины. Кожухи. Звукоизолирующими кожухами, рисунок 81, закрывают наиболее шумные машины и механизмы, локализуя таким образом источник шума. Кожухи изготавливают обычно из дерева, металла или пластмассы. Внутреннюю

поверхность стенок кожуха обязательно облицовывают звукопоглощающим материалом.

С наружной стороны на кожух иногда наносят слой вибродемпфирующего материала. Кожух должен плотно закрывать источник шума. Для машин, выделяющих теплоту (электродвигателей, компрессоров и т.п.), кожухи снабжают вентиляционными устройствами с глушителями

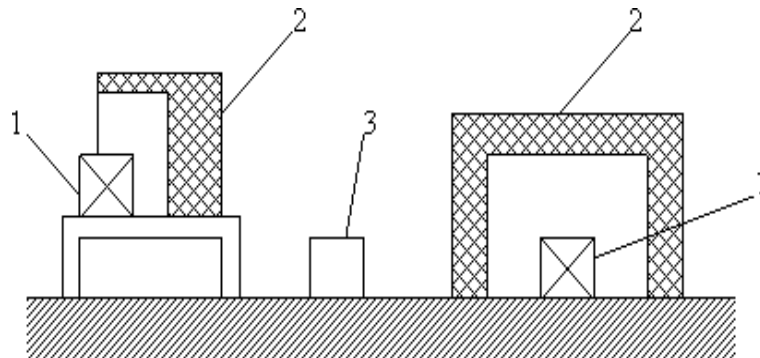


Рис. 81. Шумозащитные кожухи: 1 – источник шума; 2 – экран со звукопоглощающей облицовкой; 3 – рабочее место.

Эффективность установки кожуха (ΔL_k , дБ) определяют по формуле:

$$\Delta L_k = R_c 10 \lg \alpha_{obl} \quad (79),$$

где: R_c – звукоизоляция стенок кожуха, определяемая по формуле (79), дБ;
 α_{obl} – коэффициент звукопоглощения облицовки кожуха.

Экраны. Для защиты работающих от прямого воздействия шума используют экраны, устанавливаемые между источником шума и рабочим местом, рисунок 82. Акустический эффект экрана основан на образовании за ним области тени, куда звуковые волны проникают лишь частично. Степень проникновения звуковых волн зависит от соотношения между размерами экрана и длиной волны λ : чем больше длина волны, тем меньше при данных размерах экрана область тени за экраном, а следовательно, и тем меньше снижение шума. Важно также расстояние от источника шума до экранируемого рабочего места: чем оно меньше, тем больше эффективность экрана.

Экраны применяют в основном для защиты от средне- и высокочастотного шума. На низких частотах экраны малоэффективны. Для повышения эффективности экраны часто делают сложной формы, при этом их облицовывают звукопоглощающим материалом. В шумных цехах, рабочие места операторов пультов управления защищаются и изолируются от производственного шума, с использованием способов шумозащиты (таблица 39).

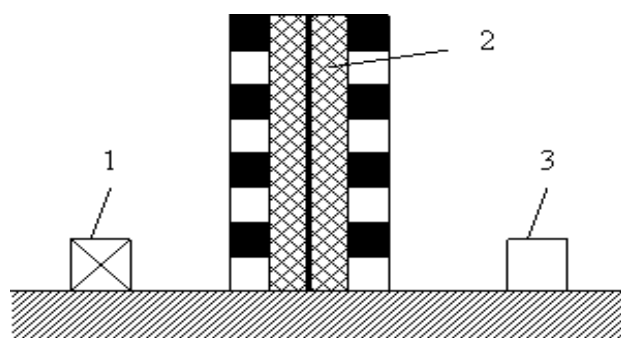


Рис. 82. Шумозащитный экран: 1 – источник шума; 2 – экран со звукопоглощающей облицовкой; 3 – рабочее место.

Таблица 39

Способы шумозащиты

Поглощающие	Отражающие	Комбинированные
Содержат шумопоглощающий материал. Трансформируют энергию импульса в тепло.	Отражают энергию импульса, перенаправляя её.	Поглощение и отражение шума и звука. Трансформируют и перенаправляют энергию импульса.

Индивидуальные средства защиты от шума. Это могут быть противошумные наушники, вкладыши (тампоны); при их использовании достигается снижение шума на 10-15 дБ. При высоком уровне шума (более 120 дБ) применяются специальные шлемы (до 40 дБ), противошумные костюмы.

Остается нерешенным вопрос звукопроводов, т.е. касание источниками шума элементов конструкции, в первую очередь пола, по которому шум может распространяться, обходя все остальные экраны. Вопрос амортизации и жесткости крепления, конечно, связан с вибрацией, но вибрация может стать источником шума на определённых нелинейных жестких элементах конструкции, связанных со звукопроводом.

Вопросы для самоконтроля

1. Объясните, в каких случаях звукоизоляция эффективнее звукопоглощения, и почему? 2. Из чего изготавливают кожухи? 3. От чего зависит степень проникновения звуковых волн? 4. Приведите примеры простого шумоглушителя.

1. Резчиков Е.А., Носов В.Б., Щербак Е.Г. Безопасность жизнедеятельности: Учебное пособие. Ч. 2. – М.: МТИУ, 1997. – 255 с.
2. Долин П.А. Справочник по технике безопасности. 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоиздат, 1982. – 800 с.
3. Снижение шума в зданиях и жилых районах (под ред. Г.Л. Осипова, Е.Я. Юдина). – М.: Стройиздат, 1987.
4. Международный стандарт ИСО 10847. Акустика. Определение в натурных условиях снижения внешнего шума экранами всех типов. (Acoustics - In-situ determination of insertion loss of out door noise bassievs of all types).

4.7 Акустическая обработка помещений.

Реверберация звука в помещении и методы ее уменьшения

Реверберация, рисунок 83, или продление звучания, является наиболее обычным акустическим недостатком залов. Общеизвестно, что сильная реверберация пустых комнат исчезает после их мебелировки.

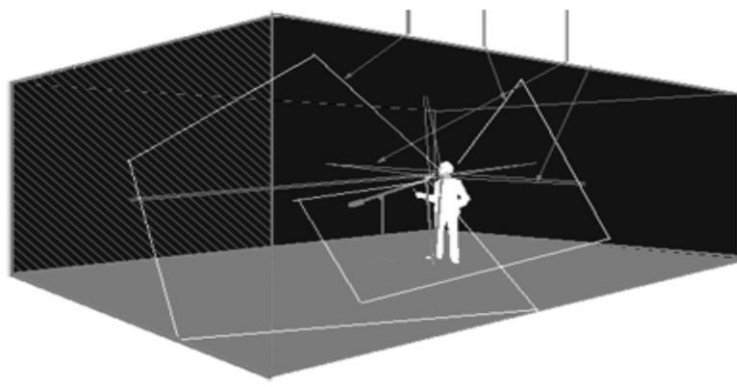


Рис. 83. Схематичное изображение отраженных звуковых лучей, создающих эффект реверберации

Точно так же, реверберация зала значительно уменьшится, если расставить в нем ряды кресел и оборудовать его достаточным количеством поглощающих материалов. Для объяснения уменьшения реверберации посмотрим, что будет происходить со звуком. Звуковая энергия, как вообще всякая энергия, не может исчезнуть, но она может превратиться в какую-либо другую форму энергии, которая уже не будет звуковой. Например, энергия звуковых волн, падающих на стены помещения, может превратиться в механическую энергию колебания стен.

Большая часть энергии превращается благодаря вязкости воздуха в тепло.

Так, звук высокого тона, например свист, ослабляется и замирает, пройдя расстояние всего лишь около 60 м. При рассмотрении акустики залов это явление обычно не учитывают для звуков ниже примерно 2 000 колебаний в секунду. При отражении звуковых волн от стен помещения имеет место трение между частицами воздуха и стеной, но количество теряемой при этом энергии мало, если стены гладки и тверды. Совсем другое происходит, если поверхность пористая, так как трение в порах также превращает энергию звука в тепло.

В связи с этим Лэмб пишет: «В достаточно узкой трубке волны быстро замирают, причем механическая энергия превращается, конечно, в тепловую».

Мельчайшие отверстия в тканях драпировок и занавесей действуют таким же образом, они заглушают эхо, так как известная часть энергии теряется при каждом отражении. Всякое механическое рассеяние звуковых волн, будь оно вызвано рельефной отделкой стен, препятствиями или звуковыми отражателями, не может заметно уменьшить энергию звука. Оно может нарушить правильность отражений и ослабить эхо, но звуковая энергия как таковая исчезает только при наличии трения. Следующая цитата из Рэля подтверждает это заключение. «В больших помещениях, ограниченных непористыми стенами, потолком и полом и имеющих мало окон, продолжительный резонанс, по-видимому, неизбежен. Заглушающее влияние толстых ковров в подобных случаях широко известно. Применение подобного материала для стен и потолка, по-видимому, представляет наилучший путь к дальнейшему усовершенствованию».

Работы Сэбина по исправлению акустических свойств залов. Сэбин проделал ряд весьма важных опытов по ослаблению реверберации в залах под действием звукопоглощения ковров, занавесей, гардеробных комнат и т. д. На основании этих опытов он вывел уравнение:

$$t = 0,162V/aS \quad (80)$$

где: t – время реверберации, или среднее время, за которое энергия звука в помещении спадет до одной миллионной своей первоначальной величины; V – объем комнаты в м^3 ; множитель 0,162 определяет спадание уровня интенсивности звука на 60 децибел; aS – полное поглощение звука помещением (здесь a – средний коэффициент поглощения; S – общая площадь всей поверхности помещения, выраженная в м^2).

При расчете реверберации величина aS получается путем суммирования величин поглощения различных материалов помещения, т. е. $aS = a_1S_1$ (штукатурка) + a_2S_2 (дерево) + a_3S_3 (ковер) и т. д.

Единица поглощения носит название сэбин. Величина поглощения в сэбинах получается умножением площади поглощающей поверхности на коэффициент поглощения. Пример исправления реверберации. Рассмотрим некоторое помещение длиной 23,3 м, шириной 18,3 м и высотой 5,4 м. Объем его будет равен 2 300 м^3 . Предположим, что пол в помещении деревянный, стены и потолок оштукатурены; пусть, кроме того, установлено 550 деревянных

кресел.

Учитывается только разница между поглощением от слушателя и от занимаемого им кресла. Поглощение от одного человека колеблется обычно от 0,27 до 0,4 в зависимости от его одежды и типа кресел. Поглощение отдельными поверхностями помещения и общее поглощение вычисляются следующим образом, таблица 40. Мы видим, что звукопоглощение для различных веществ различно. Каждый квадратный метр дерева поглощает 0,03 *сэбина*, или 3% падающей на него звуковой энергии, так что площадь в 645 m^2 поглощает 19,35 *сэбина*. Штукатурка поглощает немного больше, чем дерево, поглощение же металлами и стеклом сравнительно незначительно.

Таблица 40

Поглощение шума различными поверхностями при реверберации

Поверхность	Площадь в m^2 (S)	Коэффициент поглощения (a)	Поглощение в сэбинах отдельных элементов aS	Общее
Дерево	645	0,03	19,35	
Штукатурка	692	0,033	22,90	—
Металл	58,5	0,01	0,59	—
Стекло	38,0	0,025	0,95	—
Кресла	550 шт.	0,016	8,80	—
		Итого	52,59 = 52,6	—
100 слушателей	—	По 0,386–0,016 на одного человека	37	89,6
200	—	То же	74	126,6
300	—	То же	111	163,6
400		То же	148	200,6
550		То же	203,5	256,1

Общее поглощение всеми материалами пустого помещения равняется 52,59 *сэбина*, или, в круглых цифрах, 52,6 *сэбина*. Существенно участвуют в поглощении сами слушатели, благодаря их одежде.

Ниже приводится время реверберации, вычисленное по формуле $t=0,162 V/aS$, для пустого помещения и в присутствии различного количества слушателей, таблица 41.

Таким образом, время реверберации колеблется от 7,1 *сек* для пустого помещения до 1,5 *сек* при наличии максимального количества публики. Это увеличение поглощения происходит, из-за поглощающей способности одежды слушателей. Однако все эти промежутки времени слишком продолжительны для хорошей акустики помещения, и необходимо оборудовать его поглощающими материалами для того, чтобы «приглушить», тем самым уменьшить реверберацию. Фактическое количество необходимого для этого

поглощающего материала определяется временем реверберации при оптимальных условиях. Для помещения объемом в $2\,300\text{ м}^3$ время определяется из рисунка 84 и равняется, при наличии среднего количества публики, $1,3\text{ сек.}$

Таблица 41

Зависимость количества воспринимающих шум людей от времени реверберации

Число слушателей	Время реверберации в сек.
Пустой зал	$0,162 \times 2300 / 52,6 = 7,1$
100 слушателей	$0,162 \times 2300 / 89,6 = 4,2$
200 »	$0,162 \times 2300 / 126,6 = 2,9$
300 »	$0,162 \times 2300 / 163,6 = 2,3$
400 »	$0,162 \times 2300 / 200,6 = 1,9$
550 »	$0,162 \times 2300 / 256,1 = 1,5$

Поглощение, которое надо добавить, чтобы получить это время, высчитывается следующим образом: $aS = 0,162 \times 2300 / 1,3 = 286\text{ сэбин.}$ Поскольку поглощение в пустом помещении равно $52,6\text{ сэбина,}$ а среднее количество публики порядка 200 человек вносит поглощение равное 74 сэбинам, то недостающее поглощение составляет $159,4\text{ сэбина.}$

Добавив соответственное количество поглощающего материала, получим, что поглощение пустым помещением равно 212 сэбинам. Отсюда снова можно вычислить время реверберации при наличии слушателей, таблица 42.

Таблица 42

Время реверберации при наличии слушателей

Число слушателей	Время реверберации в сек.
Пустой зал	$0,162 \times 2300 / 212 = 1,8$
200 слушателей (оптимум)	$0,162 \times 2300 / 286 = 1,3$
400	$0,162 \times 2300 / 360 = 1,0$
550	$0,162 \times 2300 / 415,5 = 0,9$

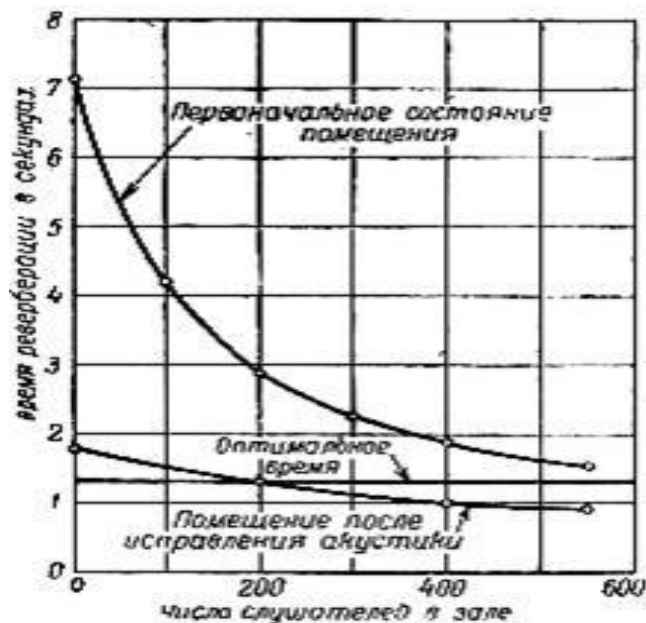


Рис. 84. График зависимости времени реверберации в зале от наличия публики до и после исправления акустики

Нужно отметить, что наличие публики оказывает теперь лишь незначительное влияние на реверберацию (сравнительно с помещением с неисправленной акустикой). Первоначальное состояние помещения: сильный гул при малом заполнении зала. Условия улучшаются только при полном зале за счет поглощения звука одеждой. Поэтому для компенсации недостающих слушателей, необходимо оборудовать помещение дополнительными поглощающими материалами. После исправления практически достигается полная независимость времени реверберации от количества публики. Площадь добавочных материалов, дающих поглощение 159,4 *сэбина*, найдем, разделив 159,4 на коэффициент поглощения используемого материала. Одним из этапов расчета является вычисление этой площади для трех разных материалов, таблица 43, с коэффициентами поглощения 0,40, 0,60, 0,80:

Таблица 43

Зависимость коэффициента поглощения от площади материалов

Коэффициент поглощения α	Площадь устанавливаемых материалов $159,4/\alpha \text{ м}^2$
0,40	398
0,60	266
0,80	199

Следующий шаг в исправлении акустики помещений заключается в выборе наиболее эффективного расположения поглощающих материалов. В

рассматриваемом зале, благодаря небольшой высоте и, соответственно, малой поверхности боковых стен, логически, как будто, следует расположить этот материал на потолке. Позднее, мы подробнее остановимся на этом весьма существенном пункте. Например, в залах с высоким потолком совершенно необходимо обрабатывать боковые стены.

В рассматриваемом зале род выбираемого материала зависит от площади поверхности, допускающей обработку. Поскольку площадь потолка составляет $23,3 \times 18,3 = 426 \text{ м}^2$, то наиболее простым решением является применение материала с коэффициентом 0,40, требующим поверхности в 398 м^2 . Но для того, чтобы покрыть весь потолок, придется дополнительно ввести 28 м^2 поглощающего материала. Исправление акустики рассматриваемого нами зала отображено на рисунке 20, показывающем влияние числа слушателей на время реверберации в помещении до и после исправления акустики.

Следует отметить, что реверберация это возврат звуковой волны к источнику, который также создает зоны пучностей и узлов. Борьба с отражением есть выход, но этот выход не должен мешать прохождению звуковой энергии к слушателю, здесь нужны отражатели определённой формы, чтобы даже слабые звуки доходили до слушателя. Релей рассказывал о залах с хорошей акустикой, где звук упавшей на стол спички был отчетливо слышен на любом месте. Таким образом борьба с реверберацией входит в противоречие с хорошей акустикой и обустройство поглощения и отражения звука в залах есть искусство.

Вопросы для самоконтроля

1. Что такое реверберация, и как можно ей управлять? 2. Как можно использовать знание о количестве слушателей для проектирования залов и других помещений? 3. Как влияют особенности помещения на выбор типов их обработки?

Источники информации

1. Леденев В.И., Макаров А.М. Расчет энергетических параметров шумовых полей в производственных помещениях сложной формы с технологическим оборудованием // Научный вестник Воронежского ГАСУ. Строительство и архитектура. – Воронеж, 2008. – №2 (10). – С. 94-101.
2. Ржевкин С. Н. Обзор работ по резонансным поглотителям // Успехи физ. наук. – Т. XXX, вып. 12, 1946. – С. 40-62.

Звукопоглощение. Метод звукопоглощения основан на снижении шума за счет перехода звуковой энергии в теплоту вследствие потерь на трение в порах материала, т. е. на уменьшение энергии отраженного звука. Причем поры материала должны быть открытыми со стороны падения звука и незамкнутыми, т. е. не препятствовать проникновению звуковой волны в материал.

Звукопоглощение применяется для снижения шума от источника, находящегося в самом помещении. При этом проводят акустическую обработку помещения: на потолок и стены наносят звукопоглощающий материал, используют специальные покрытия, облицовки (плитки и т.п.). Звукопоглощающие свойства материала характеризуются коэффициентом звукопоглощения (α). Наиболее часто в качестве звукопоглощающей облицовки, рисунок 85, применяют конструкции: в виде слоя однородного пористого материала определенной толщины, укрепленного (1) непосредственно на поверхности ограждения; либо укрепленного (2) на некотором расстоянии от поверхности ограждения.

В настоящее время применяют такие звукопоглощающие материалы, как ультратонкое стекловолокно, капроновое волокно, минеральная вата; древесноволокнистые и минераловатные плиты и т.д. Звукопоглощающие свойства облицовки (покрытия) зависят от толщины слоя, частоты звука, наличия воздушного промежутка между слоем и отражающей стенкой, на которой она установлена. Приведем значения коэффициентов звукопоглощения (α) некоторых материалов: открытое окно – 1; войлок технический толщиной 25 мм – 0,5; дерево – 0,05; металл листовой – 0,01.

Выбор конструкции звукопоглощающей облицовки зависит от частотных характеристик шума в помещении и звукопоглощающих свойств конструкции, при этом максимум в спектре шума должен соответствовать максимум коэффициента звукопоглощения на этих же частотах. Кроме того, необходимо учитывать условия работы облицовок (наличие вибрации, влаги, пыли и т.д.).

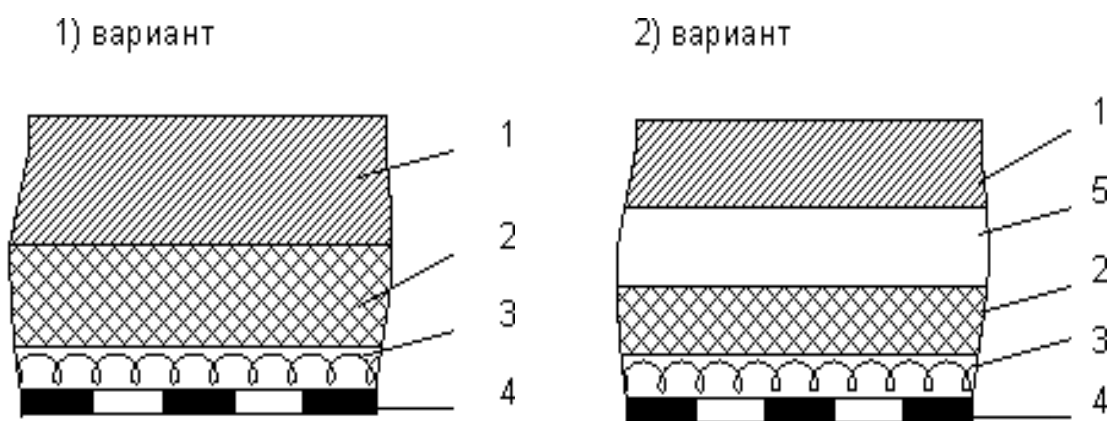


Рис. 85. Варианты звукопоглощающей облицовки: 1 – строительные конструкции (стена, потолки); 2 – звукопоглощающий материал; 3 – защитное покрытие (защитная стеклоткань); 4 – перфорированный слой (алюминиевый щит); 5 – воздушный промежуток

Изменяя звукопоглощающий материал, его толщину, размеры воздушного зазора, а также параметры перфорированного листа, можно поменять частотную характеристику коэффициента звукопоглощения облицовки.

Для получения большего эффекта надо обработать не менее 80% площади помещения (стены, потолок). На эффективность звукопоглощающих облицовок влияет высота их расположения, а также конфигурация помещения. Облицовки более эффективны при относительно небольшой высоте помещения (до 4-6 м). Установка звукопоглощающих облицовок снижает шум на 6-8 дБ в зоне отраженного звука (вдали от источника) и на 2-3 дБ вблизи источника шума. Если звукопоглощение в помещении использовать нельзя, то для уменьшения шума применяют штучные (объемные) поглотители, рисунок 86, различных конструкций. Штучные (объемные) поглотители представляют собой объемные тела, заполненные звукопоглощающим материалом и подвешиваемые к потолку равномерно по помещению на определенной высоте.

Определение ожидаемого снижения шума от применения звукопоглощающих облицовок. Расчет ожидаемого снижения шума от применения звукопоглощающих облицовок осуществляется следующим образом:

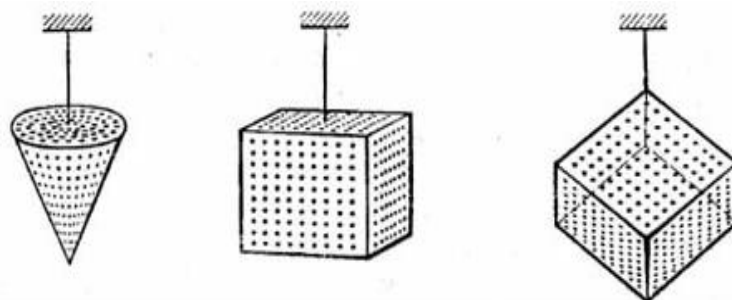


Рис. 86. Штучные поглотители различной формы

1) Требуемое снижение шума в каждой октавной полосе определяют:

$$\Delta L_{TPi} = L_i - L_{i \text{ доп.}} \quad (81),$$

где: L_i – фактический (или измеренный) уровень звукового давления в i -ой октавной полосе, дБ; $L_{i \text{ доп.}}$ – допустимый уровень звукового давления в i -ой октавной полосе, дБ.

2) Зная коэффициенты звукопоглощения материалов ограждения помещения α_{1ij} и площадь ограждений. S_j (пола, потолка, стен, окон), рассчитывают эквивалентную площадь звукопоглощения в каждой октавной полосе до акустической обработки помещений:

$$A_{1j} = \sum \alpha_{1ij} S_j \quad (82),$$

где: j – однородные по материалу поверхности.

3) Рассчитывают эквивалентную площадь звукопоглощения после акустической обработки помещений:

$$A_{2i} = \sum \alpha_0 S_0 + \sum \alpha_{1k} S_t \quad (83),$$

где: α_0 – коэффициент звукопоглощения облицовки; S_0 – площадь облицовки, м²; $\sum \alpha_{1k} S_t$ – эквивалентная площадь звукопоглощения не

облицованной поверхности k -ых ограждений помещения (окна, пол, оборудования и т.п.).

4) Определяют ожидаемую величину снижения шума в помещении в каждой октавной полосе:

$$\Delta L_i = 10 \lg (A_{2i} / A_{1i}) \quad (84),$$

где: i -ая октавная полоса. Снижение шума за счет штучных объемных поглотителей определяют по формуле:

$$\Delta L = \sum_{i=1}^n A_{si} \cdot n_i \quad (85)$$

где: A_{si} – эквивалентная площадь i -го вида штучного поглотителя; n_i – число поглотителей i -го вида.

5) Ожидаемую величину снижения шума сравнивают с требуемой и делают соответствующие выводы. Если $\Delta L_i \geq \Delta L_{TPi}$ то мероприятие (выбор облицовки) реализовано правильно. Размеры шумопоглотителей и их конструкции напрямую зависят от спектра частот звука, который требуется поглотить.

Вопросы для самоконтроля

1. От чего зависят звукопоглощающие свойства облицовки? 2. Для чего применяется звукопоглощение, в чем особенность использования, принцип? 3. Как выбрать конструкцию звукопоглощающей облицовки и от чего зависит выбор? 4. Что представляют собой объёмные штучные звукопоглотители, особенность их использования? 5. Как узнать эквивалентную площадь звукопоглощения?

Источники информации

1. Резчиков Е.А., Носов В.Б., Щербак Е.Г. Безопасность жизнедеятельности: Учебное пособие. Ч. 2. – М.: МТИУ, 1997. – 255 с.
2. Долин П.А. Справочник по технике безопасности. 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоиздат, 1982. – 800 с.
3. Ржевкин С.Н., Нестеров В.С. Резонансные звукопоглотители для строительной практики. – М.: Всесоюзное научно-техническое общество радиотехники и связи, 1947.
4. Руденко О.В., Хирных К.Л. Модель резонатора Гельмгольца для поглощения интенсивного звука // Акустический журнал. – 1990. – Т. 36. – № 3. – С. 527–534.

4.8 Акустическое обоснование применения шумозащитного экрана на транспортных магистралях

Учет звукопоглощения экранов. Для экранов, предназначенных для установки на улицах или дорогах с двухсторонним расположением защищаемых от шума зданий, должны быть предусмотрены со стороны магистрали звукопоглощающие конструкции в виде резонирующих панелей, звукопоглощающих облицовок или заполнений.

Применение звукопоглощающих конструкций позволяет снизить уровни шума, отраженного от экранов, и добиться за счет этого, во-первых, общего снижения шума магистрали, и, во-вторых, значительно ослабить влияние на зашумленность застройки, расположенной напротив экрана на противоположной стороне магистрали, отражений звука от экрана. Звукопоглощающая обработка поверхностей экрана имеет особенно большое значение при параллельном расположении экранов на противоположных сторонах магистрали.

В настоящее время отсутствуют какие-либо способы расчета эффекта, даваемого звукопоглощающей облицовкой поверхности экрана. Из практики известно лишь, что этот эффект может достигать нескольких дБА.

Звукопоглощающие материалы, используемые для облицовок или заполнения экрана, должны обладать стабильными физико-механическими и акустическими показателями в течение всего периода эксплуатации, быть биостойкими и влагостойкими, не выделять в окружающую среду вредных веществ в количествах, превышающих предельно допустимые концентрации для атмосферного воздуха.

Для увеличения эффективности звукопоглощающих облицовок они должны крепиться на жестком основании непосредственно на поверхности экрана. Для защиты звукопоглощающего материала от попадания влаги необходимо предусматривать защитное покрытие в виде пленки. Снаружи экраны со звукопоглощающей облицовкой должны защищаться перфорированными листами из алюминия, стали или пластика.

Пример расчета. Целью настоящей работы является расчет вариантов размещения шумозащитных экранов, предназначенных для защиты от транспортного шума территории населенного пункта Мушковичи, и определение их генеральных размеров по условиям максимальной эффективности шумозащиты.

Необходимая эффективность экранов обеспечивается варьированием их высоты, длины, расстояния между источником шума и экраном. Для увеличения акустической эффективности экрана, уменьшения его высоты расстояние между источником шума и экраном рекомендуется принимать минимальным с учетом необходимости обеспечения безопасности движения и нормальной эксплуатации дороги и транспортных средств.

Для получения более точных результатов расчета эффективности экрана

автотранспортные потоки в противоположных направлениях рассматриваются как самостоятельные источники шума. Формирование шумового режима в области звуковой тени за экраном определяется дифракционной составляющей, которая существенно зависит от расстояния между источником шума и экраном, и, следовательно, чем ближе к действительному положению вещей используемая модель расчета, тем точнее его результат.

При расчете дифракционной компоненты поля за экраном автотранспортный поток моделируется «звучащей» ниткой, располагающейся на дальней (от экрана) полосе движения. Конструкции отдельных элементов экранов должны обеспечивать плотное их примыкание друг к другу и к поверхности земли.

Шумовая характеристика автотранспортного потока. Автодорога Москва-Смоленск на данном участке прямолинейная, с небольшим продольным уклоном 0,5-1 %, имеет по 2 полосы движения в каждом направлении, рисунок 87.



Рис. 87. Схема поперечного профиля полотна дороги

Посередине дороги проходит разделительная полоса шириной 2,5 м, оснащенная разделительным барьером. Ширина одной полосы движения составляет 3,8 м. Общая ширина дороги 17,7 м. По краям дорожного полотна имеются обочины шириной по 5,6 м.

С правой стороны (при движении из Москвы) на расстоянии 58 м от границы обочины расположен первый эшелон жилых зданий, представляющих собой одноэтажные деревянные дома деревенского типа, рисунок 88.

Протяженность этого эшелона вдоль дороги составляет около 350 м. Второй эшелон жилой застройки расположен на расстоянии около 200 м от дороги и с нее не просматривается, ввиду сложного профиля местности, поэтому как объект шумозащиты он не рассматривался. Остальные здания вдоль указанного участка дороги являются нежилыми и как объект шумозащиты не рассматриваются.

Ситуационный план рассматриваемого участка дороги и прилегающей к ней застройки населенного пункта Мушковичи показан на рисунке 89.

Для определения шумовых характеристик автотранспортного потока на данном участке автодороги Москва - Смоленск (эквивалентного и максимального уровней звука в 7,5 м от оси ближайшей полосы движения транспорта и на высоте 1,5 м над уровнем проезжей части) ДГУП ИТЦ были проведены в марте 2003 г. натурные измерения. Измерения выполнялись в соответствии с методикой ГОСТ 20444-85.



Рис. 88. Вид участка автодороги Москва – Смоленск в районе нас. п. Мушковичи.

Для измерений применялся шумомер фирмы «Октава» типа «Октава 101А». Перед началом и после окончания каждой серии измерений шумомер калибровался с помощью акустического калибратора.

Измерения шумовых характеристик транспортного потока проводились в дневное время в часы пик в разные дни. Погода во время измерений была ясная, безветренная, без осадков. Результаты измерений приведены в таблицах 44, 45.

Таблица 44

Результаты измерений уровней шума, точки изображены на рисунках 44 и 46.

№ п/п	Место проведения измерений	Интенсивность автотранспортного потока $N_{\text{дн.}}$ в дневной час пик	Уровни шума		
			$L_{\text{Аэкв.}}$	$L_{\text{Амакс}}$	$L_{\text{Амин}}$
1.	В 7,5 м от оси первой полосы движения транспорта т. 1	477	76,7	88,9	52,7
2.	В 12 м от фасада жилого дома т.2		57,3	66,2	38,5
3.	В 12 м от фасада жилого дома т. 3	531	58,1	67,5	39,4
4.	В 15 м от фасада жилого дома т. 4	498	60,0	70,8	46,2
5.	В 15 м от фасада жилого дома т. 5	475	61,4	76,8	41,2

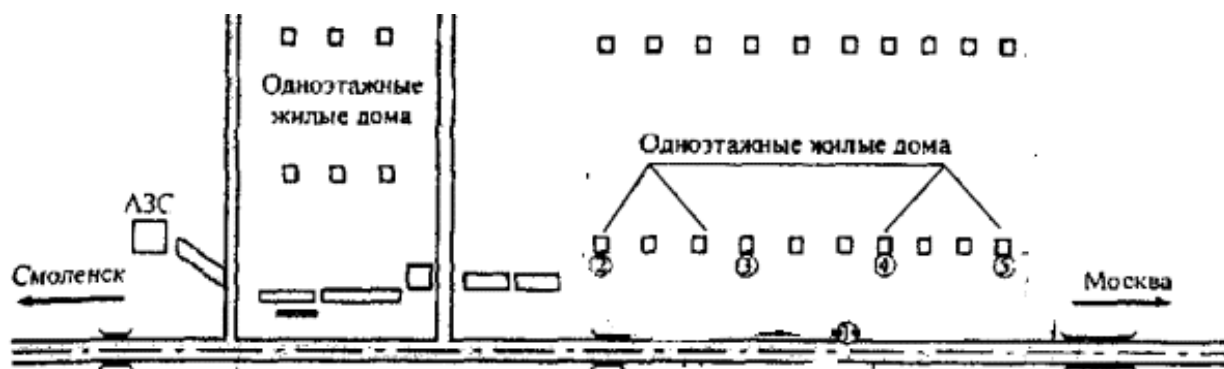


Рис. 89. Ситуационный план придорожных объектов в населенном пункте Мушковичи: точка 1 – от центра группы одноэтажных жилых домов, внизу, у проезжей части. 2; 3; 4; 5 – точки слева на право ряда одноэтажных жилых домов.

В строке 1 таблицы 44, содержится шумовая характеристика транспортного потока в час пик, равная: $L_{\text{Аэкв.авт.}}^{\text{дн.}} = 76,7 \text{ дБА}$, $L_{\text{Амакс}} = 88,9 \text{ дБА}$.

Таблица 45

Замеренные уровни шума на прилегающей территории, дБА

Источник шума	Расчетные точки			
	2	3	4	5
Автомобильная магистраль, $L_{\text{экв.}}$	57,3	58,1	60,0	61,4

Значения превышений замеренных уровней шума над допускаемыми санитарными нормами на прилегающей территории приведены в таблице 46.

Таблица 46

Превышение расчетных уровней звука над допустимыми санитарными нормами для населённых мест (приложение 2)

Источник шума	Расчетные точки			
	2	3	4	5
Автомобильная магистраль, $L_{\text{экв.}}$	2,3	3,1	5,0	6,4

Анализ полученных данных указывает на наличие превышений уровней шума над допустимыми санитарными нормами на территории населенного пункта Мушковичи. Для улучшения акустической обстановки и удовлетворения санитарных требований необходимо проведение акустическо-строительных мероприятий по снижению уровня шума на территории. Наиболее эффективным мероприятием является установка шумозащитного экрана.

В ночной период суток интенсивность автотранспортного движения (N_n) по данным многочисленных натурных измерений, проводившихся ранее на различных дорогах и по данным института «Союздорпроект», составляет не

более 10 % от дневной интенсивности в час пик при тех же значениях соотношения количества грузовых автомобилей и автобусов к общему количеству автомобилей в транспортном потоке (P) и средней скорости потока (V).

При этих условиях ожидаемая шумовая характеристика автотранспортного потока на рассматриваемом участке автодороги Москва-Смоленск в ночное время будет равна в соответствии с:

$$\begin{aligned} L_{A_{\text{экв.авт.}}}^{\text{н.}} &= 10 \lg N_{\text{н}} + 13,3 \lg V + 4 \lg (1 + P) + 17,9 = \\ &= 10 \lg (0,1 N_{\text{дн}}) + 13,3 \lg V + 4 \lg (1 + P) + 17,9 = L_{A_{\text{экв.авт.}}}^{\text{дн.}} - 10, \text{ дБА.} \end{aligned} \quad (86)$$

Так как разность между шумовой характеристикой автотранспортного потока в дневное и ночное время, согласно формуле (63), равна 10 дБА, а разность между допустимым уровнем звука в жилой застройке и на селитебных территориях в дневное и ночное время также равна 10 дБА, то достаточно рассмотреть данные только для дневного периода суток. Полученные выводы и рекомендации относительно ожидаемых уровней автотранспортного шума и мероприятий по его снижению будут справедливы и для ночного периода суток.

Так как разница между допустимыми максимальным и эквивалентным уровнями шума по санитарным нормам составляет 15 дБА, а по результатам натурных измерений она составила $\Delta L = L_{A_{\text{макс}}} - L_{A_{\text{экв.}}} = 88,9 - 76,7 = 12,2 \text{ дБА} < 15 \text{ дБА}$, то достаточно рассмотреть только эквивалентные уровни шума; рассмотрение максимальных уровней шума для данной ситуации не внесло бы никаких корректив в оценку шумовой ситуации и в намечаемые шумозащитные мероприятия.

Выбираем для оценки ожидаемого шумового режима на фасадах жилых домов в 2 м от фасадов домов, обращенных к дороге, и на уровне середины окон 1-го этажа. Высота этой расчетной точки над уровнем территории составляет $H_{p.m. \text{ фас.}} = 2 \text{ м}$. Для оценки ожидаемого шумового режима внутри жилых помещений домов расчетная точка выбиралась в центре помещения на высоте $H_{p.m.} = 1,5 \text{ м}$ над уровнем пола.

Ожидаемый уровень шума в расчетной точке составляет:

$$L_{A_{p.m.}} = L_{A_{\text{экв.авт.}}} - \Delta L_{A_{\text{рас.}}} - \Delta L_{A_{\text{воз.}}} - \Delta L_{A_{\text{нок.}}} - \Delta L_{A_{\text{зел.}}} - \Delta L_{A_{\text{экр.}}} - \Delta L_{A_{\alpha}}, \text{ дБА,} \quad (87)$$

где: $L_{A_{\text{экв.авт.}}}$ – шумовая характеристика транспортного потока на рассматриваемом участке автодороги; $\Delta L_{A_{\text{рас.}}}$ – снижение уровня шума с расстоянием; R – расстояние от оси ближней полосы движения транспорта до расчетной точки, м; $\Delta L_{A_{\text{воз.}}}$ – снижение уровня шума вследствие затухания звука в воздухе ($\Delta L_{A_{\text{воз.}}} = 0,005R$); $\Delta L_{A_{\text{нок.}}}$ – снижение уровня шума вследствие его поглощения поверхностью территории (травы, кустарник – летом, снег – зимой); $\Delta L_{A_{\text{зел.}}}$ – снижение уровня шума из-за поглощения его полосами зеленых насаждений на пути звуковых лучей; $\Delta L_{A_{\text{экр.}}}$ – снижение уровня шума экраном или экранирующими элементами местности; $\Delta L_{A_{\alpha}}$ – снижение уровня шума в

случае ограничения угла видимости дороги из расчетной точки.

Для рассматриваемого населенного пункта величина $\Delta L_{\text{Азел.}} = 0$ (нет специальных шумозащитных полос зеленых насаждений).

$\Delta L_{\text{Аэкp.}} = 0$ (первоначально нет экранов).

$\Delta L_{\text{А}\alpha} = 0$ (обзор дороги из расчетной точки неограничен, $\alpha = 180^\circ$).

Величина $\Delta L_{\text{Алок.}}$, равна:

$$\Delta L_{\text{Алок.}} = \left[\frac{2}{100} \cdot \frac{H_{\text{у.ш.}} \cdot H_{\text{р.т.}}}{R} \right] \quad (88)$$

где:

$$\frac{H_{\text{у.ш.}} \cdot H_{\text{р.т.}}}{R} \quad (89)$$

R – то же, что и в формуле (87), м.; $H_{\text{у.ш.}}$ – высота акустического центра транспортного потока над проезжей частью, м, (принято $H_{\text{у.ш.}} = 1$ м.); $H_{\text{р.т.}}$ – высота расчетной точки над уровнем территории, м.

Так как шумовая характеристика транспортного потока при прочих равных условиях пропорциональна $10 \lg N$, формула (86), то для случаев 2 - 5 по таблице 44, можно найти:

1. $L_{\text{Аэкв.авт.}}^{\text{дн.}} = 76,7$ дБА, $L_{\text{Амакс}} = 88,9$ дБА;
2. $L_{\text{Аэкв.авт.}}^{\text{дн.}} = 76,3$ дБА, $L_{\text{Амакс}} = 88,5$ дБА;
3. $L_{\text{Аэкв.авт.}}^{\text{дн.}} = 77,2$ дБА, $L_{\text{Амакс}} = 89,4$ дБА;
4. $L_{\text{Аэкв.авт.}}^{\text{дн.}} = 76,9$ дБА, $L_{\text{Амакс}} = 89,1$ дБА;
5. $L_{\text{Аэкв.авт.}}^{\text{дн.}} = 76,7$ дБА, $L_{\text{Амакс}} = 88,9$ дБА.

Разброс значений $L_{\text{Аэкв.авт.}}^{\text{дн.}}$ не превышает 0,9 дБА.

Поэтому для расчетов принимаем наибольшее экспериментальное значение:

$$L_{\text{Аэкв.авт.}}^{\text{дн.}} = 77,2 \text{ дБА } (L_{\text{Амакс}} = 89,4 \text{ дБА}).$$

Из анализа рисунках 42-44 следует, что расстояние (R) равно 63,5 м ($R = 63,5$ м).

Тогда $\Delta L_{\text{Авоз.}} = 0,005 \cdot R = 0,005 \cdot 63,5 = 0,3$ дБА.

На основании формул (89) и (88):

$$\Delta L_{\text{Арас.}} = K \cdot \lg(R/7,5).$$

Запишем в виде:

$$\Delta L_{\text{Арас.}} = K \cdot \lg(R/7,5).$$

Тогда формулу (88), можно переписать в виде:

$$L_{\text{Ар.т.}}^{\text{фас.}} = L_{\text{Аэкв.авт.}}^{\text{дн.}} - K \cdot \lg(R/7,5) - 0,3 - 7,3 = 69,6 - K \cdot \lg(R/7,5) \text{ дБА} \quad (90).$$

Для определения коэффициента (K) поступим следующим образом. Подставим в формулу (90), вместо $L_{\text{Ар.т.}}^{\text{фас.}}$ значения $L_{\text{Аэкв.}}$ по таблице 18, а вместо R - значения, определенные в соответствии с таблицей 18 и рисунка 46.

Тогда на основании (90), можно получить:

$$K \cdot \lg(R/7,5) = 69,6 - L_{\text{АЭКВ.}}$$

Отсюда для позиций 2 – 5 таблице 1, приложения 7, получим:

$$\text{Поз. 2: } K \cdot \lg(53,5/7,5) = 69,6 - 57,3 = 12,3; K = 14,4.$$

$$\text{Поз. 3: } K \cdot \lg(53,5/7,5) = 69,6 - 58,1 = 11,5; K = 13,5.$$

$$\text{Поз. 4: } K \cdot \lg(50,5/7,5) = 69,6 - 60 = 9,6; K = 11,6.$$

$$\text{Поз. 5: } K \cdot \lg(50,5/7,5) = 69,6 - 61,4 = 8,2; K = 9,9.$$

$$K_{\text{ср.}} = (14,4 + 13,5 + 11,6 + 9,9)/4 = 12,3.$$

Из рисунка 46, следует, что расстояние от оси первой полосы движения транспорта до расчетной точки в 2 м от фасада дома составляет 63,5 м. С учетом $K_{\text{ср.}}$ из формулы (90):

$$L_{\text{Ар.т.}}^{\text{фас.}} = 69,6 - 12,3 \lg(63,5/7,5) = 58,2 \text{ дБА.}$$

Допустимый уровень шума для территорий, непосредственно прилегающих к жилым домам, составляет в дневное время $L_{\text{АЭКВ. доп.}}^{\text{тер.}} = 55 \text{ дБА}$, то превышения фактических уровней шума у фасадов жилых домов населенного пункта Мушковичи составляют

$$\Delta L_{\text{Апрев.}}^{\text{фас.}} = 58,2 - 55 = 3,2 \text{ дБА}$$

Ожидаемые уровни шума в расчетной точке внутри жилых помещений домов первого эшелона застройки составляют:

$$L_{\text{Ар.т.}}^{\text{ном.}} = L_{\text{Ар.т.}}^{\text{фас.}} - \Delta L_{\text{Аок}}, \text{ дБА,} \quad (91)$$

где: $\Delta L_{\text{Аок}}$ – снижение шума окном с открытой для вентиляции форточкой (узкой створкой, фрамугой), $\Delta L_{\text{Аок}} = 10 \text{ дБА}$. Тогда:

$$L_{\text{Ар.т.}}^{\text{ном.}} = 58,2 - 10 = 48,2 \text{ дБА.}$$

Допустимый уровень шума в жилых помещениях домов в дневное время составляет $L_{\text{АЭКВ. доп.}}^{\text{ном.}} = 40 \text{ дБА}$. Поэтому ожидаемые превышения уровней шума внутри жилых помещений домов составят:

$$L_{\text{Апрев.}}^{\text{ном.}} = 48,2 - 40 = 8,2 \text{ дБА.}$$

Таким образом, результаты измерений и расчетов говорят о необходимости осуществления шумозащитных мероприятий.

Для выполнения санитарных норм по шуму в помещениях жилых домов населенного пункта Мушковичи и на прилегающей к ним территории необходимо соорудить вдоль рассматриваемого участка автодороги Москва-Смоленск шумозащитный экран, снижающий шум от транспортного потока на автодороге не менее чем на 9 дБА.

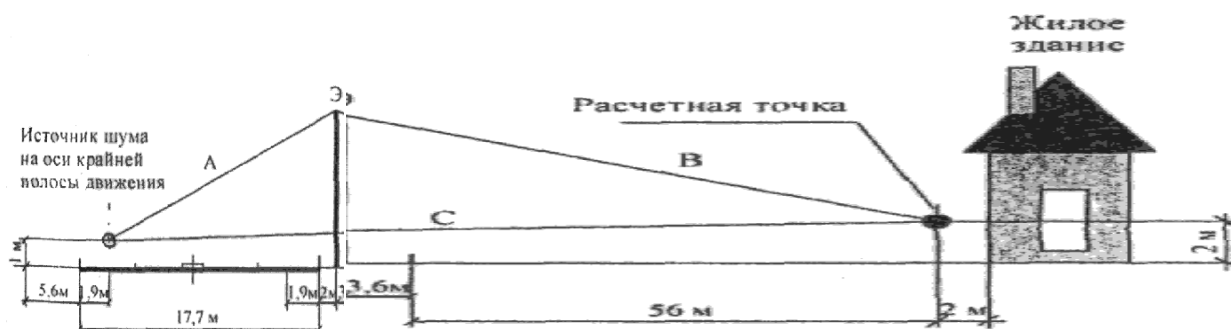


Рис. 90. Рабочий чертёж полученный в полевых условиях для расчетная эффективности шумозащитного экрана

Перед расчетом акустической эффективности экрана необходимо было выбрать его месторасположение. Известно, что чем ближе расположен экран к источнику шума, тем выше его эффективность и ниже требуемая высота. Исходя из этого, а также из анализа профиля территории, рекомендуется расположить шумозащитный экран на расстоянии 2 м от границы полосы движения, ближайшей к защищаемой застройке. Схема расположения экрана с указанием необходимых расстояний приведена на рисунке 90.

Вначале были рассчитаны вспомогательные расстояния A , B и C :

$$A = \sqrt{R_1^2 + H_{ш.п.}^2} \quad (92)$$

$$B = \sqrt{R_2^2 + H_{р.т.}^2} \quad (93)$$

$$C = \sqrt{R_1^2 + H_{р.т.}^2} \quad (94)$$

где: R_1 – расстояние по горизонтали от акустического центра транспортного потока (по оси дальней полосы движения транспорта и на высоте 1 м над уровнем проезжей части) до экрана, м; R_2 – расстояние по горизонтали от экрана до расчетной точки, м; $H_э$ – высота экрана, м; $H_{ш.п.}$ – высота акустического центра транспортного потока, м; $H_{р.т.}$ – высота расчетной точки, м. Далее определялась разность длин путей звуковых лучей δ :

$$\delta = A + B - C, \text{ м}, \quad (95)$$

и по ней с помощью графика, приложения 7 пособия, определялось искомое снижение шума экраном.

При расчетах высота экрана ($H_э$) задавалась в пределах от 3 до 6 м.

$$H_э = 3 \text{ м:}$$

$$A = \sqrt{17.7^2 + 1^2} = 17.91 \text{ м}$$

$$B = \sqrt{56^2 + 3^2} = 59.61 \text{ м}$$

$$\delta = A + B - C = 17.91 + 59.61 - 77.41 = 0.11 \text{ м;}$$

$$\Delta L_{Аэкв.} = 8 \text{ дБА.}$$

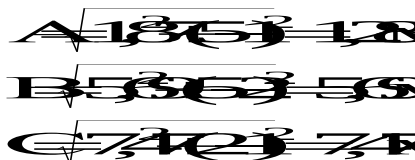
$$H_9 = 4 \text{ м:}$$



$$\delta = A + B - C = 18,05 + 59,63 - 77,41 = 0,27 \text{ м;}$$

$$\Delta L_{\text{Аэкв.}} = 10,5 \text{ дБА.}$$

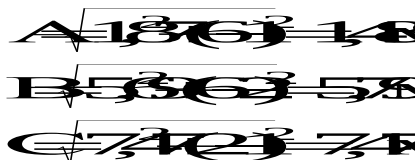
$$H_9 = 5 \text{ м:}$$



$$\delta = A + B - C = 18,24 + 59,67 - 77,41 = 0,5 \text{ м;}$$

$$\Delta L_{\text{Аэкв.}} = 12 \text{ дБА.}$$

$$H_9 = 6 \text{ м:}$$



$$\delta = A + B - C = 18,49 + 59,73 - 77,41 = 0,81 \text{ м;}$$

$$\Delta L_{\text{Аэкв.}} = 18,5 \text{ дБА}$$

Из анализа расчетов следует, что необходимое снижение шума обеспечивается уже при высоте экрана, равной $H_9 = 4 \text{ м}$ ($\Delta L_{\text{Аэкв.}} = 10,5 \text{ дБА} > 9 \text{ дБА} = \Delta L_{\text{Аэкв.тер.}}$).

Однако следует учесть, что вышеприведенные результаты измерений шума получены в марте. В летний период года интенсивность автомобильного потока может значительно возрасти (приблизительно вдвое).

Тогда требуемое снижение шума экраном составит: $8,2 \text{ дБА} + 10 \lg 2 = 11,2 \text{ дБА}$. В этом случае потребуется экран высотой $H_9 = 5 \text{ м}$.

При экране высотой $H_9 = 6 \text{ м}$ снижение шума экраном составит $18,5 \text{ дБА}$, что значительно больше требуемого по расчету снижения.

Таким образом, с экономической точки зрения наиболее целесообразным, а с акустической точки зрения вполне достаточным является сооружение экрана высотой 5 м , расположенного на расстоянии 2 м от границы полосы движения, наиболее близкой к защищаемым от шума домам. Длина экрана должна составлять $L = 348 \text{ м}$ (параллельно дороге). Для защиты от шума крайних домов первого эшелона застройки по краям указанного участка экрана должны быть установлены боковые отгоны (тот же экран, но расположенный под углом к дороге).

Правый отгон должен быть расположен под углом примерно 45° к оси основной части экрана и иметь длину $L_{\text{бок.пр.}} = 100 \text{ м}$. Левый отгон должен быть расположен под углом примерно 50° к оси основной части экрана так, чтобы не пересекать трассы прохождения силового электрического кабеля, и иметь длину $L_{\text{бок.лев.}} = 100 \text{ м}$. Боковые отгоны возможно выполнить с «изломом» в плане, варианты I и II на рисунке 91. На рисунке жирной линией выделена трасса

прохождения шумозащитного экрана (вариант I). Жирным пунктиром обозначен вариант прохождения боковых отгонов с «заломом» (вариант II).

Таким образом, общая длина экрана должна составлять

$L_{э.общ.} = 348 + 100 + 100 = 548 \text{ м}$, при I -м варианте (боковые отгоны прямые), или

$L_{э.общ.} = 348 + 85 + 85 = 518 \text{ м}$, при II -м варианте (боковые отгоны с «изломом»).

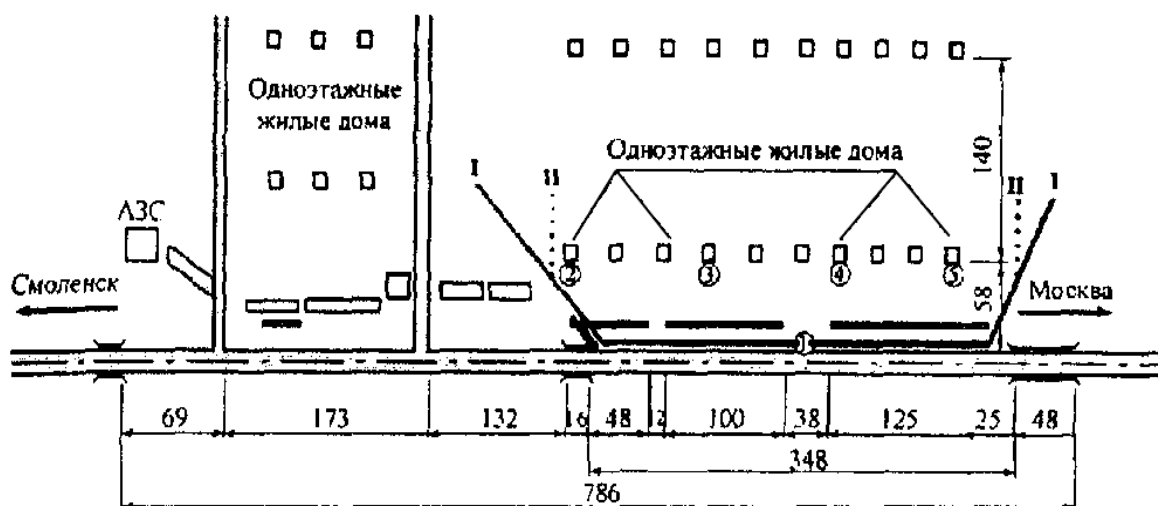


Рис. 91. Рекомендуемая схема размещения шумозащитного экрана: жирной линией выделена трасса прохождения шумозащитного экрана (вариант I).

Жирным пунктиром обозначен вариант прохождения боковых отгонов с «заломом» (вариант II).

Акустическая эффективность шумозащитного экрана. В результате проведенных акустических расчетов в контрольных расчетных точках получены следующие значения эквивалентных уровней звука на территории рассматриваемого объекта с учетом установки шумозащитных экранов вдоль автомагистрали, приведены в таблице 47.

Таблица 47

Расчетные уровни звука (дБА) на рассматриваемой территории при наличии шумозащитных экранов

Источник шума	Расчетные точки			
	2	3	4	5
Автомагистраль, $L_{Аэкв.}$	46,1	46,9	48,8	50,2

Величины превышений допустимых санитарных норм представлены в таблице 48.

Превышение расчетных уровней звука над допускаемыми санитарными нормами при наличии шумозащитных экранов, дБА

Источник шума	Расчетные точки			
	2	3	4	5
Автомагистраль, $L_{дэжв}$	-8,9	-8,1	-6,2	-4,8

Анализ полученных значений показывает, что установка шумозащитных экранов позволит снизить уровень шума от транспортных потоков на рассматриваемой территории до допустимых значений.

Выводы и рекомендации

1. Основным источником внешнего шума, воздействующим на территорию жилой застройки и расположенные на ней жилые дома населенного пункта Мушковичи, является поток автомобилей по автодороге Москва - Смоленск (345-й км).

2. Шумовая характеристика автотранспортного потока на указанном участке автодороги составляет около 77 дБА в час пик дневного времени и 67 дБА в наиболее шумный час ночного времени. Максимальный уровень звука составляет около 90 дБА.

3. Расчеты показали, что ожидаемые уровни шума в расчетных точках в 2 м от фасадов жилых домов, обращенных к автодороге и наиболее близко к ней расположенных, будут превышать допустимый уровень на 3-4 дБА, а в помещениях жилых домов - на 8-9 дБА.

4. Для обеспечения выполнения требований санитарных норм по шуму необходимо осуществление шумозащитного мероприятия, в качестве которого рекомендуется сооружение вдоль вышеуказанного участка автодороги Москва-Смоленск в указанном районе шумозащитного экрана высотой 5 м, общей длиной вместе с боковыми отгонами 518 (548) м, в зависимости от конфигурации боковых отгонов. Длина экрана может уточняться на месте, но уменьшение протяженности экрана приведет к снижению эффективности экранирования на прилегающей территории.

Экран должен быть расположен в 2 м от границы крайней полосы движения, наиболее близкой к защищаемой от шума застройке.

5. При условии сооружения предлагаемого экрана ожидаемый шумовой режим в жилых помещениях домов и на придомовых территориях населенного пункта Мушковичи будет удовлетворять требованиям санитарных норм (СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки»).

Источники информации

1. Методические рекомендации по оценке необходимого снижения звука у населенных пунктов и определению требуемой акустической эффективности

экранов с учетом звукопоглощения. Утв. расп. Минтранса России № ОС-362-р от 21.04.2003 г.

2. Глава СНиП 11-12-77. Защита от шума. – М.: Стройиздат, 1978.

3. Хекл М. Справочник по технической акустике. – Л.: Судостроение, 1980. – 440 с.

4.9 Влияние зеленых насаждений на распространение шума

Определенное влияние на распространение шума автотранспортных потоков за экраном оказывают зеленые насаждения (посадки деревьев, кустарников), рисунок 92. Обычные городские посадки из отдельно стоящих деревьев шумозащитным эффектом не обладают.

Но таким эффектом обладают шумозащитные полосы зеленых насаждений. Расстояние между деревьями в полосе должно быть не более 4 м, высота деревьев не менее 5 - 8 м, кустарника не менее 2 м. Посадка деревьев может быть рядовая или шахматная, причем все подкroновое пространство должно быть полностью заполнено кустарником без просветов. На каждом участке территории может быть устроена одна или несколько таких полос, разделенных воздушными промежутками.

В общем случае их влияние зависит от ширины полосы зеленых насаждений, ее плотности, дендрологического состава и др. факторов. При расчетах целесообразно пользоваться постоянной затухания звука в зеленых насаждениях, показывающей величину затухания на единицу ширины зеленой полосы.

Согласно экспериментальным данным, постоянная затухания звука лежит в пределах от 0,02 до 0,15 дБ/м и лишь при особо густых посадках большой ширины может достигать до 0,35 дБ/м. Исследования показали, что дополнительная, по сравнению со случаем открытой территории, акустическая эффективность плотных полос зеленых насаждений при ширине полосы 20-40 м, высоте деревьев 5-12 м составляет 2-5 дБ, при ширине полосы 100-140 м она достигает до 8-9 дБ. Дальнейший прирост снижения шума не пропорционален ширине полосы. Это объясняется тем, что поглощающий эффект зеленых насаждений наиболее выражен на частотах выше 1000 Гц, а уровни транспортных потоков на этих частотах значительно меньше, чем на низких частотах. Затухание звука на этих частотах обусловлено в основном рассеянием и поглощением звука листьями, ветками и стволами деревьев. В диапазоне 200-400 Гц происходит некоторое снижение уровней звука вследствие интерференции прямого и отраженного звука.

При посадке деревьев с плотным примыканием крон и заполнением подкroнового пространства кустарником снижение шума зелеными насаждениями можно рассчитывать по формуле:

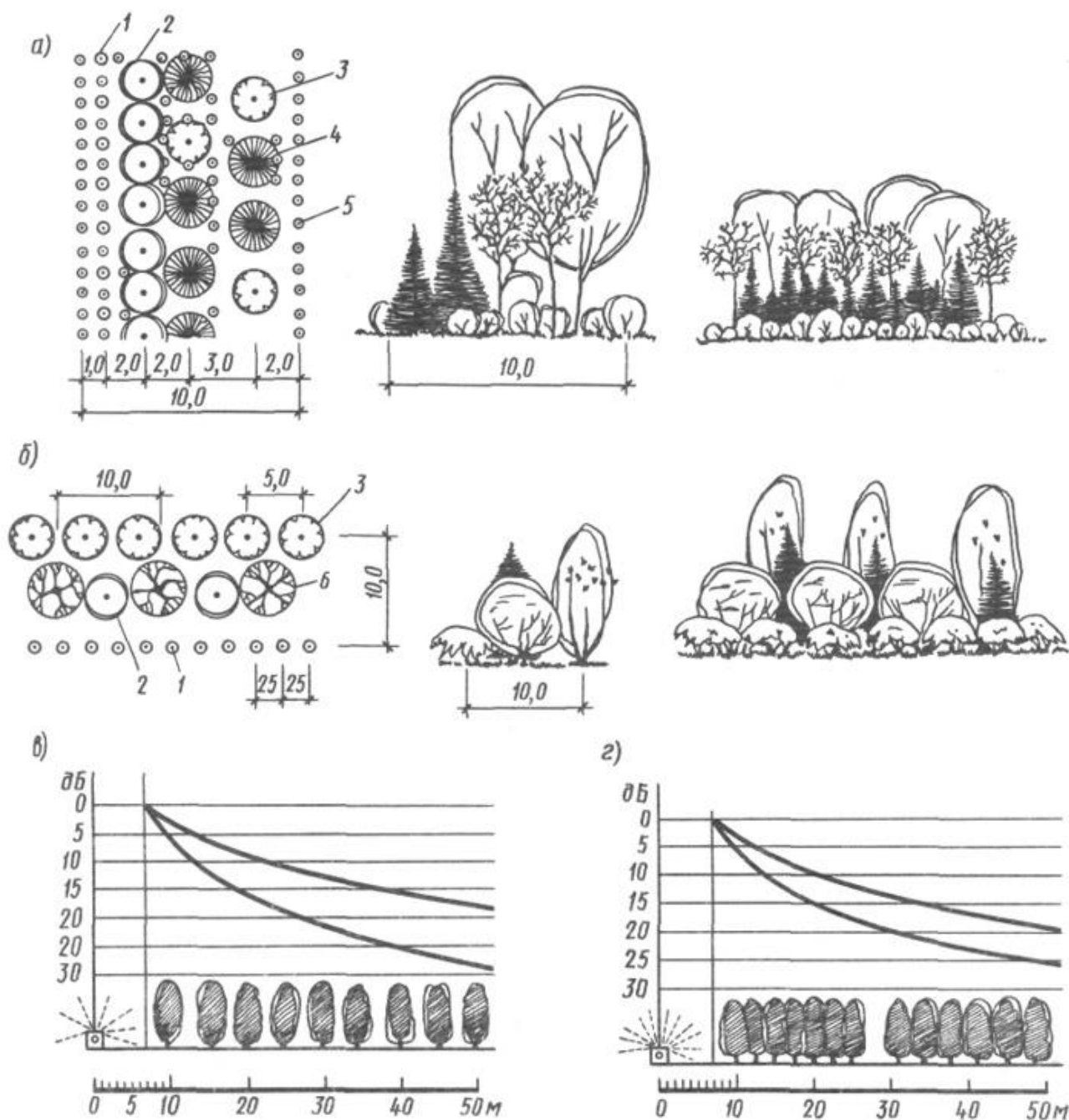


Рис. 92. Шумозащитные посадки зеленых насаждений: а – пример плотных шумозащитных посадок смешанного типа; б – пример посадок на улице для защиты от транспортного шума; в – влияние на снижение шума полосы зеленых насаждений, состоящей из нескольких рядов, с разрывами между ними; г – то же, из рядов со смыкающимися кронами; 1 – кустарники высокие; 2 – хвойные деревья низкорослые; 3 – лиственные деревья высокорослые; 4 – хвойные деревья средней высоты и высокорослые; 5 – кустарники низкие; б – лиственные деревья средней высоты.

$$\Delta L_{\text{зел.}} = \alpha_{\text{зел.}} B, \quad (96)$$

где: $\alpha_{\text{зел.}}$ – постоянная затухания звука в зеленых насаждениях. При отсутствии точных данных принимают среднюю величину $\alpha_{\text{зел.}} = 0,08 \text{ дБ/м}$.

Эта формула справедлива при ширине полосы не более 100 м. При большей ширине полосы дальнейшее увеличение $\Delta L_{\text{зел.}}$ значительно замедляется и носит неопределенный характер.

При проектировании шумозащитной полосы зеленых насаждений следует учитывать быстроту роста, высоту, долговечность, форму и плотность кроны, устойчивость по отношению к выхлопным газам. Применяемые древесно-кустарниковые растения по размерам делятся на:

- деревья первой величины (высота свыше 20 м, диаметр кроны 10-15 м). К ним относятся: береза пушистая, дуб, клен остролистный, лиственница сибирская, пихта сибирская, ель, сосна, тополь, осина, липа крупнолистная, ива серебристая;
- деревья второй величины (высота 10-20 м, диаметр кроны 5-8 м). Это клен полевой, ольха серая, ива ломкая, каштан конский;
- деревья третьей величины (высота 5-10 м, диаметр кроны 3-5 м). Это клен татарский, рябина обыкновенная;
- деревья четвертой величины (высота 2-5 м, диаметр кроны 1-3 м). К этой группе относятся рябина лучнистая, боярышник обыкновенный, черемуха виргинская, туя западная.

Из кустарников применяют крупные кустарники (высота 4-9 м, диаметр 2-5 м) – акация желтая, бирючина, жимолость, сирень, калина, лох, бересклет, а также средние кустарники (высота 1-3 м, диаметр 2-5 м) – смородина золотистая, кизильник, чубушник, таволга.

Быстрорастущие породы деревьев (тополь, береза, ива и др.) менее долговечны, чем медленно растущие (дуб, липа, клен и др.).

Следует учитывать, что в холодное время года лиственные деревья сбрасывают листву и их шумозащитный эффект уменьшается до нуля. Посадки хвойных пород деревьев эффективно снижают шум в течение всего года. Поэтому целесообразно вводить в шумозащитные полосы хвойные породы деревьев. Однако следует учитывать, что в городских условиях они часто плохо растут и поэтому их применение ограничено.

При проектировании следует стремиться к тому, чтобы высота деревьев была на 1,5-2 м и более выше линии, соединяющей акустический центр транспортного потока с расчетной точкой на уровне середины окон последнего этажа защищаемого от шума здания.

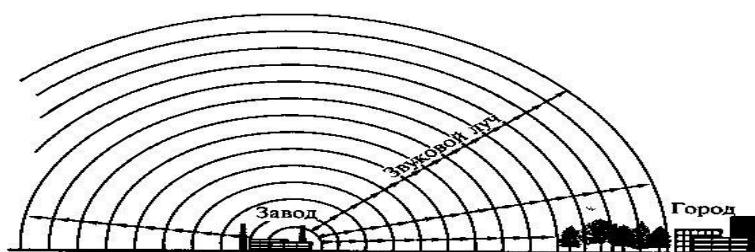
В условиях сложившейся городской застройки шумозащитные полосы зеленых насаждений практически неприменимы. Однако при проектировании или реконструкции скоростных дорог, особенно в загородной зоне, такие посадки могут широко применяться. Почва в районе зеленой полосы

должна быть покрыта густой травой. Это будет способствовать дополнительному поглощению звука в приземном слое.

При необходимости, организации проходов в полосах зеленых насаждений эти проходы должны проектироваться под острым углом к транспортной магистрали для уменьшения проникания шума в застройку.

При проектировании полос зеленых насаждений следует также учитывать, что они частично поглощают вредные выхлопные газы автомобилей и создают дополнительный психологический эффект приглушения шума.

4.10 Определение шумозащитной зоны предприятия



Методика расчета санитарно-защитной зоны промышленного предприятия. Определение границ санитарно-защитной зоны промышленного предприятия по уровню шума:

1. Определение границ санитарно-защитной зоны (СЗЗ) промышленного предприятия производится первоначально расчетным путем на стадии проектирования, а в последствии границы СЗЗ уточняются путем измерения уровня шума.

2. При расчетном определении границ СЗЗ должны быть учтены все источники шума, оказывающие влияние на население в зоне расположения предприятия: соседние предприятия, автомагистрали и другие источники шума наземного транспорта и т. д.

3. Для санитарно-эпидемиологической экспертизы СЗЗ заявителем должны быть представлены следующие материалы: характеристика источников шума и режимы работы производящего шум оборудования, а также других источников шума, которые должны учитываться при разработке СЗЗ. Характеристика должна включать все сведения, необходимые для расчета СЗЗ; характеристика территории, для которой разрабатывается СЗЗ, с описанием граничащих с ней территорий; результаты расчетов СЗЗ с описанием границы СЗЗ; результаты измерений уровня шума, проведенных для уточнения границы СЗЗ; ситуационный план в масштабе 1:500-1:2000 с нанесенной границей СЗЗ.

4. При изменении характеристик источников шума предприятия в сторону увеличения

интенсивности границы СЗЗ подлежат пересмотру с последующей экспертизой.

5. Для проведения измерений уровня шума с целью уточнения границ СЗЗ по результатам расчетов выбираются точки с наиболее критичными значениями уровня шума, то есть с потенциально наиболее выраженным неблагоприятным влиянием на территорию жилой застройки – существующей или планируемой. Первое измерение проводится на расчетной границе СЗЗ, а последующие в направлении к территории жилой застройки или от нее в зависимости от результатов первого измерения.

6. Во время измерений оборудование, являющееся источником шума, должно работать на полной мощности в соответствии с технологией. Необходимо учитывать генерацию шума и другими источниками, в т.ч. транспортом.

7. Уточненная граница СЗЗ должна соответствовать точкам на местности с уровнем шума, равным допустимому значению. Граница СЗЗ между точками, где проводились измерения, корректируется путем интерполяции с пропорциональным смещением расчетной границы в соответствии с результатами измерений. Измерения уровней шума рекомендуется проводить в зимнее и летнее время. В качестве границы СЗЗ выбирается наибольшее расстояние от предприятия до точки с допустимым уровнем шума.

В рассматриваемой методике дается общий подход к расчету ожидаемых уровней шума на селитебной территории при работе различного количества источников шума на самом предприятии.

Методика рассматривает определение положения границы санитарно-защитной зоны (СЗЗ) по фактору шума вокруг предприятия в соответствии с гигиеническими нормативами (ГН) для территорий жилой застройки.

Для решения этой задачи используется система координат, включающая всю потенциальную площадь СЗЗ, в т.ч., площадь самого предприятия и прилегающую к нему селитебную территорию.

В этом случае заданными являются фактические шумовые характеристики и координаты источников шума предприятия, а также ГН по шуму для селитебной территории. Искомой величиной являются координаты границы СЗЗ.

В соответствии с методикой размер и форму СЗЗ предприятия предполагается определять по результатам расчетов октавных уровней звукового давления и уровней звука в дБА с учетом экранирования зданиями и сооружениями, размещенными на территории предприятия вокруг него, по выбранной координатной сетке и последующего автоматического построения линий заданного уровня шума по всей рассматриваемой территории.

При осуществлении расчета по формуле (98) методики определяется также превышение над нормативной величиной уровней шума для любой выбранной на территории жилого массива расчетной точки во всем нормируемом диапазоне частот, а также в дБА.

В соответствии с методикой предусматривается осуществлять выбор средств шумоглушения и последующую корректировку уровней звуковой

мощности принятых источников шума за счет выбранных средств шумоглушения, проведение повторного расчета уровней шума и вычерчивание размера и формы СЗЗ предприятия после выполненных мероприятий.

Уровень звукового давления $L(i)$, дБ от 1-ого источника шума в любой точке на рассматриваемой территории рассчитывается по формуле (Борьба с шумом на производстве. Справочник Под ред. Е. Я. Юдина. М.: Машиностроение, 1985.) для каждой из октавных полос:

$$L_i = L_{pi} K \lg([\Phi_1/r_1^2 + (1-\alpha)\Phi_2/r_2^2]/\Omega) \cdot (1/2) - \beta_\alpha r_1 / 1000 + \Delta L(D) - \Delta L(H) - \Delta L(B) - \Delta L(F) \quad (97)$$

где: L_{pi} – октавный уровень звуковой мощности источника шума, дБ, расположенного на промплощадке. K – безразмерный коэффициент. K – принимает значение, равное 20, для точечных источников шума (в соответствии с зависимостью, описанной формулой (11) в СНиП 23-03-2003).

K – принимает значение, равное 15, для протяженных источников шума ограниченного размера (в соответствии с зависимостью, описанной формулой (12) в СНиП 23-03-2003).

r_1 – расстояние в метрах между источником шума и расчетной точкой, рассчитанное по формуле:

$$r_1 = \sqrt{(X_{(i)} - X_{(pm)})^2 + (Y_{(i)} - Y_{(pm)})^2 + (Z_{(i)} - Z_{(pm)})^2} \quad (98)$$

где: $X_{(i)}$, $Y_{(i)}$, $Z_{(i)}$ – координаты источника шума по осям X , Y , Z в метрах; $X_{(pm)}$, $Y_{(pm)}$, $Z_{(pm)}$ – координаты расчетной точки по осям X , Y , Z в метрах.

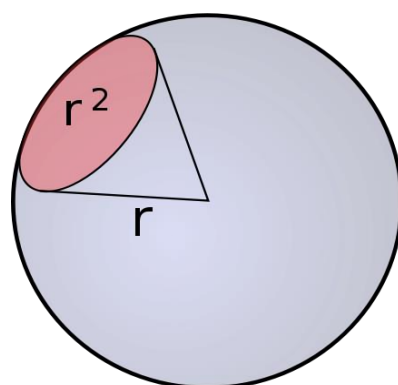
r_2 – расстояние (м) между зеркальным изображением источника шума при отражении от поверхности земли и расчетной точкой, рассчитанное по формуле:

$$r_2 = \sqrt{(X_{(i)} - X_{(pm)})^2 + (Y_{(i)} - Y_{(pm)})^2 + (Z_{(i)} - Z_{(pm)})^2} \quad (99)$$

$\Omega = 4\pi$ – полный пространственный угол в стерadianах, рисунок 93;

Телесный угол - часть пространства, рисунок 94, которая является объединением всех лучей, выходящих из данной точки (*вершины* угла) и пересекающих некоторую поверхность (которая называется поверхностью, *стягивающей* данный телесный угол). Частными случаями телесного угла являются трёхгранные и многогранные углы. Границей телесного угла является некоторая коническая поверхность. Обозначается телесный угол обычно буквой Ω .

Телесный угол измеряется отношением площади той части сферы с центром в вершине угла, которая вырезается этим телесным углом, к квадрату радиуса сферы:



$$\Omega = S/R^2$$

Рис. 93. Стерadian

Телесные углы измеряются отвлечёнными (безразмерными) величинами.

Единицей измерения телесного угла в системе СИ является стерadian, равный телесному углу, вырезающему из сферы радиуса r поверхность с площадью r^2 . Полная сфера образует телесный угол, равный 4π стерadian (полный телесный угол), для вершины, расположенной внутри сферы, в частности, для центра сферы; таким же является телесный угол, под которым видна любая замкнутая поверхность из точки, полностью охватываемой этой поверхностью, но не принадлежащей ей.

Кроме стерadianов, телесный угол может измеряться в квадратных градусах, квадратных минутах и квадратных секундах, а также в долях полного телесного угла. Двойственный телесный угол к данному телесному углу Ω определяется как угол, состоящий из лучей, образующих с любым лучом угла Ω неострый угол, таблица 49.

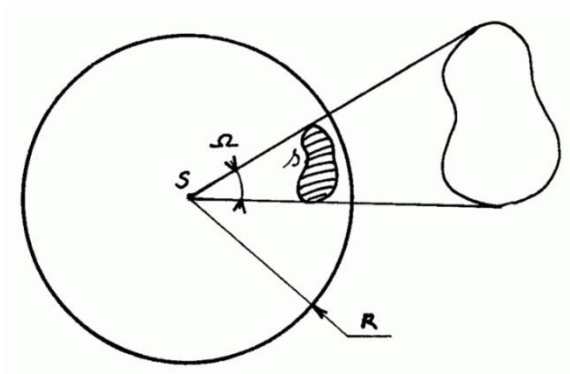


Рис. 94. Телесный угол

Таблица 49

Коэффициенты пересчёта единиц телесного угла

Ω	Стерadian	Кв. градус	Кв. минута	Кв. секунда	Полный угол
1 стерадиан =	1	$(180/\pi)^2 \approx 3282,806$ кв. градусов	$(180 \times 60/\pi)^2 \approx 1,1818103 \cdot 10^7$ кв. минут	$(180 \times 60 \times 60/\pi)^2 \approx 4,254517 \cdot 10^{10}$ кв. секунд	$1/4\pi \approx 0,07957747$ полного угла
1 кв. градус =	$(\pi/180)^2 \approx 3,0461742 \cdot 10^{-4}$ стерадиан	1	$60^2 = 3600$ кв. минут	$(60 \times 60)^2 = 12\,960\,000$ кв. секунд	$\pi/(2 \times 180)^2 \approx 2,424068 \cdot 10^{-5}$ полного угла
1 кв. минута =	$(\pi/(180 \times 60))^2 \approx 8,461595 \cdot 10^{-8}$ стерадиан	$1/60^2 \approx 2,7777778 \cdot 10^{-4}$ кв. градусов	1	$60^2 = 3600$ кв. секунд	$\pi/(2 \times 180 \times 60)^2 \approx 6,73352335 \cdot 10^{-9}$ полного угла
1 кв. секунда =	$(\pi/(180 \times 60 \times 60))^2 \approx 2,35044305 \cdot 10^{-11}$ стерадиан	$1/(60 \times 60)^2 \approx 7,71604938 \cdot 10^{-8}$ кв. градусов	$1/60^2 \approx 2,7777778 \cdot 10^{-4}$ кв. минут	1	$\pi/(2 \times 180 \times 60 \times 60)^2 \approx 1,87042315 \cdot 10^{-12}$ полного угла
Полный угол =	$4\pi \approx 12,5663706$ стерадиан	$(2 \times 180)^2/\pi \approx 41252,96125$ кв. градусов	$(2 \times 180 \times 60)^2/\pi \approx 1,48511066 \cdot 10^8$ кв. минут	$(2 \times 180 \times 60 \times 60)^2/\pi \approx 5,34638378 \cdot 10^{11}$ кв. секунд	1

α – октавный коэффициент звукопоглощения поверхности земли – принимается равным 0,1 – для твердых поверхностей (асфальт, бетон) и 0,3 – для травяного и снежного покрова.

β_α – октавный коэффициент затухания звука в атмосфере на 1 км. Его величина определяется в зависимости от частоты, таблица 50:

Таблица 50

Октавный коэффициент затухания звука в атмосфере на 1 км

Среднегеометрическая частота в октавных полосах, Гц	31,5	63	125	250	512	1000	2000	4000	8000
β_α , дБ/км*	0	0	0,7	1,5	3,0	6,0	12,0	24,0	48,0

* в соответствии со СНиП 23-03-2003

Φ_1 , Φ_2 – коэффициенты направленности излучения источника шума и его зеркального отражения, рисунок 95, соответственно. Для ненаправленных источников шума значения Φ_1 и Φ_2 равны, рисунок 96. В первом приближении считается, что ненаправленные источники шума одинаково излучают звук в любом направлении.

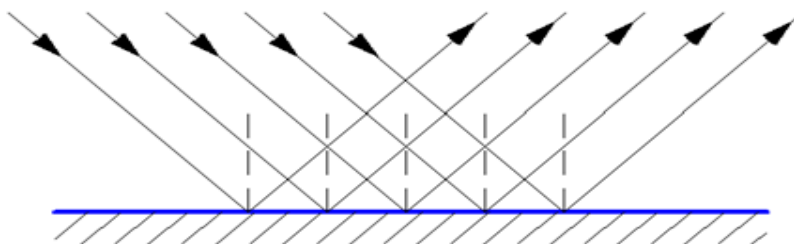


Рис. 95. Зеркальное отражение

Рабочей областью ненаправленного источника шума является сфера, а его диаграмма направленности представляет собой окружность, как это показано на рисунок 94 а. Двусторонне направленные источники шума обладают одинаковым действием как с фронтальной, так и с тыльной стороны. Диаграмма направленности напоминает цифру восемь, рисунок 94 б.

Односторонне направленные источники шума излучают только с фронтального направления. Их диаграмма направленности представляет собой кривую, носящую название «кардиоида» и действительно напоминающую сердечко, рисунок 96 в. Кроме направленных источников шума, существуют еще и остронаправленные. На рисунке 96 г, показана диаграмма направленности такого источника, описываемая суперкардиоидой.

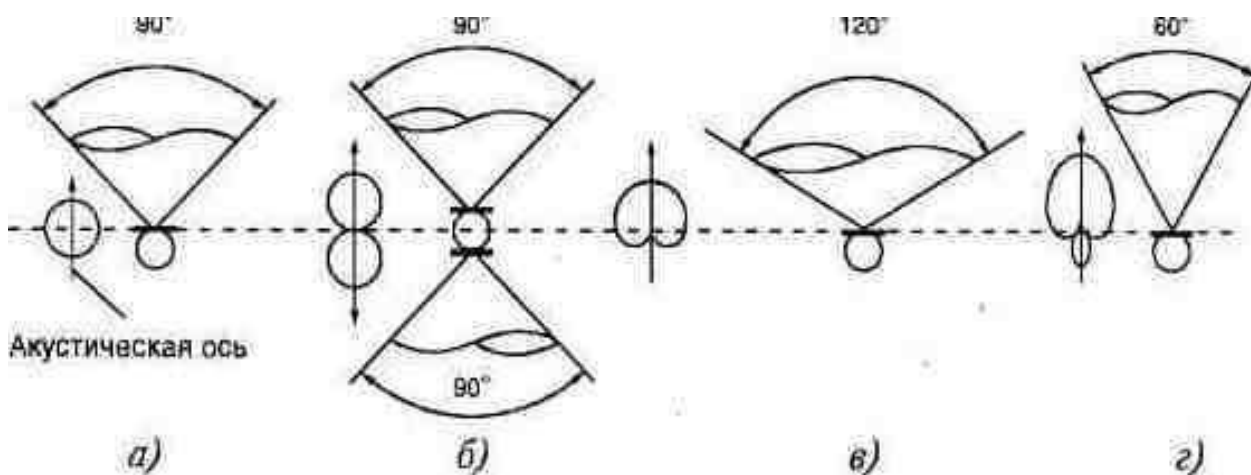


Рис. 96. Виды характеристик направленности источников шума

1. Для направленных источников шума Φ_1 и Φ_2 определяются по данным технической документации на оборудование. $\Delta L(B)$ – снижение шума в дБ

экранами при расположении их между источником шума и расчетной точкой рассчитывается по формуле:

$$\begin{aligned}\Delta L &= 20 \lg[\sqrt{2\pi N} / \operatorname{th} \sqrt{2\pi N}] + 5, \\ N &= 2\delta/\lambda; \\ \delta &= a + b - d;\end{aligned}\quad (100)$$

где: $a + b$ – длина кратчайшего пути от источника S в точку наблюдения P , проходящего через верхнюю кромку экрана, м; d – расстояние между ними по прямой линии, м, рисунок 97;

th – тангенс гиперболический выражения $\sqrt{2\pi N}$; λ – длина волны звука на средней частоте октавной полосы, м.

$\Delta L(F)$ – ослабление уровня звука полосой зеленых насаждений или лесным массивом с высотой деревьев не менее 5 м – рассчитывается по формуле:

$$\Delta L(F) = \beta \left(\sqrt[3]{\frac{f}{8}} \right) \cdot l \quad (101)$$

где: β – снижение уровня звука на 1 м ширины лесополосы принимается следующим, таблица 51.

Таблица 51

Снижение уровня звука на 1 м ширины лесополосы

$\beta, \text{дБ/м}$	Тип лесополосы
0,08	Для декоративных лесополос с густой, крупной листвой
0,25	Для плотных лесополос
0,4	Для специальных шумозащитных лесополос с плотным смыканием крон деревьев и заполнением подкронового пространства кустарником

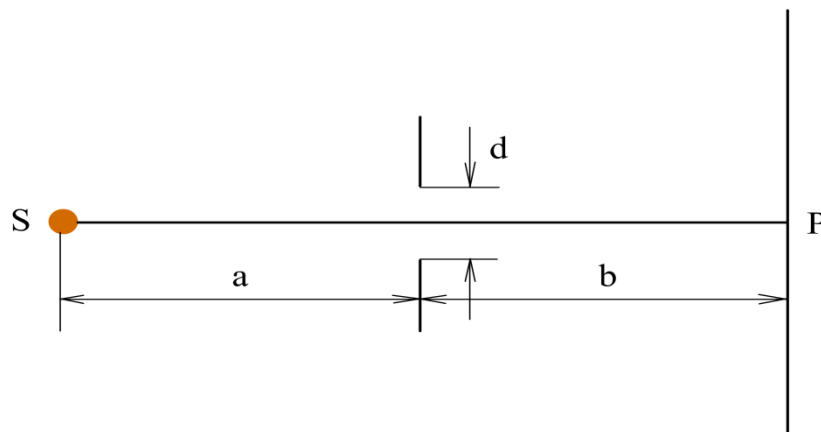


Рис. 97. Наглядное пояснение выражения: $\delta = a + b - d$

f – средняя частота октавной полосы, Гц; l – протяженность (глубина) полосы зеленых насаждений или лесного массива на пути следования звука от источника шума до расчетной точки, м. $\Delta L(H)$ – поправка в дБ, учитывающая звукоизоляцию конструкции открытого окна жилых зданий, $\Delta L(H) = 10$ дБ. Поправка используется в тех случаях, когда расчетная точка располагается

внутри жилого (общественного) здания. $\Delta L(D)$ – поправка на вид покрытия, принимается по таблице 52.

Таблица 52

Значение поправок на вид покрытия $\Delta L(D)$

Вид покрытия	Величина поправки $-\Delta L(D)$, дБА
Литой и песчаный асфальтобетон	0
Мелкозернистый асфальтобетон	-1,5
Черный щебень	+1,0
Цементобетон	+2,0
Мостовая	+6,0

Расчет по формуле (97) выполняется для каждой октавной полосы в диапазоне частот от 63 до 8 000 Гц. Далее следует вычислить скорректированное значение, эквивалентный и, при необходимости, максимальный уровень звука. При вычислении скорректированного уровня в дБА, таблица 53, расчетные значения октавных уровней звуковой мощности суммируются, при этом к каждому из них прибавляется корректирующий коэффициент (k):

Таблица 53

Корректировка уровня в дБА

Частота, Гц	31,5	63	125	250	512	1000	2000	4000	8000
k, дБ	-39,4 ⁷	-26,2	-16,1	-8,6	-3,2	0	+1,2	+ 1	-1,1

Расчетные значения уровней звука и (или) звукового давления от разных источников звука в одной и той же точке на рассматриваемой территории суммируются.

Суммирование октавных уровней звукового давления $L_{(pt)}$ в точках на рассматриваемой территории от нескольких источников шума рассчитывается по формуле:

$$L_{(pt)} = 10 \lg \left(\sum_i^m 10^{0,1L(i)} \right) \quad (102)$$

где: $L(i)$ – октавный уровень звукового давления от «i» источника шума в расчетной точке на рассматриваемой территории, рассчитанный по формуле (99);

i – номер источника шума; m – количество источников шума.

7 Теперь к документам. Звук на этой полосе частот нормируется. См. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Но если говорить о методиках расчета шума в этой полосе, то их не существует. Есть документ в области стандартизации СП 51.13330.2011. В нем есть пункт 7.5, согласно которому расчет уровней звукового давления следует выполнять по ГОСТ 31295.2. В данном ГОСТе нет рекомендаций по расчету шума на частоте 31,5 Гц. Также следует отметить, что полоса частот 31,5 Гц не упоминается в ГОСТ 31295.1 и действующем ранее СНиП 23-03-2003.

Расчетная граница СЗЗ строится на плане рассматриваемой территории в соответствии с допустимыми значениями уровня звука и (или) звукового давления.

Если источник шума находится внутри здания, например, технологическое оборудование, расположенное внутри помещений цехов, то октавные уровни звуковой мощности шума, создаваемого им на промплощадке $L(p)$, определяются по формуле:

$$L(p) = L_{\text{пом}} + 10 \lg S - 3И - 6, \quad (103)$$

где: $L_{\text{пом}}$ – октавный уровень звукового давления в дБ внутри помещения у преграды, который определяется путем натурных измерений или расчетным путем; S – площадь рассматриваемого элемента преграды в м²; $3И$ – звукоизоляция воздушного шума в дБ ограждающей конструкции в октавной полосе частот, используются справочные данные, при этом принимается, что только 20 % оконных проемов в цехах (производственных корпусах) могут быть открыты, т. е. их звукоизоляция $3И = 0$.

Возможно также определение $3И$ путем измерений с использованием существующих методов. В случае отсутствия шумовых характеристик оборудования производится их расчет по имеющимся техническим характеристикам или по результатам натурных измерений.

Вопросы для самоконтроля

1. По каким результатам определяется размер и форма санитарно-защитной зоны (СЗЗ) предприятия? 2. Как строится граница санитарно-защитной зоны (СЗЗ) на плане?

Источники информации

1. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов» Утв. постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 25 сентября 2007 г. № 74. 32 с.
2. Контроль уровня шума на территории жилой застройки, в жилых и общественных зданиях и помещениях. Методические указания. МУК 4.3.2194-07. – М., 2007. – 16 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Предельно допустимые уровни звукового давления, уровни звука и эквивалентные уровни звука для основных наиболее типичных видов трудовой деятельности и рабочих мест

№ пп	Вид трудовой деятельности, рабочее место	Уровни звукового давления, <i>дБ</i> , в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, <i>Гц</i>									Уровни звука и эквивалентные уровни звука (в <i>дБА</i>)
		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1	Творческая деятельность, руководящая работа с повышенными требованиями, научная деятельность, конструирование и проектирование, программирование, преподавание и обучение, врачебная деятельность. Рабочие места в помещениях дирекции, проектно-конструкторских бюро, расчетчиков, программистов вычислительных машин, в лабораториях для теоретических работ и обработки данных, приема больных в здравпунктах	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50
2	Высококвалифицированная работа, требующая сосредоточенности, административно-управленческая деятельность, измерительные и аналитические работы в лабораториях; рабочие места в помещениях цехового управленческого аппарата, в рабочих комнатах конторских помещений, в лабораториях	93	79	70	68	58	55	52	52	49	60
3	Работа, выполняемая с часто получаемыми указаниями и акустическими сигналами; работа, требующая постоянного слухового контроля; операторская работа по точному графику с инструкцией; диспетчерская работа. Рабочие места в помещениях диспетчерской службы, кабинетах и помещениях наблюдения и дистанционного управления с речевой связью по телефону; машинописных бюро, на участках точной сборки, на телефонных и телеграфных станциях, в помещениях мастеров, в залах обработки информации на вычислительных машинах	96	83	74	68	63	60	57	55	54	65
4	Работа, требующая сосредоточенности; работа с повышенными требованиями к процессам наблюдения и дистанционного управления производственными циклами. Рабочие места за пультами в кабинетах наблюдения и дистанционного управления без речевой связи по телефону, в помещениях лабораторий с шумным оборудованием, в помещениях для размещения шумных агрегатов вычислительных машин	103	91	83	77	73	70	68	66	64	75
5	Выполнение всех видов работ (за исключением перечисленных в п.п. 1-4 и аналогичных им) на постоянных рабочих местах в производственных помещениях и на территории предприятий	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80
Подвижной состав железнодорожного транспорта											
6	Рабочие места в кабинетах машинистов тепловозов, электровозов, поездов метрополитена, дизель-поездов и автомотрис	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80
7	Рабочие места в кабинетах машинистов скоростных и пригородных электропоездов	103	91	83	77	73	70	68	66	64	75
8	Помещения для персонала вагонов поездов дальнего следования, служебных помещений, рефрижераторных секций, вагонов электростанций, помещений для отдыха багажных и почтовых отделений	93	79	70	63	58	55	52	50	49	60
9	Служебные помещения багажных и почтовых вагонов, вагонов-ресторанов	100	87	79	72	68	65	63	61	59	70
Морские, речные, рыбопромысловые и др. суда											
10	Рабочая зона в помещениях энергетического отделения судов с постоянной вахтой (помещения, в которых установлена главная энергетическая установка, котлы, двигатели и механизмы, вырабатывающие энергию и обеспечивающие работу различных систем и устройств)	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80
11	Рабочие зоны в центральных постах управления (ЦПУ) судов (звукоизолированные), помещениях, выделенных из энергетического отделения, в которых установлены контрольные приборы, средства индикации, органы управления главной энергетической установкой и вспомогательными механизмами	96	83	74	68	63	60	57	55	54	65
12	Рабочие зоны в служебных помещениях судов (рулевые, штурманские, багермейстерские рубки, радиорубки и др.)	89	75	66	59	54	50	47	45	44	55
13	Производственно-технологические помещения на судах рыбной промышленности (помещения для переработки объектов промысла рыбы, морепродуктов и пр.)	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80
Автобусы, грузовые, легковые и специальные автомобили											
14	Рабочие места водителей и обслуживающего персонала грузовых автомобилей	100	87	79	72	68	65	63	61	59	70
15	Рабочие места водителей и обслуживающего персонала (пассажиров) легковых автомобилей и автобусов	93	79	70	63	58	55	52	50	49	60
Сельскохозяйственные машины и оборудование, строительно-дорожные, мелиоративные и др. аналогичные виды машин											
16	Рабочие места водителей и обслуживающего персонала тракторов, самоходных шасси, прицепных и навесных сельскохозяйственных машин, строительно-дорожных и др. аналогичных машин	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80
Пассажирские и транспортные самолеты и вертолеты											
17	Рабочие места в кабинетах и салонах самолетов и вертолетов: допустимые	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80
	Оптимальные	96	83	74	68	63	60	57	55	54	65

Примечания. 1. Допускается в отраслевой документации устанавливать более жесткие нормы для отдельных видов трудовой деятельности с учетом напряженности и тяжести труда в соответствии с табл. 1. 2. Запрещается даже кратковременное пребывание в зонах с уровнями звукового давления свыше 135 дБ в любой октавной полосе

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Допустимые уровни звукового давления, уровни звука, эквивалентные и максимальные уровни звука проникающего шума в помещениях жилых и общественных зданий и шума на территории жилой застройки

№ пп	Вид трудовой деятельности, рабочее место	Время суток	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц										Уровни звука и эквивалентные уровни звука (в дБА)	Максимальные уровни звуча LАmax, дБА
			31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
1	Палаты больниц и санаториев, операционные больниц	с 7 до 23 ч.	76	59	48	40	34	30	27	25	23	35	50	
		с 23 до 7 ч.	69	51	39	31	24	20	17	14	13	25	40	
2	Кабинеты врачей поликлиник, амбулаторий, диспансеров, больниц, санаториев		76	59	48	40	34	30	27	25	23	35	50	
3	Классные помещения, учебные кабинеты, учительские комнаты, аудитории школ и других учебных заведений, конференцзалы, читальные залы библиотек		79	63	52	45	39	35	32	30	28	40	55	
4	Жилые комнаты квартир, жилые помещения домов отдыха, пансионатов, домов-интернатов для престарелых и инвалидов, спальные помещения в детских дошкольных учреждениях и школах-интернатах	с 7 до 23 ч.	79	63	52	45	39	35	32	30	28	40	55	
		с 23 до 7 ч.	72	55	44	35	29	25	22	20	18	30	45	
5	Номера гостиниц и жилые комнаты общежитий	с 7 до 23 ч.	83	67	57	49	44	40	37	35	33	45	60	
		с 23 до 7 ч.	76	59	48	40	34	30	27	25	23	35	50	
6	Залы кафе, ресторанов, столовых		90	75	66	59	54	50	47	45	44	55	70	
7	Торговые залы магазинов, пассажирские залы аэропортов и вокзалов, приемные пункты предприятий бытового обслуживания		93	79	70	63	59	55	53	51	49	60	75	
8	Территории, непосредственно прилегающие к зданиям больниц и санаториев	с 7 до 23 ч.	83	67	57	49	44	40	37	35	33	45	60	
		с 23 до 7 ч.	76	59	48	40	34	30	27	25	23	35	50	

9 Территории, непосредственно прилегающие к жилым домам, зданиям поликлиник, зданиям амбулаторий, диспансеров, домов отдыха, пансионатов, домов-интернатов для престарелых и инвалидов, детских дошкольных учреждений, школ и других учебных заведений, библиотек	с 7 до 23 ч.	90	75	66	59	54	50	47	45	44	55	70
	с 23 до 7 ч.	83	67	57	49	44	40	37	35	33	45	60
10 Территории, непосредственно прилегающие к зданиям гостиниц и общежитий	с 7 до 23 ч.	93	79	70	63	59	55	53	51	49	60	75
	с 23 до 7 ч.	86	71	61	54	49	45	42	40	39	50	65
11 Площадки отдыха на территории больниц и санаториев		76	59	48	40	34	30	27	25	23	35	50
12 Площадки отдыха на территории микрорайонов и групп жилых домов, домов отдыха, пансионатов, домов-интернатов для престарелых и инвалидов, площадки детских дошкольных учреждений, школ и др. учебных заведений		83	67	57	49	44	40	37	35	3		

ПРИЛОЖЕНИЕ 3.1.

ПРОТОКОЛ ПРОВЕДЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ

1. Место проведения измерений .

2. Средства измерений и аппаратура Шумомер

3. Сведения о государственной поверке

.....

.....

.....

(дата и номер свидетельства (справки))

4. Нормативно-техническая документация, в соответствии с которой проводились измерения СН 2.2.4/2.1.8.562-96 “Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки»; ГОСТ 12.1.036-81

5. Основные источники шума, характер шума, создаваемого ими в помещении электродвигатель приводящий в движение шнек экструдера
6. Время, в течение которого проводилось измерение 40 минут

7. Эскиз помещения (территории) с нанесением источников шума и указанием стрелками мест установки и ориентации микрофонов. Порядковые номера точек измерений.37,38, 24, 17, 22, 9, 1, 2, 3, 5, 7, 14, 13,12,11, 17/18, 27, 21, 42, 33

8. Организация, проводившая измерения санитарная лаборатория предприятия ОАО «Ижевский завод пластмасс»

9. Ф. И. О. ответственного за проведение измерений или проводившего измерение

.....

.....

10. Результаты измерения и расчета по форме 1 превышение ПДУ

Форма 1

РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЯ ШУМА

№	Место	Характер шума				Уровни звукового давления в дБ и октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровень звука (эквивалентный уровень звука), дБА	Максимальный уровень звука, дБА, дБА I	Допустимые значения (ПС или дБА по норме)
		постоянный	колеблющийся	прерывистый	импульсный	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000			
1																	
2																	
3																	
4																	
5																	
6																	
7																	
8																	
9																	
10																	
11																	
12																	
13																	
14																	
15																	
16																	
17																	
18																	

Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека
Федеральное Бюджетное Учреждение Здравоохранения

**ЦЕНТР ГИГИЕНЫ ЭПИДЕМИОЛОГИИ В КРАСНОДАРСКОМ КРАЕ
АККРЕДИТОВАННЫЙ ИСПЫТАТЕЛЬНЫЙ ЛАБОРАТОРНЫЙ ЦЕНТР**

Юридический адрес: 350000, Краснодарский край,
г. Краснодар ул. Гоголя/Рашпилевская, 56/1/61/1
Телефон/факс (861) 267 - 34 – 02, 267-33-98
E.mail: gorses@mail.kuban.ru
Адрес отделения: 350002, Краснодарский край,
ул. Леваневского, 35, телефон/факс 255-68-39

Аттестат аккредитации
№ PA.RU. 510840 от 04.08.2015 года.

Утверждаю
Руководитель ИЛЦ



ПРОТОКОЛ ИЗМЕРЕНИЙ №843/08-Д

шума

от 14 апреля 2017 г.

- 1 Дата и время проведения измерений: с 22-00 час. 13.04.2017 г.
- 2 Наименование объекта и адрес места, где проводились измерения: г. Краснодар, ул. Буденного, 129, кв. №301, жилая комната, территория
- 3 Цель проведения измерений: заявление генерального директора ОАО «Кубаньстройкомплекс» Чикало С.И.
ИНН/КПП 2308172207/230801001 ОГРН 1102312018159 (вх. №3324 от 29.03.2017 г.)
- 4 Измерения проводились в присутствии: представителя заказчика – главного специалиста ОКСа ОАО «Кубаньстройкомплекс» Романовой Н.А., жильца кв. №301 Одольской Д.Д.
- 5 Средства измерения:

Наименование средства измерения	Заводской номер	Свидетельство о поверке		Поверен до
		номер	дата	
Шумомер-вибромметр, анализатор спектра ЭКОФИЗИКА 110А	АЭ131142	СП 1514712	25.11.2016г.	24.11.2017г.

- 6 Метод измерений: МУК 4.3.2194-07 «Контроль уровня шума на территории жилой застройки, в жилых и общественных зданиях и помещениях», ГОСТ 23337-2014 «Шум. Методы измерения на селитебной территории и в помещениях жилых и общественных зданий»
- 7 Нормативный документ: СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых и общественных зданий и на территории жилой застройки», СанПиН 2.1.2.2645-10 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям проживания в жилых зданиях и помещениях», СанПиН 2.1.2.2801-10 (изменения и дополнения 1 к СанПиН 2.1.2.2645-10)
- 8 Основные источники шума и характер шума: шум при работе силовых блоков кондиционирования «Panasonic». Шум постоянный, широкополосный.
- 9 Результаты измерений: Приложение № 1 на 1 листе.
- 10 Дополнительные сведения: Время работы источника шума – круглосуточно.
- 11 Мнения и толкования: От работы силовых блоков кондиционирования «Panasonic» в жилой комнате квартиры №301 дома № 129 по улице Буденного: уровни звука и звукового давления в октавных полосах частот не превышают допустимые, установленные СН 2.2.4/2.1.8.562-96, для дневного и ночного времени

Заведующий ЛФФНП

З.Ю. Нагороков

Общее количество страниц 3 в том числе 1 стр. приложений

Протокол является собственностью ФБУЗ «ЦЕНТР ГИГИЕНЫ И ЭПИДЕМИОЛОГИИ В КРАСНОДАРСКОМ КРАЕ» и не подлежит полному или частичному копированию

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Технические характеристики в режиме шумомера Алгоритм-111:

Измеряемое значение	Leq, Spl, SEL, LEPd, Lden, Статистика - Lp (L1-L99), LMax, LMin, Lpeak
Частотный диапазон	от 10 Гц до 20 000 Гц
Микрофон	АСО 7052Е фирмы АСО PACIFIC (Япония): ½” конденсаторный микрофон с поляризацией 0 В; чувствительность 35 мВ/Па; ёмкость 18 пФ; корпус и мембрана микрофона из титанового сплава
Диапазон измерений	15 дБА ÷ 123 дБА СКЗ (диапазон Нижний); 25 дБА ÷ 137 дБА СКЗ (диапазон Верхний); 25 дБА ÷ 123 дБА СКЗ (диапазон Нижний с отстройкой от порога собственного шума в 10 дБ); 35 дБА ÷ 137 дБА СКЗ (диапазон Верхний с отстройкой от порога собственного шума в 10 дБ).
Линейные рабочие диапазоны с отстройкой от уровня собственного шума 10 дБ	два диапазона 25 дБ СКЗ - 130 дБ СКЗ; 35 дБ СКЗ-140 дБ СКЗ
Динамический диапазон	110 дБ
Уровень собственного шума вместе с микрофоном 7052	< 15 дБА
Уровень собственного шума при измерении с электрическим эквивалентом микрофона	< 13 дБА
Общая погрешность при измерении в нормальных условиях	< 0,7 дБ
Частотные корректирующие характеристики (фильтры)	A, C, Z по ГОСТ 17187-2010 (IEC 61672-1:2002);
Тип СКЗ детектора	цифровой «истинный СКЗ» с разрешением 0,1 дБ, диапазон 999,9 дБ
Тип временного усреднения	линейное, экспоненциальное
Постоянные времени экспоненциального усреднения	Slow, Fast по ИСО 61672, Класс 1, ГОСТ 17187-2010 (IEC 61672-1:2002), Impuls по ИСО 60804, Класс 1
Постоянные времени линейного усреднения	- от 1 секунды до 24 часов с шагом 1 секунда; - до бесконечности - (Н/О).
Циклы временного усреднения (линейного и экспоненциального)	- от 1-го цикла до 1000 циклов; - бесконечное количество циклов - (Н/О).
Возможность когерентного усреднения	тип триггера: Фронт+, Фронт-, Порог+, Порог-, Градиент, внешний триггер

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

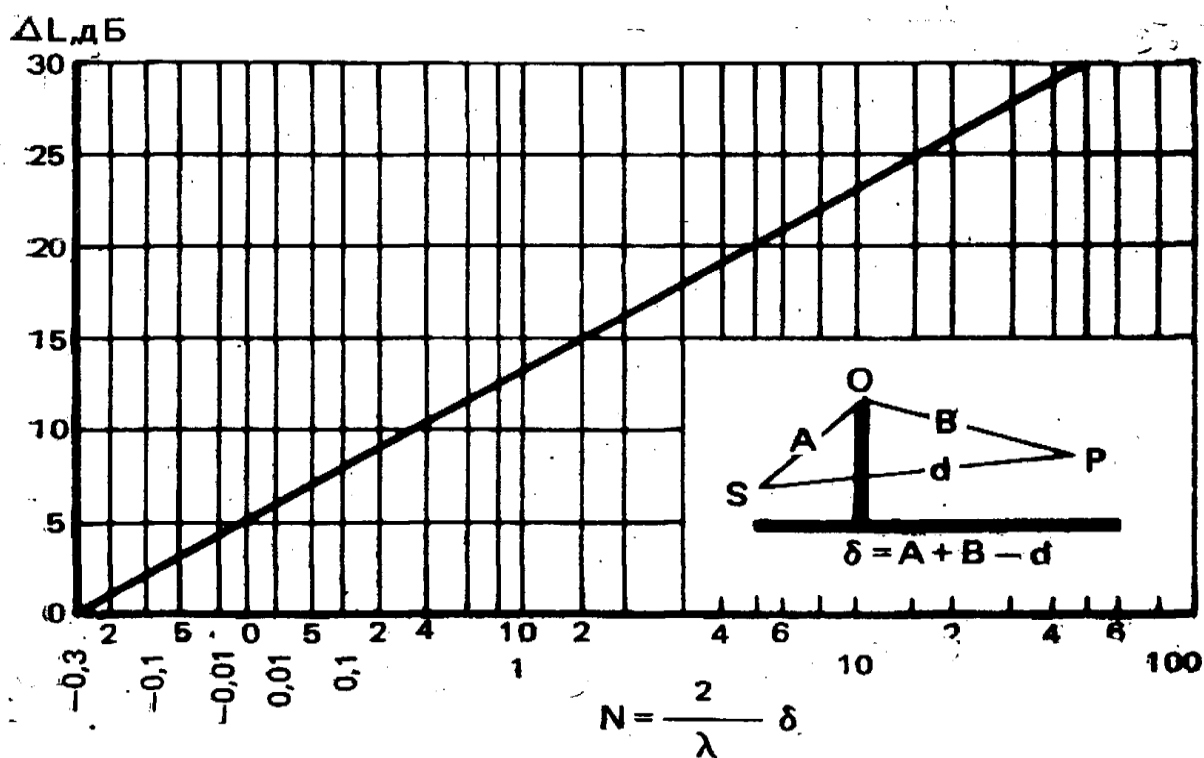
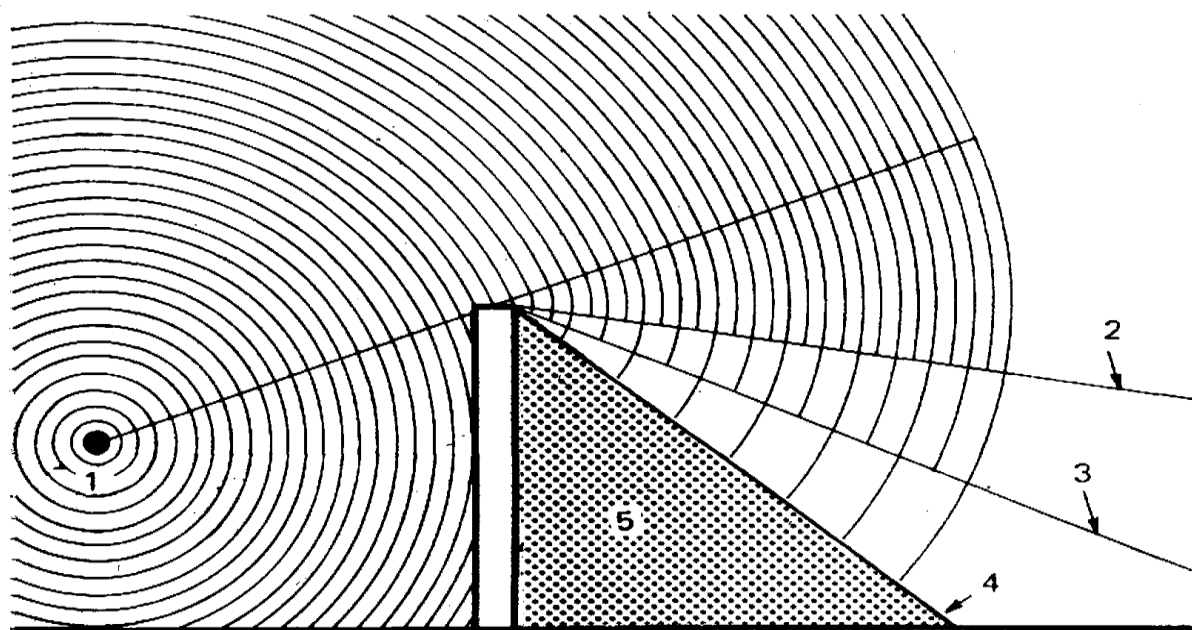
Технические характеристики шумомера Алгоритм-111 в режиме $1/1$ и $1/3$ октавного анализатора спектра:

Первичные преобразователи	Микрофон АСО 7052
$1/1$ октавные фильтры	Десять $1/1$ октавных фильтров реального времени с центральными частотами от 31,5 Гц до 16 кГц, по МЭК 61260:1995
$1/3$ октавные фильтры	Тридцать один $1/3$ октавный фильтр реального времени с центральными частотами от 20 Гц до 20 кГц, по МЭК 61260:1995 (1 класс)

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

Общие технические характеристики прибора Алгоритм-111:

Количество каналов	один
АЦП	частота дискретизации 48 кГц; глубина квантования 24 бита
Дисплей	цветной супер контрастный OLED дисплей, размер 96 x 96 точек
Память	встроенная до 16 мБ флеш память; внешняя микро SD или микро SDHC карта, поддерживаемый объём памяти до 16 ГБ
Порты и протоколы для коммуникации	мини USB
Питание	- четыре батарейки размера AAA (штатно); - четыре перезаряжаемых аккумулятора, размера AAA; - от компьютера через мини USB порт; - от сети 220В при подключении через сетевой адаптер постоянного тока 6В, 60 мА
Размер	232 мм x 52 мм x 20 мм (с микрофоном и предусилителем)
Вес	0,225 кг с батарейками, предусилителем и микрофоном



- 1 – источник; 2 – высокочастотный участок; 3 – среднечастотный участок;
4 – низкочастотный участок; 5 – звуковая тень

Таблица 1. Основные объективные и субъективные признаки инфразвукового воздействия и его градации по степени вредности, опасности и зонам риска здоровью

Зона риска	Частота, уровень звукового давления, экспозиция	Степень вредности и опасности	Эффект
I	Зона смертельных уровней		
	180 - 190	-	Действие смертельно (разрыв легочных альвеол)
II	Зона экстремальных эффектов		
	0 – 20 Гц, менее 140 – 150 дБ, 90 сек	4	Ощущение давления в среднем ухе
	50 – 100 Гц, свыше 154 дБ, 2 мин		Головная боль, удушье, кашель, затуманенное зрение, усталость, ощущение сильного давления за грудиной, слюнотечение, боль при глотании. Симптомы предела переносимости.
	100 Гц, дискретные частоты, 153 дБ, 2 мин		Тошнота, головокружение, дискомфорт, покраснение кожных покровов
	60 Гц, 157 дБ, 2 мин		Кашель, очень сильное давление за грудиной
	73 Гц, 150 дБ, 2 мин		Удушье, саливация, боль при глотании, головокружение
	0 – 150 Гц, до 145 дБ, 2 мин		Ощущение вибрации грудной клетки, сухость в полости рта, изменение ритма дыхания, общая слабость. Нереальные обманчивые ощущения ниже предела добровольной переносимости.
III	Зона высокого риска здоровью даже при периодических воздействиях		
	1 – 20 Гц, 140 – 150 дБ	3.4	При работе реактивных двигателей – сотрясание грудной клетки и брюшной полости, состояние, напоминающее морскую болезнь, развитие вестибулярных расстройств: статокINETических, сенсорных – головокружение, вегетативных – тошнота. При длительном воздействии развиваются астения, общая слабость, снижается умственная работоспособность, появляются раздражительность, нарушения сна, в некоторых случаях психические нарушения на почве беспокойства, тревоги.
IV	Зона высокого риска здоровью при кратковременном воздействии		
	2, 4, 6, 8, 16 Гц 134, 129, 126, 123 дБ, 15 мин	3.2 – 3.4	Субъективно отмечается сенсорно-соматовегетативный дискомфорт: тошнота, головокружение, давление и массаж барабанных перепонки, заложенность ушей, ознобоподобный тремор тела, «движение» в области кишечника и желудка; боли в области груди, висках, головные боли, чувство тяжести в затылке, боли в глазах. Чувство беспокойства, саливация жидкой слюной, преходящее онемение неба и кожи лица (по-видимому, сенсорно-коркового генеза).
			В целом признаки – синдром инфразвукового (гипоталамического, диэнцефального) криза. Объективные реакции: отоскопически – гиперемия барабанной перепонки; вестибулосоматически – снижение статокINETической устойчивости;

			вестибуловегетативные парасимпатические эффекты (снижение систолического артериального давления, частоты сердечных сокращений и др.); сильно выраженное снижение активации ЦНС по коэффициенту межполушарной асимметрии. Нарастание реакции со стороны слухового анализатора с повышением частоты воздействующего инфразвука, а со стороны вестибулярных, сенсорных и ЦНС – с понижением частоты.
	10 Гц, 135 дБ, 15 мин	3.4	Состояние резко выраженного сенсорномаговегетативного дискомфорта: головная боль, тяжесть в голове, головокружение, колебание и давление барабанной перепонки, ощущение колебания внутренних органов, сухость в полости рта, затруднение дыхания.
V	Зона выраженного прогрессирования риска здоровью		
	110 – 120 дБ	3.2 – 3.3	Воздействия, длительность которых не превышает нескольких минут, не вредны для здоровья. При более длительных воздействиях возможно формирование отдаленных эффектов со стороны вестибулярного и слухового анализаторов, других систем организма.
	2, 4, 6, 8, 16 Гц 110 дБ, 1 ч и 5 ч	3.2	Мешающее, раздражающее действия, умеренно выраженный инфразвуковой дискомфорт: сонливость, головная боль, «закладывание» ушей, давление в ушах, ощущение вибрации тела. Жалобы нарастают с уменьшением частоты инфразвука, который оказывает неблагоприятное влияние по многим физиологическим показателям. Достоверная корреляция между выраженностью субъективного восприятия, вегетативными, стабилметрическими и другими показателями функционального состояния организма.
VI	100 – 110 дБ	Зона умеренного риска нарушений здоровья, особенно при сочетанном действии с другими факторами	
	16 Гц, 105 дБ, 1 ч	3.1 – 3.2	Жалобы на раздражающее и мешающее действия (63% умеренное действие, 13% сильное действие), головокружение (20%), тошнота, раздражительность, сонливость (по 15% соответственно), свист в ушах, головная боль (по 10%). Объективно: снижение внимания, статокINETической устойчивости, урежение частоты сердечных сокращений, выраженное снижение функциональной активности ЦНС.
	8, 16 Гц, 100 дБ, 1 ч	3.1	Жалобы на першение в горле, кашель, шум и боли в ушах, ощущение «закладывания» ушей, вялость, сонливость, рассеянность. Не выявлено значимых сдвигов физиологических реакций.
	90 – 100 дБ	3.1	Кратковременные воздействия безвредны для здоровья, при круглосуточных воздействиях возможны появление жалоб, ощущение дискомфорта и др. Значительное увеличение частоты самопроизвольных аборт (от 11 до 17%) и осложнений беременности (8 – 22%) у молодых работниц при сочетанном действии фактора малой интенсивности: шум 75 дБ, инфразвук

			8 Гц 90 дБ
VII	Менее 90 дБ	Зона неясных, стертых, трудно обнаруживаемых эффектов	
		2	Не опасны для здоровья при изолированном кратковременном и длительном воздействии. Сочетанное воздействие с шумовибрационными факторами, а также нервно-эмоциональное напряжение могут существенно усилить негативное действие инфразвука.

Таблица 2. Данные переносимости низкочастотных акустических колебаний

Параметры инфразвука		Субъективное восприятие инфразвука
частота, Гц	уровень звукового давления, дБ	
0-50	До 145	Вибрация грудной стенки, сухость в полости рта, изменение ритма дыхания, утомление после воздействия, предел переносимости волонтеров превышался
50-100	До 154	Головная боль, удушье, кашель, нарушение зрения, усталость, достигал уровень переносимости для волонтеров
Дискретные частоты		Симптомы предела переносимости
100	При 153	Легкая тошнота, головокружение, подреберный дискомфорт, кожный зуд
60	При 154	Кашель, сильное за грудиной сдавление, утомление
73	При 150	Затрудненное дыхание, саливация, боль при глотании, головокружение

Таблица 1. Индексы приведенного уровня ударного шума

Наименование и расположение ограждающей конструкции	дБ (≥)	L _{nw} , дБ (≤)
Жилые здания		
1 Перекрытия между помещениями квартир и отделяющие помещения квартир от холлов, лестничных клеток и используемых чердачных помещений:	50	601)
2 Перекрытия между помещениями квартир и рас-положенными под ними магазинами:	57	432)
3 Перекрытия между комнатами в квартире в двух Уровнях	45	63
4 Перекрытия между жилыми помещениями Общежитий	50	60
5 Перекрытия между помещениями квартиры и расположенными под ними ресторанами, кафе, спортивными залами	55*	60 432)
6 Перекрытия между помещениями квартиры и расположенными под ними административными помещениями, офисами	50**	432)
7 Стены и перегородки между квартирами, между помещениями квартир и офисами; между помещениями квартир и лестничными клетками, холлами, коридорами, вестибюлями	50	-
8 Стены между помещениями квартир и магазинами:	55**	-
9 Стены и перегородки, отделяющие помещения квартир от ресторанов, кафе, спортивных залов:	55*	-
10 Перегородки между комнатами, между кухней и комнатой в квартире	43	
11 Перегородки между санузлом и комнатой одной квартиры	47	
12 Стены и перегородки между комнатами общежитий	48	-
13 Входные двери квартир, выходящие на лестничные клетки, в вестибюли и коридоры:	30	-
Административные здания, офисы		
20 Перекрытия между рабочими комнатами, кабинетами, секретариатами и отделяющие эти помещения от помещений общего пользования (вестибюли, холлы):	48	66
21 Перекрытия, отделяющие рабочие комнаты, кабинеты от помещений с источниками шума:	52	452)
Учебные заведения		
22 Перекрытия между классами, кабинетами, аудиториями и отделяющие эти помещения от помещений общего пользования (коридоры, вестибюли, холлы)	47	63
23 Перекрытия между музыкальными классами средних учебных заведений	55	58
24 Перекрытия между музыкальными классами высших учебных заведений	55	55
25 Стены и перегородки между классами, кабинетами и аудиториями и отделяющие эти помещения от помещений общего пользования	47	-
26 Стены и перегородки между музыкальными классами средних учебных заведений и отделяющие эти помещения от помещений общего пользования	55	-
27 Стены и перегородки между музыкальными классами высших учебных заведений	57	

Детские дошкольные учреждения		
28 Перекрытия между групповыми комнатами, спальнями	47	63
29 Перекрытия, отделяющие групповые комнаты, спальни от кухонь	51	63 432)
30 Стены и перегородки между групповыми комнатами, спальнями и между другими детскими комнатами	47	-
31 Стены и перегородки, отделяющие групповые комнаты, спальни от кухонь	51	-
1) Требования предъявляют также к передаче ударного шума в жилые помещения квартир при ударном воздействии на пол помещения смежной квартиры (в том числе и находящейся на том же этаже) 2) Требования предъявляют к передаче ударного шума в защищаемое от шу-ма помещение при ударном воздействии на пол помещения, являющегося источником шума *) В случае воспроизведения громкой музыки с уровнем звука ≥ 85 дБА величину R_{wtr}, дБ следует рассчитать **) При круглосуточной работе магазинов, ресторанов, кафе, административных помещений, офисов и т.д. следует к указанной в табл. величине L_{nw}, дБ, ввести поправку (+ 2дБ), а к указанной в табл. величине L_{nw}, дБ, ввести поправку (- 5 дБ)		

Учебное издание

**Пушин Константин Евгеньевич
Бухарина Ирина Леонидовна
Каверзнева Татьяна Тимофеевна
Гагарин Сергей Александрович**

ШУМ: ОПРЕДЕЛЕНИЕ. МЕТОДЫ РАСЧЕТА. ИЗМЕРЕНИЯ

Учебно-методическое пособие

Авторская редакция

Подписано в печать **xx.xx.2018**. Формат 60x84 1/16

Усл. печ. 0.00 Уч.-изд. л. 0,00.

Тираж **xxx** экз. Заказ №

Издательский центр «Удмуртский университет»
426034, Ижевск, Университетская, д. 1, корп. 4, каб. 207
Тел./факс: +7 (3412) 500-295 E-mail: editorial@udsu.ru