ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 72097— 2025/ ISO/TS 9241-620: 2023

ЭРГОНОМИКА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЧЕЛОВЕК—СИСТЕМА

Часть 620

Влияние звука на пользователей интерактивных систем

(ISO/TS 9241-620:2023, IDT)

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2025

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 ПОДГОТОВЛЕН Закрытым акционерным обществом «Научно-исследовательский центр контроля и диагностики технических систем» (ЗАО «НИЦ КД») на основе собственного перевода на русский язык англоязычной версии документа, указанного в пункте 4

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 201 «Эргономика, психология труда и инженерная психология»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 28 мая 2025 г. № 490-ст

4 Настоящий стандарт идентичен международному документу ISO/TS 9241-620:2023 «Эргономика взаимодействия человек—система. Часть 620. Влияние звука на пользователей интерактивных систем» (ISO/TS 9241-620:2023 «Ergonomics of human-system interaction — Part 620: The role of sound for users of interactive systems», IDT).

Международный документ разработан Техническим комитетом ТК 159 «Эргономика», подкомитетом ПК 4 «Эргономика взаимодействия человека и системы» Международной организации по стандартизации (ИСО).

Дополнительные сноски в тексте стандарта, выделенные курсивом, приведены для пояснения текста оригинала

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (*gost.e-ecolog.ru

© ISO, 2023
© Оформление. ФГБУ «Институт стандартизации», 2025

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины и определения 1
4 Звук и шум 2
5 Меры контроля воздействия звуковых событий 8
Приложение А (справочное) Пример анкеты 22
Библиография 23

Введение

В соответствии с физическими понятиями звук — это акустическая (упругая) волна, распространяющаяся в передающей среде (газообразной, жидкой или твердой). В физиологии и психологии человека рассматривают реакцию человека на акустические волны и их восприятие мозгом человека. Нежелательный слышимый звук называют шумом, зачастую он представляет собой наиболее значимый фактор, нарушающий эффективную работу офисных работников. Во многих промышленных условиях звук может представлять серьезную угрозу не только для органов слуха, но и для здоровья человека в целом.

Несмотря на то, что звук — это физическое явление, обладающее измеримыми параметрами, акустический шум — это психоакустическое понятие. Главной целью настоящего стандарта является сведение к минимуму воздействия шума при эксплуатации интерактивных систем, например, воздействия на поведение пользователей, их самочувствие и/или производительность труда. Этого можно достичь с помощью технических средств, организационных мер, персональных действий работника и любых комбинаций перечисленных мероприятий.

Общая концепция Т-О-Р (технические — организационные — персональные действия) указывает на разумный порядок мер, которые могут быть использованы для управления воздействием акустической среды на работу человека. В данном контексте технические решения имеют приоритет перед организационными мерами и средствами индивидуальной защиты (СИЗ).

Психоакустика является разделом психофизики, занимающимся научными исследованиями восприятия звука и аудиологии, то есть того, как человек воспринимает различные звуки. Более конкретно, это отрасль науки, изучающая психологические реакции человека, связанные со звуком (включая шум, речь, музыку). В настоящем стандарте рассмотрены нежелательные последствия воздействия звука, которые можно классифицировать следующим образом:

- нарушение слуха;
- нежелательные реакции центральной и вегетативной нервной системы;
- затруднение речевой и иной коммуникации;
- снижение трудовой и когнитивной функций;
- раздражительность.

Удовлетворительность акустического пространства не может быть гарантирована без учета каждого из трех основных параметров акустического проектирования пространства, формализованных и установленных Сэбином в начале 1900-х годов [29]. Эти основные параметры называют «азбукой» архитектурной акустики: А (для звукопоглощения) — достаточное звукопоглощение в сформированной среде; В (для блокирования) — достаточная изоляция сформированной среды; С (для контроля) контроль уровня звука в сформированной окружающей среде. Для данного помещения могут быть приняты различные комбинации мер контроля акустической среды и достижения удовлетворительных результатов. В ИСО 9241-6 такие меры кратко перечислены и объяснены. В настоящее время опыт показывает, что в связи с изменениями в организации рабочего процесса и задачах необходимо более тщательное изучение акустической среды.

Управление акустической средой является частью концепции Т-О-Р. Оно может включать, например:

- снижение оценочного уровня:
  - звукоизоляцию конструктивных элементов;
  - снижение звуковой эмиссии от оборудования;
  - повышение звукопоглощения;
  - снижение уровня внешнего шума;
- оптимизацию отношения сигнал/шум:
  - снижение уровня шума на речевых частотах;
- снижение шума в рабочем пространстве:
  - использование звукопоглощающих потолков;
  - использование перегородок;
  - обеспечение достаточного расстояния между рабочими местами;
  - уменьшение реверберации.

Несмотря на то, что все эти меры носят технический характер (согласно принципу Т-О-Р, рису-

нок 1), воздействие звуковых событий на людей и их работу может потребовать выполнения организационных мероприятий, таких как проведение небольших совещаний, посвященных определенным задачам, за пределами рабочего пространства. Последний аргумент касается СИЗ, включая подготовку к работе в неблагоприятных условиях.

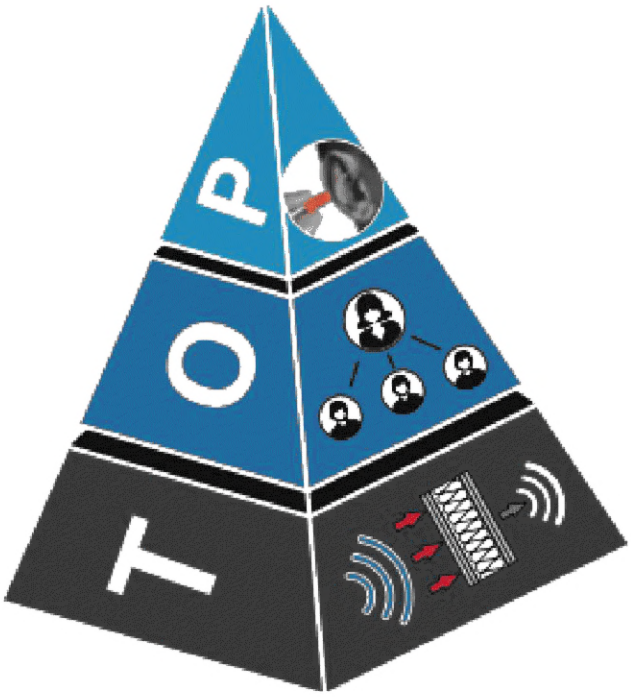


Рисунок 1 — Принцип управления воздействием акустической среды на работу человека T-O-P

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ЭРГОНОМИКА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЧЕЛОВЕК—СИСТЕМА

Часть 620

Влияние звука на пользователей интерактивных систем

Ergonomics of human-system interaction. Part 620. The role of sound for users of interactive systems

Дата введения — 2026—01—01

1 Область применения

В настоящем стандарте приведено краткое описание существующих знаний об эргономических аспектах воздействия звука на человека в рабочей среде. В настоящем стандарте описаны способы контроля нежелательных звуковых воздействий (шума). Основными целями управления акустической средой пользователя являются снижение оценочного уровня звука в целом, оптимизация отношения сигнал/шум и снижение уровня шума на рабочем месте.

Настоящий стандарт также предоставляет пользователям информацию об организационных мерах, которые могут быть приняты, если технические меры не помогают в достаточной степени. Кроме того, приведены меры, относящиеся к средствам индивидуальной защиты (СИЗ).

В настоящем стандарте рассмотрены звуковые события, которые могут вызывать воздействие не только на слуховой аппарат, но и на другие органы чувств и человека в целом. Меры по предотвращению потери слуха, вызванной шумом, и способы устранения или уменьшения опасного воздействия шума в настоящем стандарте не рассмотрены.

В число предполагаемых пользователей настоящего стандарта входят:

- разработчики систем, продукции и услуг;
- государственные и корпоративные закупщики;
- специалисты по охране труда и технике безопасности;
- архитекторы и дизайнеры интерьеров;
- специалисты по управлению персоналом;
- специалисты по пригодности использования, эргономике и человеческому фактору;
- пользователи интерактивных систем[1)].

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте нормативные ссылки отсутствуют.

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями.

ИСО и МЭК ведут терминологические базы данных для использования в области стандартизации по следующим адресам:

---

1) См. ГОСТ Р ИСО 9241-210—2016 «Эргономика взаимодействия человек—система. Часть 210. Человеко-ориентированное проектирование интерактивных систем» (пункт 2.8).

Издание официальное

- платформа онлайн-просмотра ИСО: доступна по адресу gost.e-ecolog.ru ;
- Электропедия МЭК: доступна по адресу gost.e-ecolog.ru .

3.1 **воздействие посторонней речи;** ISE (irrelevant speech effect ISE): Негативное влияние уровня звука посторонней речи.

3.2 **оценочный уровень L_{AR}** (rating level L_{AR}): Эквивалентный уровень звука[1)] в течение заданного периода времени с учетом поправки на тональность и импульсность шума.[2)]

Примечание 1 — Поправка на тональность составляет 5 дБ. Наличие в шуме доминирующей тональной составляющей оценивают субъективно.

Примечание 2 — Шум считают импульсным только в том случае, если разность между измеренным уровнем звукового давления при наличии импульсов и без них превышает 2 дБ.

[ИСО 9241-6:1999, 3.19, изменен — примечания заменены]

3.3 **уровень фонового шума $L_{p,B}$** (background noise level $L_{p,B}$): Уровень звука на рабочем месте в рабочее время в отсутствие людей.

Примечание — Уровень фонового шума $L_{p,B}$ выражают в децибелах (дБ).

3.4 **общий уровень звука L_{NA}** (total noise sound pressure level L_{NA}): Уровень звука, определяемый с учетом всех компонентов шума, воздействующих на работника, таких как шум, создаваемый системами здания, работающим оборудованием или аудиторией, который определяют на высоте уха человека в местах, где обычно находятся люди.

Примечание 1 — Общий уровень звука L_{NA} выражают в децибелах (дБ).

Примечание 2 — Если не указано иное, уровень шума определяют в соответствии с DIN 45641 как эквивалентный уровень звука, усредненный на интервале времени, репрезентативном для помехи.

3.5 **импульсный звук** (impulsive sound): Звук с резким повышением и понижением уровня звукового давления, длящийся менее одной секунды и вызывающий повышение уровня звука.

3.6 **время реверберации *T*** (reverberation time *T*): Время, необходимое для снижения уровня звукового давления в помещении на 60 дБ после прекращения звукового воздействия.

Примечание — Время реверберации выражают в секундах.

3.7 **индекс передачи речи;** STI (speech transmission index STI): Показатель в диапазоне от 0 до 1, представляющий качество передачи речи с точки зрения разборчивости по каналу передачи речи.

[МЭК 60268-16:2020, 3.3]

Примечание — Канал передачи речи также может быть рабочей средой.

3.8 **уровень звукового давления;** SPL (sound pressure level SPL): Логарифмическая мера эффективного звукового давления по отношению к опорному значению[3)].

4 Звук и шум

4.1 Влияние звука и шума на пользователей

Слух (способность слышать, слуховое восприятие) — одно из пяти основных чувств, используемых человеком для восприятия физической среды, наряду со зрением (способностью видеть, визуальным восприятием), вкусом (способностью ощущать вкус, вкусовым восприятием), обонянием (способностью ощущать запах, обонятельным восприятием) и осязанием (способностью осязать, осязательным восприятием). Даже если кажется, что сенсорные и слуховые восприятия не зависят от других органов чувств, это не так, все органы чувств действуют согласованно. Зрение и слух, или те сенсорные способ-

---

1) Здесь и далее термин «уровень звука» предполагает применение коррекции по частотной характеристике А шумомера.

2) См. также ГОСТ Р ИСО 1996-1—2019 «Акустика. Описание, измерение и оценка шума на местности. Часть 1. Основные величины и процедуры оценки» (пункт 3.3.2).

3) См. также ГОСТ Р 53188.1—2019 «Государственная система обеспечения единства измерений. Шумомеры. Часть 1. Технические требования» (пункт 3.2). В настоящем стандарте данная величина предполагает использование коррекции по частотной характеристике А шумомера.

ности, которые могут получать информацию, условно говоря, на расстоянии, называют удаленными органами чувств. Слух позволяет распознавать объекты или события за пределами видимости.

Эволюция запрограммировала человека на то, чтобы он воспринимал звуки как возможные источники опасности. Слух, как способность удаленного восприятия, позволяет замечать то, что невозможно увидеть, но что может быть важным. Он выполняет функцию оповещения. Даже если в большинстве случаев эта функция не требуется, ее нельзя отключить или игнорировать. Хотя зрение во время сна относительно неактивно, слух остается включенным. Функция оповещения требует, чтобы слух был практически ненаправленным по сравнению со зрением. Можно отвести взгляд или даже закрыть веки, наблюдать за определенными объектами, игнорируя другие, но не существует механизма, позволяющего игнорировать акустические события.

Направленность слуховой системы человека ограничена локализацией звука. Мозг использует едва заметные различия в интенсивности, спектре и временны́х характеристиках звука, позволяющие определить местоположение источников звука. Таким образом, даже если кто-то попытается проигнорировать определенное акустическое событие, реакция на него последует. Хотя люди, как правило, привыкают к воздействию шума, степень привыкания у разных людей различна и редко бывает полной.

Неблагоприятные последствия звуковых воздействий могут иметь различную природу. Простейшее последствие — это раздражение без рассмотрения причин и последствий. Другие воздействия могут иметь физиологическую и/или психологическую природу (см. таблицу 1).

Таблица 1 — Классификация факторов, влияющих на индивидуальное раздражение от воздействия шума [15]

Факторы, влияющие на индивидуальное раздражение от воздействия шума	
Первичные акустические факторы	Уровень шума
	Частота
	Продолжительность
Вторичные акустические факторы	Спектральная сложность
	Изменения уровня звука
	Изменения частоты
	Время нарастания шума
	Локализация источника шума
	Физиологические особенности
Неакустические факторы	Адаптация и прошлый опыт
	Влияние активности действий слушателя на раздражение
	Предсказуемость возникновения шума
	Необходимость шума
	Индивидуальные различия и особенности
Источник: Канадский центр гигиены и безопасности труда (CCOHS). Шум — не воспринимаемые на слух эффекты. Доступно по адресу: gost.e-ecolog.ru . Воспроизведено с разрешения CCOHS.	

Недавние исследования подтверждают ранее полученные результаты, касающиеся связи окружающего звука с частотой сердечных сокращений, данные, полученные за продолжительный период времени, показывают, что существуют отношения сигнал/шум, вызывающие снижение частоты сердечных сокращений, что позволяет предположить, что звуковые условия, снижающие нагрузку на слуховое восприятие и напряжение при прослушивании, способствуют снижению стресса сердечно-сосудистой системы человека [16], [27].

Если много людей работает в непосредственной близости друг от друга, как это имеет место в офисах с несколькими сотрудниками, нарушения в работе и раздражение персонала из-за различных

факторов окружающей среды становятся особенно очевидными, в частности, потому, что практика работы часто требует переключения с общения на углубленную целенаправленную работу.

Возникающие в результате реакции раздражения могут проявляться в следующих формах:

- компонент беспокойства «досада»;
- ухудшение самочувствия, раздражение, напряженность, усталость;
- изменение коммуникативного поведения (замкнутость, отказ от взаимодействия).

Наиболее тревожными характеристиками речевого шума являются информативная составляющая и неконтролируемость, следует отметить, что неконтролируемость и непредсказуемость играют существенную роль в случае шума офисной среды. Только приблизительно от 30 % до 40 % раздражающих воздействий, возникающих в результате шума, можно объяснить техническими акустическими факторами. Преобладающая часть из них связана с факторами, вызывающими раздражение (см. VDI 569).

4.2 Типы звуковых событий

Тип звука влияет на выбор способа измерения, на используемые настройки шумомера, на представляемые признаки и другие данные.

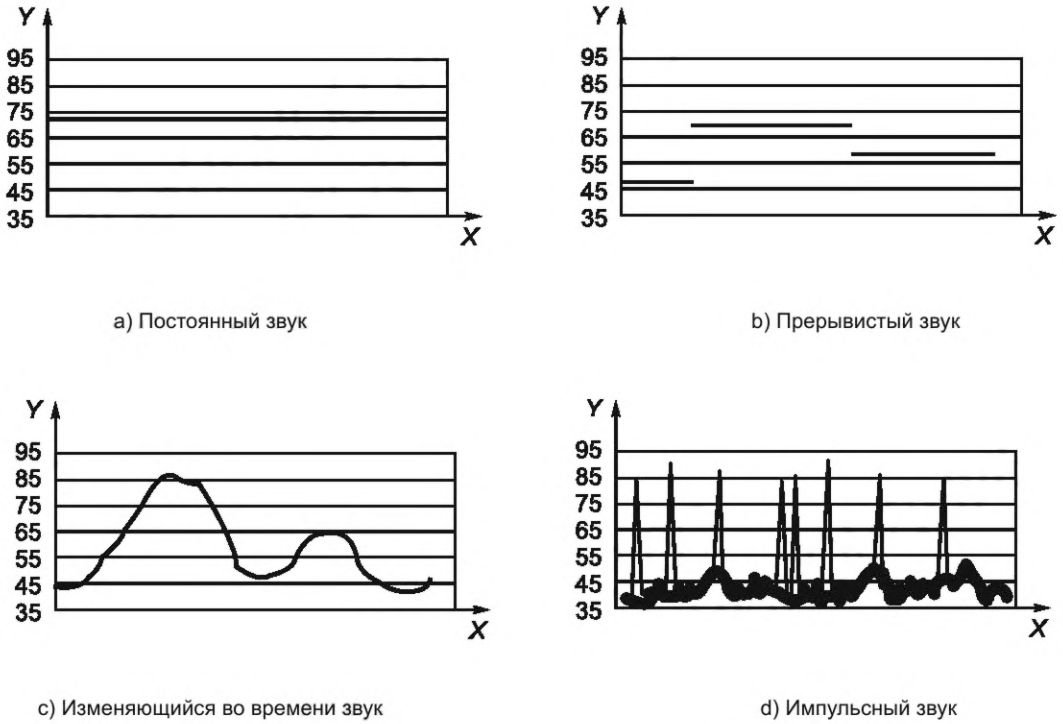
Звуковые события классифицируют по типу создаваемого ими акустического шума (см. рисунок 2):

a) постоянный уровень звука (например, при работе кондиционера);

b) постоянный, но прерывистый уровень звука (например, при работе принтеров, которые внезапно начинают и заканчивают печать);

c) изменяющийся во времени звук (например, шум уличного движения в течение определенного периода времени);

d) импульсные звуковые сигналы, которые могут включать в себя один или несколько импульсов (например, звонки телефонов, шум принтеров с высокой интенсивностью печати).



a) Постоянный звук

b) Прерывистый звук

c) Изменяющийся во времени звук

d) Импульсный звук

X — время; *Y* — уровень звука, дБ

Рисунок 2 — Типы звуковых событий

Показатели, используемые для количественного описания акустического шума, различаются в зависимости от типа звукового события. Большая часть показателей (например, уровень звука) была разработана для описания не импульсных звуковых событий. Единые общепринятые показатели для импульсных звуков в настоящее время отсутствуют.

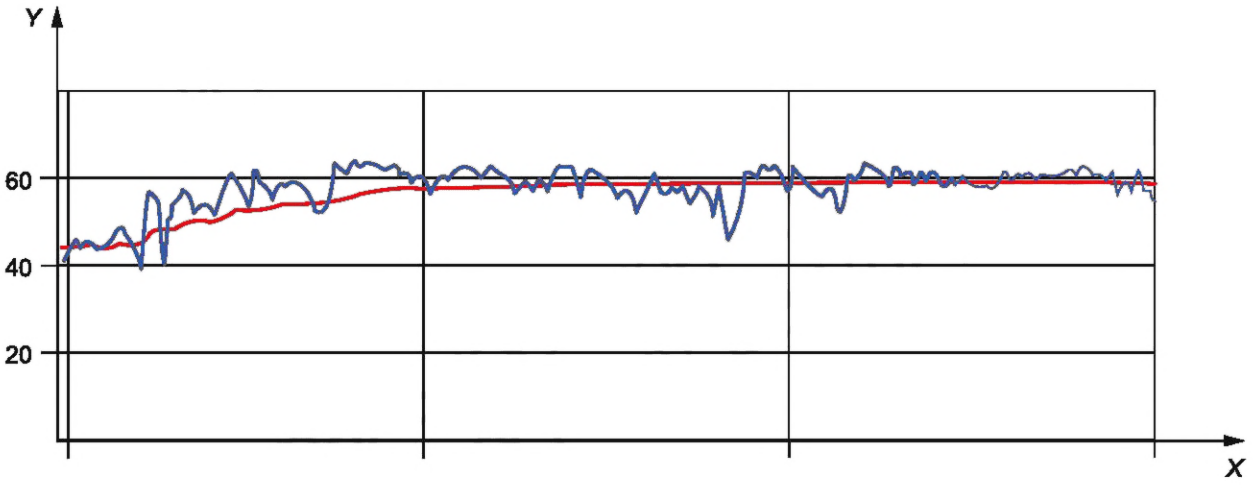
4.3 Помехи при выполнении задачи

Воздействие звуков, отличных от речевых, как правило, исследуют с помощью уровня звука (L_{pA}) или эквивалентного уровня звука (L_{Aeq}). Если звук содержит импульсный шум, к эквивалентному уровню звука добавляют некоторую поправку (например, +2 дБ).

Звуки речи и аналогичные (похожие на речь) звуки приводят к снижению рабочей памяти. Возникновение этого эффекта не зависит от понимания речи; незнакомый иностранный язык или музыкальное произведение также могут иметь неблагоприятные последствия. В этом случае важно, что слушатель не обязательно воспринимает эти звуки как шум и что, несмотря на концентрацию внимания на запоминаемом материале, может возникнуть воздействие посторонней речи (ISE). Этот тревожный эффект может проявляться уже при восприятии разборчивой речи с уровнем звука начиная с 35 дБ [30]. Нарушающее воздействие обусловлено спектрально-временно́й структурой звука речи или музыки, в результате чего звук получает доступ к когнитивной системе (см. VDI 2569).

Помехи, создаваемые речью при работе пользователя, могут быть результатом нарушающего воздействия на «внутреннюю речь». Окружающий шум может влиять как на чтение, так и на набор текста, поскольку большинство пользователей во время выполнения этих задач ведут «внутренний диалог». Что касается механизма таких воздействий, то некоторые исследования показывают, что причиной является маскировка соответствующей информации окружающим звуком [28]. Была исследована роль внутреннего диалога в общении людей (см. [20]). Внутренний диалог, также называемый разговором с самим собой или внутренним монологом, — это внутренний голос человека, который обеспечивает непрерывный мысленный словесный монолог, пока человек находится в сознании. Внутренняя речь играет несколько важнейших ролей в чтении [18], [31]. Чтение — это сложный процесс, который включает в себя взаимодействие двух уровней обработки: декодирование отдельных фрагментов и использование текста в целом для установления более широкого смысла. И то, и другое может зависеть от окружающего звука, но эффект, по-видимому, гораздо сильнее, если окружающий звук является речью или похожим на речь.

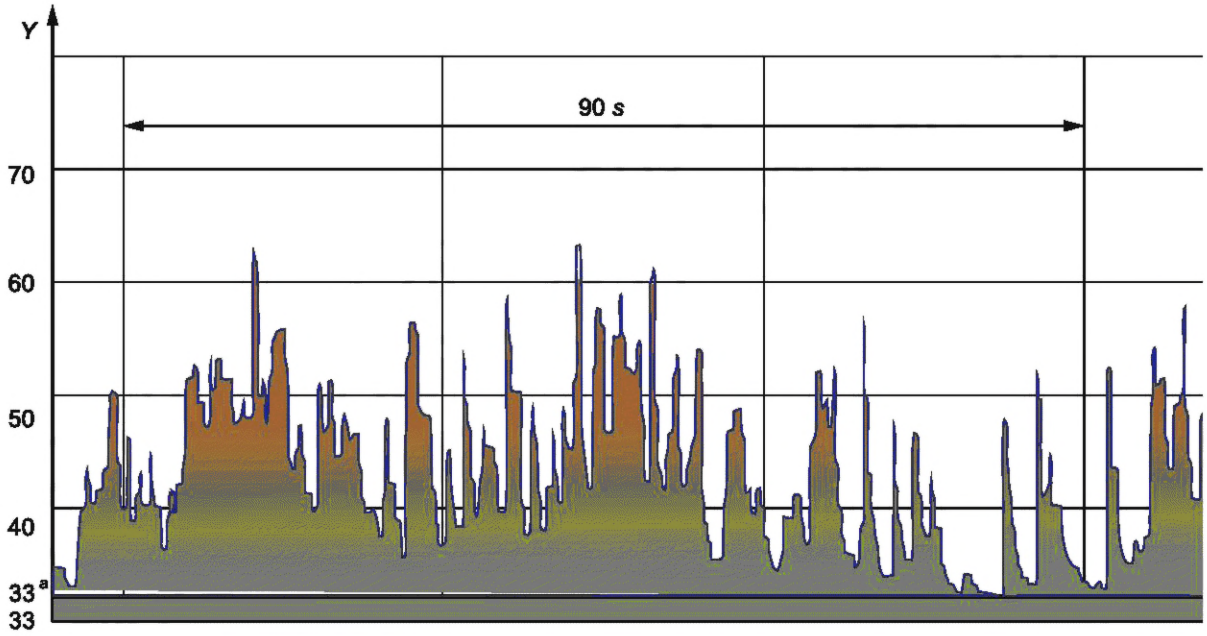
Характеристики звуковых событий сильно отличаются в средах с «нормальными» источниками шума, такими как уличный шум или шум машин, от тех, в которых преобладает звук речи. В первом случае может быть справедлива концепция звукового «уровня» (рисунок 3), во втором случае каждое звуковое событие отделено от других (рисунок 4). В этих исследованиях базовый уровень без какой-либо рабочей активности составлял 33 дБ; при записи отдельных событий он достигал 65 дБ. Максимальный зарегистрированный уровень составил 75 дБ при использовании громкоговорителя на расстоянии 11 м. В то же время в акустике, как правило, предполагается уровень в 65 дБ для нормальной речи в одном метре от уст говорящего.



X — время; *Y* — уровень звука, дБ

Примечание — Центральная линия приблизительно соответствует «уровню» звука.

Рисунок 3 — Типовое звуковое событие с медленными изменениями уровня звука

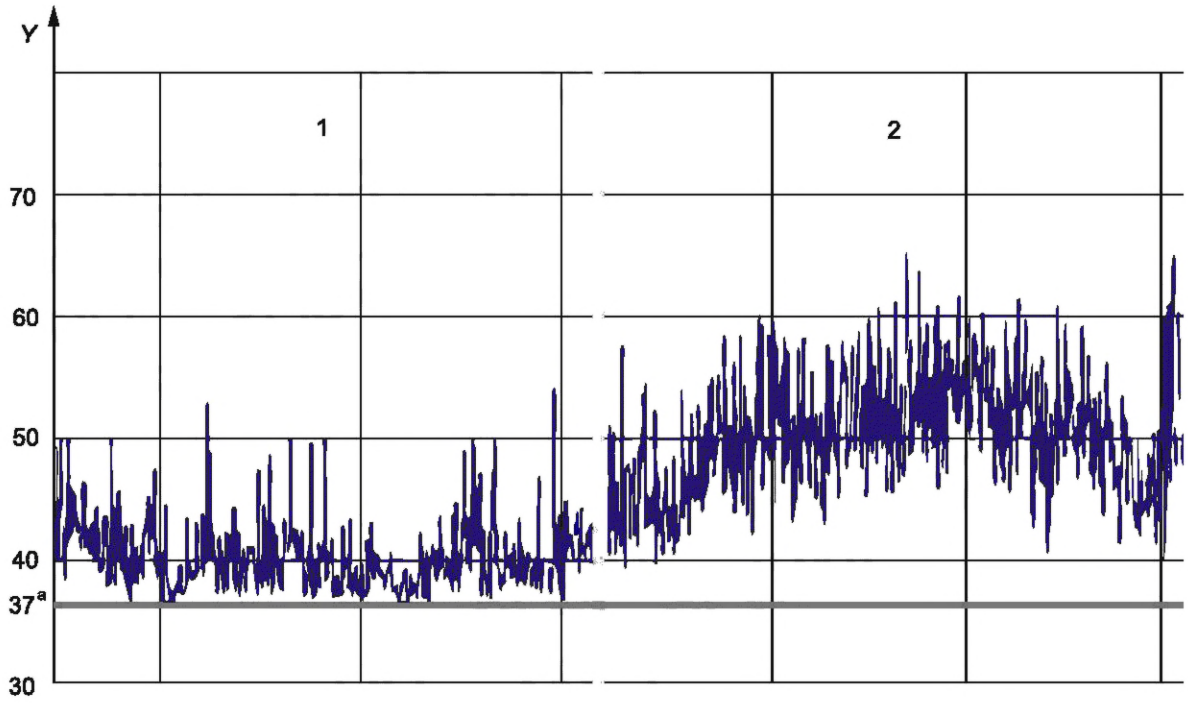


[a] Базовый уровень, равный 33 дБ.

Y — уровень звука, дБ

Примечание — Базовым уровнем является уровень звукового давления (SPL) для всех пользователей, когда они не заняты рабочей деятельностью.

Рисунок 4 — Звуковые события в офисном помещении в течение 90 с



[a] Базовый уровень звука, равный 37 дБ.

Y — уровень звука, дБ; *1* — обычная офисная работа с компьютерами; *2* — офисная работа с интенсивными телефонными переговорами

Примечание — Базовый уровень — это SPL для всех пользователей, когда они не заняты рабочей деятельностью. События не включают звонки телефона.

Рисунок 5 — Звуковые события в помещении для нескольких человек в зависимости от типа работы

В реальной рабочей среде при телефонном разговоре говорящие могут издавать звуки с уровнем от 45 до 75 дБ, в зависимости от задачи и качества передачи звука с противоположной стороны. Мобильные сети, в отличие от предшествующих им моделей стационарных телефонов, не гарантируют достаточного качества передачи. Кроме того, пользователи не разговаривают в помещениях с контролируемыми акустическими условиями.

В «бесшумных» купе современных поездов уровень шума превышает все рекомендуемые условия для приемлемой телефонной связи. Однако этот уровень все равно ниже, чем в автомобилях или самолетах. Общаясь с людьми в такой обстановке, говорящий в определенной степени подстраивает уровень своей речи под уровень этой шумной среды.

В помещении с хорошей акустикой уровень звука может быть на 15 дБ выше, если в нем много людей говорит по телефону (рисунок 5).

Неконтролируемые телефонные разговоры могут серьезно помешать работе других пользователей. Одним из механизмов таких помех является эффект Ломбарда.

4.4 Эффект Ломбарда

Эффект Ломбарда, или рефлекс Ломбарда, — это непроизвольное стремление говорящего повысить уровень своего голоса с целью улучшения его слышимости при разговоре в условиях сильного шума (высокого общего уровня звукового давления) [24]. Это включает в себя не только изменение громкости, но и других акустически характеристик, таких как высота тона, частота и продолжительность звуковых слогов. Такая компенсация приводит к увеличению звукового отношения сигнал/шум в произносимых говорящим словах [33].

Предполагается [24], что интенсивность реакции говорящего на шум определяется желанием добиться разборчивого общения, поскольку в условиях шума говорящий не изменяет голос при внутреннем диалоге.

Речь часто считают основным коммуникативным сигналом, но она тесно связана с сигналами, передаваемыми лицом и телом. Визуальные сигналы, включая жесты рук, являются неотъемлемой частью человеческого общения и могут играть особенно важную роль в условиях шума, когда вербальной коммуникации недостаточно [19].

В условиях шума повышается не только интенсивность речи, но и кинематика жестов. Акустическая модуляция речевого сигнала возможна при отсутствии жестов, в то же время кинематическая модуляция жестов происходит независимо от сопутствующей речи. Таким образом, при общении лицом к лицу эффект Ломбарда не ограничивается речью, а представляет собой мультимодальный феномен, при котором жестикуляция несет наибольшую часть смысла [32]. Это означает, что шум изменяет поведение пользователей в целом.

4.5 Воздействие посторонней речи (ISE)

В такой рабочей среде, как офис с открытой планировкой, работники общаются и взаимодействуют с коллегами устно, и, как правило, считается, что офис с открытой планировкой облегчает общение и взаимодействие между сотрудниками, повышая удовлетворенность работой на рабочем месте и эффективность командной работы. Это предположение отражает основную цель выбора таких планировок. С другой стороны, признано, что помещение с открытой планировкой создает больше помех из-за неконтролируемого шума. В целом преимущества должны перевешивать негативные последствия.

В то время как большинство источников шума можно эффективно контролировать, человеческой речью управлять не просто, поскольку она является частью коммуникации, хотя и не имеет отношения к большей части пользователей по определению.

Воздействие посторонней речи (ISE) состоит в том, что на сложном звуковом фоне, таком как речь, по сравнению с белым шумом или тишиной [17] эффективность последовательного запоминания ухудшается. Это воздействие связано с ухудшением последовательного запоминания на фоне звуков речи, даже если элементы списка представлены визуально. Звуки не обязательно должны быть на языке, который понимает участник, или даже могут не представлять реальный язык; для создания этого эффекта достаточно звуков человеческой речи. ISE представляет собой одну из наиболее хорошо изученных причин нарушения кратковременной памяти, вызванных звуковыми событиями. Речь и тембр голоса в равной степени также способны нарушить работу кратковременной памяти [22].

Анализ объективного воздействия шума на работоспособность человека в отношении распределения, временной стабильности и точности измерений, которые должны быть достигнуты, демонстри-

рует важность ISE. Посторонние слова могут негативно сказаться на производительности, а частота их использования может повлиять на масштабы таких последствий [14].

Как осмысленная, так и бессмысленная речь нарушает комплексное выполнение задачи, но эффект от осмысленной речи значительно выше. Как повторение, так и семантическая обработка, участвующие в понимании прочитанного, по-видимому, подвержены нарушениям под влиянием посторонней осмысленной речи [26]. ISE нарушает корректуру. Вредные последствия посторонней речи зависят от того, насколько она осмыслена [21].

Эксперименты показывают, что в отличие от целенаправленного прослушивания, когда знакомство с голосом собеседника улучшает понимание речи, знакомство с речью, на которую не обращают внимания, нарушает запоминание целевой речи [23]. Это означает, что в рабочей среде речь коллег, не относящаяся к делу, вызывает более серьезные нарушения.

4.6 Важность концепции T-O-P

В частной среде пользователи могут выбирать любые меры снижения раздражающего воздействия шума, однако в организациях применяют другие подходы. Обоснование концепции T-O-P заключается в том, что предотвращение звуковых событий, которые можно рассматривать как источник шума, вызывает меньше проблем, чем борьба с их воздействием. Это согласуется с принципом «свободы от вмешательства между задачей и окружающей средой», описанным в ИСО 9241-500.

В тех случаях, когда выполняемая пользователем задача может привести к ухудшению состояния или нежелательным последствиям для других лиц и/или окружающей среды, предотвращение таких последствий следует начинать с технических мер. Организационные меры требуют изменения поведения других людей и поэтому должны быть введены в качестве следующего этапа, поскольку любое изменение в работе организации может стать причиной дальнейших нежелательных последствий. Наконец, изменение личного поведения пользователя или оснащение его, например, средствами индивидуальной защиты, является по разным причинам последним средством, но может быть необходимым в определенных обстоятельствах. Приоритет коллективных мер защиты перед мерами индивидуальной защиты является общепризнанным принципом в области охраны труда и техники безопасности.

Организационный и личный вклад в снижение шума незаменим, но его не рассматривают в технических стандартах главным образом потому, что организационные меры и изменения в поведении персонала не входят в область применения стандартов.

5 Меры контроля воздействия звуковых событий

5.1 Общие положения

В ИСО 9241-6 организация пространства и планировка рабочего места описаны как отправная точка для создания приемлемой среды (см. рисунок 6). Все перечисленные аспекты, включая «искусственное и естественное освещение», могут способствовать успешному контролю акустической среды.

Непосредственный вклад в «перемещение и ориентирование» вносит, например, предотвращение перемещения групп и отдельных лиц по рабочей среде путем его замены вербальным общением. (Тип меры: техническая и организационная.)

Надлежащая организация работы, например введение «тихого часа», во время которого запрещено использование телефона и подобных устройств, может помочь уменьшить раздражение от звуковых событий. (Тип меры: организационная.)

«Психосоциальные факторы», такие как уважение к требованиям коллег или изучение соответствующих речевых технологий, обычно помогают больше, чем большая часть выполнимых технических мер. (Тип меры: организационная и/или персональная.)

Светильники для искусственного освещения могут создавать шум или усиливать его распространение из-за использования твердых материалов, таких как акриловое стекло, но также могут помочь уменьшить раздражение благодаря таким элементам, как мягкие тканевые рассеиватели. Окна, изготовленные из акустически твердого материала (стекла), существенно влияют на акустическую среду. Если окна также используют для вентиляции, то их акустическое воздействие не может быть заранее определено или нормировано определенными предельными значениями. (Тип меры: техническая.)

Подробная информация об общей стратегии контроля шума на рабочих местах, содержащих оборудование, приведена в ИСО 11690-1.



Рисунок 6 — Важные параметры организации пространства и планировки рабочего места

5.2 Управление звуком и шумом

5.2.1 Общие положения

Управление акустической средой на сегодняшний день является наиболее сложной задачей при проектировании рабочей среды. Основными причинами являются противоречивые требования, связанные с использованием звука для коммуникации (звукового взаимодействия), и воздействие акустических вмешательств на другие факторы окружающей среды.

В помещениях, предназначенных для единственной цели, таких как читальные залы библиотек или лекционные залы, могут быть приняты эффективные меры для решения поставленной задачи. В читальных залах окружающая среда спроектирована таким образом, чтобы как можно меньше отвлекать внимание посетителей, в то время как в лекционных залах конечной целью является распространение звука от говорящего к аудитории. Для достижения целей в таких условиях при проектировании здания, как правило, принимают соответствующие технические меры. Даже в этом случае необходимо контролировать поведение всех вовлеченных лиц.

Рабочая среда — это пространство общего назначения. Люди в этом пространстве не только выполняют свои задачи. Выполняя свои задачи, они издают звуки, которые могут быть бессмысленными для других и, следовательно, могут считаться шумом независимо от его уровня. Однако они также могут быть актуальны в зависимости от их содержания, например телефонный разговор коллеги, который имеет какое-то отношение к личной жизни. В среде, используемой командой, всегда существует вербальная коммуникация (обмен информацией), частично информативная коммуникация (информация или шум) и шум, т. е. речь, не имеющая никакого отношения к конкретному человеку или группе.

Способность помещения или элемента связи передавать речь может быть измерена с помощью его физических характеристик [индекса передачи речи (STI)]. STI — это хорошо зарекомендовавший себя объективный показатель, позволяющий определить, как характеристики элемента передачи информации влияют на разборчивость речи. Однако STI зависит от различных факторов, таких как уровень речи, уровень фонового шума, наличия в помещении эха, времени реверберации и эффектов маскировки, а также от различных технических характеристик оборудования, если оно является частью элемента передачи информации (см. рисунок 11). В помещениях общего назначения высокое качество

передачи речи не является конечной целью для всех задач и пользователей. Во многих ситуациях организация акустической среды, позволяющая снизить разборчивость речи, может быть предпочтительной.

Управление акустической средой требует первоначального анализа для определения наилучшего компромисса между достижимыми преимуществами и усилиями и недостатками прямого или косвенного характера. Эта задача требует целостного мышления и действий, поскольку для получения определенных преимуществ (например, лучшей разборчивости речи) могут потребоваться меры (например, акустические экраны между коллегами), которые иногда негативно влияют на работу, а также на разборчивость речи, поскольку говорящего больше не видно.

В соответствии с ИСО 9241-6 меры по контролю акустической среды можно разделить по целям на три группы (см. ИСО 9241-6:1999, рисунок В.1):

- снижение оценочного уровня;
- оптимизация отношения сигнал/шум (контроль разборчивости речи);
- снижение уровня шума в рабочих помещениях или в непосредственной близости от рабочих мест.

5.2.2 Снижение оценочного уровня

Эта группа мер направлена на снижение общего уровня шума. Оценочный уровень (L_{AR}) — это характерное значение уровня шума. Оценочный уровень определяют для заданного периода времени (см. ИСО 1996, ИСО 9612, ИСО 11690). При определении оценочного уровня не учитывают звуковые события, которые служат для коммуникации человека, находящегося на данном рабочем месте, с другими людьми (разговоры, коммуникационные сигналы).

Измеряют эквивалентный уровень звука (L_{Aeq}), который соответствует продолжительности всей рабочей смены (8 часов). L_{Aeq} — это широко распространенный показатель, используемый в промышленности для характеристики уровня шума в шумных помещениях. Менее уместно характеризовать возможное раздражение персонала, вызванное импульсными звуками или звуками, изменяющимися во времени.

Снижение уровня шума, создаваемого оборудованием, включает в себя целый ряд мер, таких как устранение звуков, издаваемых телефонами, и звукоизоляция принтеров. Наиболее рекомендуемым методом является борьба с источником шума, например, путем использования малошумного оборудования.

Основным показателем для шума, создаваемого оборудованием для информационных технологий и телекоммуникаций, является корректированный по А уровень звуковой мощности (L_{WA}). Его дополняют другой величиной — уровнем звука (L_{pA}) в местах расположения оператора или наблюдателя (см. ИСО 7779).

L_{pA} на месте оператора отражает уровень шума в непосредственной близости к оператору, в то время как L_{WA} помогает описать шум, создаваемый на других рабочих местах.

Оба набора данных указывают в соответствии с ИСО 9296, они приведены в техническом паспорте продукции или в паспорте экологических характеристик продукции.

В офисных помещениях клавиатуры являются одним из самых шумных устройств, так как их используют в течение всего рабочего дня. В соответствии с ИСО 9241-410 уровень шума, издаваемого клавиатурами, можно отнести к трем категориям:

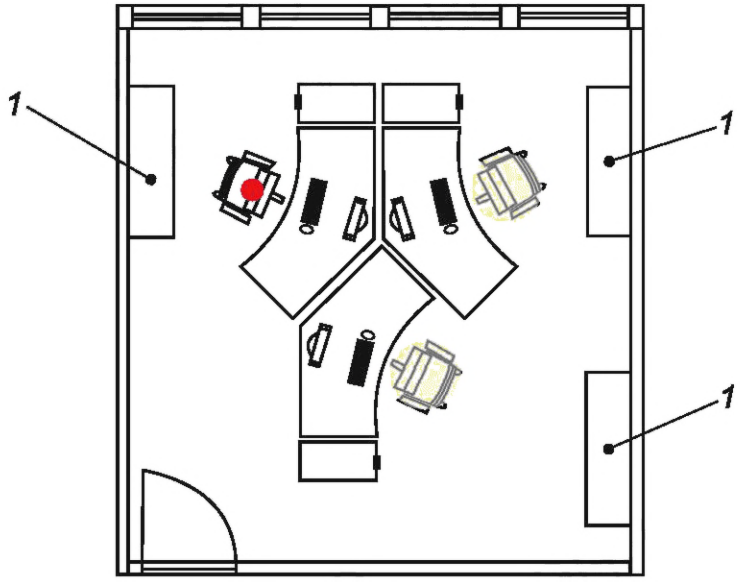
- С1: подходит для конференц-залов или задач, требующих концентрации внимания (от 35 до 45 дБ);
- С2: подходит для обычной офисной работы (от 45 до 55 дБ);
- С3: подходит для промышленных помещений (от 75 до 80 дБ).

Рекомендуется выбирать С1. Поскольку многие изделия не имеют маркировки, перед покупкой их следует протестировать на уровень издаваемого шума.

Для принтеров существует взаимосвязь между скоростью печати и уровнем издаваемого шума, поскольку основным источником звука является движение бумаги. Таким образом, приобретение принтера с низким уровнем шума не всегда является оптимальным вариантом. Для частого использования принтеров с высокой скоростью печати устройство следует либо переместить в отдельное помещение, либо использовать специальное ограждение. Большая часть принтеров способна поддерживать бесшумный режим, который по возможности следует использовать.

Повышение звукопоглощения является обычным мероприятием и обеспечивает защиту от шума из любых источников. Для этой цели можно использовать любое оборудование, поверхности помещения или мебель. Связанные с этим затраты и достигаемый эффект значительно различаются.

Два примера такого решения приведены на рисунках 7 и 8 [34]. Расчет эффективности мер действителен для конкретной позиции в рабочем помещении (см. рисунок 7). Для указанного рабочего места снижение уровня шума составляет от менее 0,5 до 9 дБ (см. таблица 2). Для других рабочих мест результат аналогичен.



1 — шкаф

Источник: DGUV Information Akustik im Büro, VBG Hamburg, 2012-09.

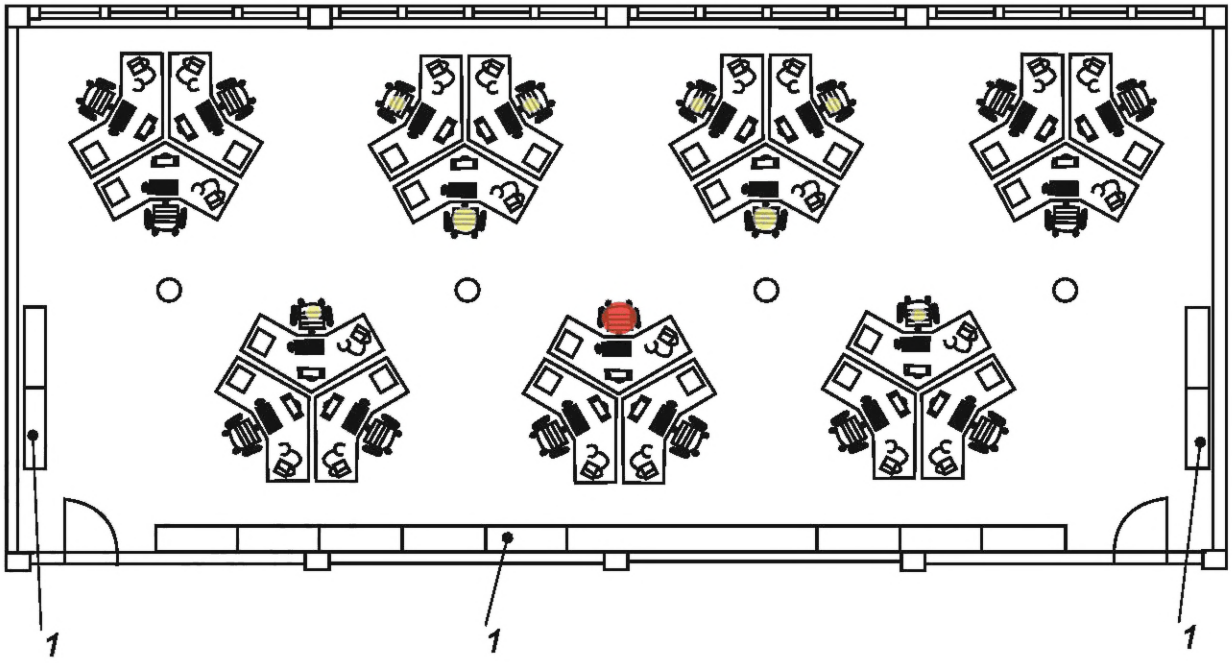
Рисунок 7 — Рабочее помещение и рабочее место

Таблица 2 — Варианты акустических решений и их результаты

Звукопоглощающий элемент	Вариант										
	V0	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10
Ковровое покрытие											
Звукопоглощающий потолок											
Вертикальные шторы (жалюзи)											
Звукопоглощающие стены											
Стеновая панель (ширма)											
Передняя стенка шкафа											
SPL у заданного рабочего места, дБ	62,8	57,8	62,2	58,9	62,2	60,0	57,5	55,9	55,7	53,8	56,5
Время реверберации в секундах 500 Гц 1000 Гц	 1,5 1,0	 0,5 0,4	 1,3 0,9	 0,9 0,6	 1,3 0,9	 0,8 0,6	 0,5 0,4	 0,4 0,3	 0,4 0,3	 0,3 0,3	 0,6 0,4
Снижение SPL у заданного рабочего места, дБ	–	5,0	0,5	4,0	0,5	2,8	5,2	7,0	7,1	9,0	6,1

Источник: DGUV Information Akustik im Büro, VBG Hamburg, 2012-09.

На следующем примере показано более просторное помещение, используемое для телефонных переговоров, например, в колл-центре. Из-за наличия системы охлаждения, встроенной в потолок, использование звукопоглощающих материалов на потолке невозможно. Вместо этого можно использовать перегородки. Светильники могут быть оснащены акустическими решетками (см. рисунок 8, таблица 3). Они установлены над рабочими местами.



1 — шкафы

Источник: DGUV Information Akustik im Büro, VBG Hamburg, 2012-09.

Рисунок 8 — Рабочее пространство для нескольких человек, используемое для обычных телефонных переговоров

Таблица 3 — Варианты акустических решений и их результаты

Звукопоглощающий элемент	Вариант									
	V0	V3	V3.0.1	V5	V5.0.1	V5.0.2	V3.1	V5.1	V5.1.1	V5.1.2
Ковровое покрытие от стены до стены										
Звукопоглощающие стены										
Передняя стенка шкафа										
Светильники с акустическими решетками										
Ячеистый подвесной потолок										
Экраны высотой 1,2 м										
SPL у заданного рабочего места, дБ	65,3	63,0	62,3	63,1	62,4	58,9	61,0[a]	61,1[a]	60,2[a]	56,4[a]
Время реверберации в секундах 500 Гц 1000 Гц	 2,3 1,4	 1,3 0,8	 1,1 0,7	 1,3 1,0	 1,1 0,8	 0,5 0,4				
Снижение SPL у заданного рабочего места, дБ	–	3,3	4,0	3,2	3,9	7,4	5,2	5,2	6,1	9,9
[a]Расчетные значения.										

Источник: DGUV Information Akustik im Büro, VBG Hamburg, 2012-09.

Некоторые элементы таких решений не имеют каких-либо негативных последствий (например, ковровое покрытие от стены до стены), в то время как подвесные потолки требуют запаса высоты помещения. Если это невозможно, может ухудшиться восприятие помещения. Кроме того, из-за наличия перегородок, экранов и решеток может ухудшиться циркуляция воздуха в помещении. Поглощающие стены и фасады шкафов ограничивают выбор цветов для этих поверхностей. После их установки цвета нельзя изменить, не удалив часть поверхностей. Экраны препятствуют визуальному контакту между работниками. Они также создают препятствия для дневного света. Обычные формы общего освещения расположенных рядами рабочих мест и проходов могут привести к ухудшению освещенности при использовании экранов.

Для большинства вариантов комфортная акустическая среда с помощью технических мер не достигается. Чтобы оценить возможную акустическую среду в офисе, можно воспользоваться примером, показанным на рисунке 5. Оценочный уровень для обычного офисного использования превысит базовый уровень 37 дБ приблизительно только на 4—5 дБ. Если работа связана с частыми телефонными переговорами, уровень шума увеличивается примерно до 55 дБ. Использование того же пространства (см. таблицу 3) для задач, в которых преобладают телефонные переговоры, приведет к уровню шума 65 дБ (без специальных мер), который может быть снижен на 10 дБ при применении различных акустических решений.

Звукоизоляция конструктивных элементов означает, что конструктивные элементы (стены, потолок, окна) должны быть надлежащим образом изолированы от шума, распространяющегося по конструкции и воздуху. Из-за различий в размерах помещений, видах деятельности и уровне шума в помещении (уровне фонового шума) акустические требования, предъявляемые к компонентам, могут быть адаптированы к соответствующим условиям (см. таблицу 4). Требования, предъявляемые к системе звукоизоляции, выбирают в зависимости от фонового шума.

Таблица 4 — Рекомендации в отношении звукоизоляции конструктивных элементов для различных офисных задач и уровней фонового шума (без учета деятельности и оборудования), которые не должны быть превышены

Вид деятельности	Акустические рекомендации, изоляция и ограничения	Тип помещения	Уровень фонового шума L_{Aeq} дБ
Задачи с временной концентрацией внимания, задачи, иногда повторяющиеся	Хорошая шумоизоляция от соседних офисов; очень хорошая устная коммуникация	Единый офис с обычными требованиями пользователей	35—40
Задачи с временной концентрацией внимания, задачи, иногда механизированные	Хорошая шумоизоляция от соседних рабочих зон и адекватное экранирование соседних рабочих мест; хорошая устная коммуникация	Несколько офисов с обычными требованиями пользователей	35—45
Задачи в значительной степени механизированные	Достаточная шумоизоляция от соседних рабочих зон и низкий уровень экранирования соседних рабочих мест; ограниченная конфиденциальность, хорошая устная коммуникация	Несколько офисов с низкими требованиями пользователей	40—45
Источник: ИСО 9241-6:1999, таблица В.1.			

5.2.3 Время реверберации

Время реверберации является важной характеристикой для любого замкнутого пространства. Как видно из таблиц 2 и 3, любое вмешательство может на него повлиять. Для обеспечения хорошей вербальной коммуникации и достаточного «акустического комфорта» реверберация должна быть как можно более низкой. Следует стремиться к тому, чтобы время реверберации составляло от 0,5 до 1 с в диапазоне частот от 250 Гц до 4 кГц.

Максимальное рекомендуемое время реверберации рабочей среды зависит от ее объема. В таблице 5 приведены максимальные рекомендуемые значения времени реверберации в зависимости от объема помещения, см. ИСО 9241-6.

Таблица 5 — Максимальное время реверберации в зависимости от объема помещения

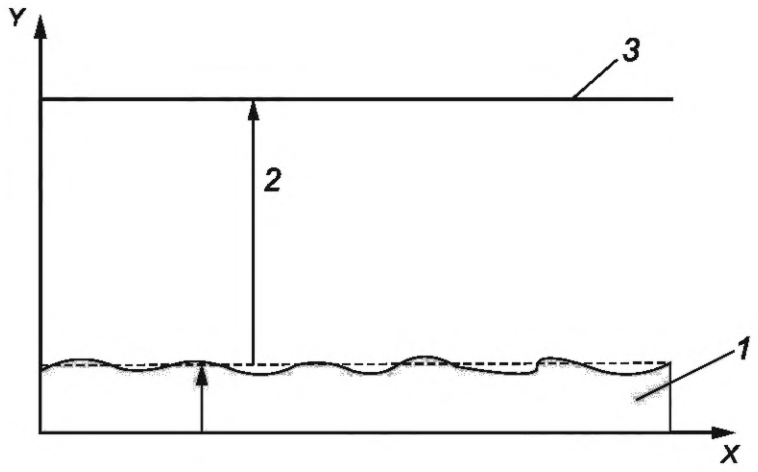
Объем помещения, $м^3$	Максимальное рекомендуемое время реверберации, с	
	Разговорная речь	Общее назначение
50	н/у	н/у
100	0,45	0,8
200	0,6	0,9
500	0,7	1,1
1000	0,8	1,2
2000	0,9	1,3
н/у — не установлено.		

5.3 Оптимизация отношения сигнал/шум

5.3.1 Общие положения

Термин «отношение сигнал/шум» является понятием из области технических коммуникаций. Слово «шум» в данном случае относится не только к акустике. Отношение сигнал/шум — это показатель, используемый в науке и технике, который сравнивает уровень полезного сигнала с уровнем фонового шума. Отношение сигнал/шум определяют в виде отношения мощности сигнала к мощности шума и часто выражают в децибелах (дБ). Отношение, превышающее 1:1 (более 0 дБ), указывает на то, что сигнал сильнее шума.

Иллюстрацией к этому термину является рисунок 9. С его помощью определяют отношение релевантной и нерелевантной информации в канале связи (или интерфейсе).



X — время; *Y* — мощность; *1* — шум; *2* — отношение сигнал/шум; *3* — сигнал

Рисунок 9 — Принцип определения отношения сигнал/шум

Основной целью определения отношения сигнал/шум является оценка или улучшение разборчивости речи. Во многих случаях важна противоположная цель — снижение разборчивости речи, например, на открытом пространстве. Факторы, влияющие на разборчивость речи в любом конкретном помещении, показаны на рисунке 10.

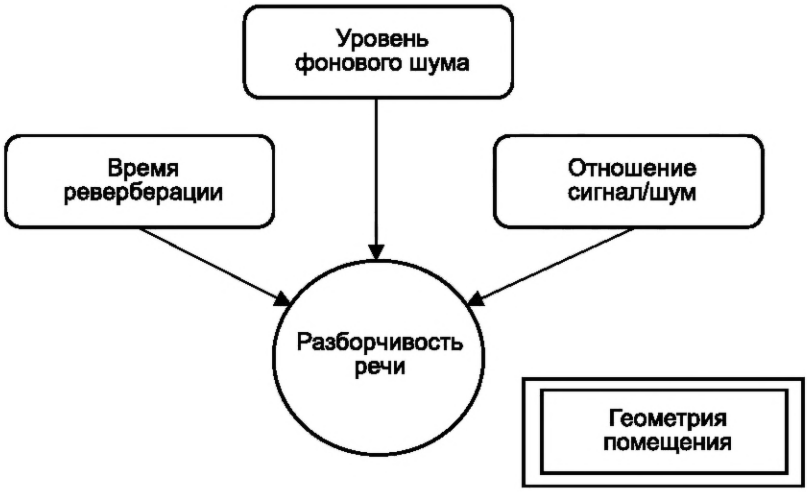
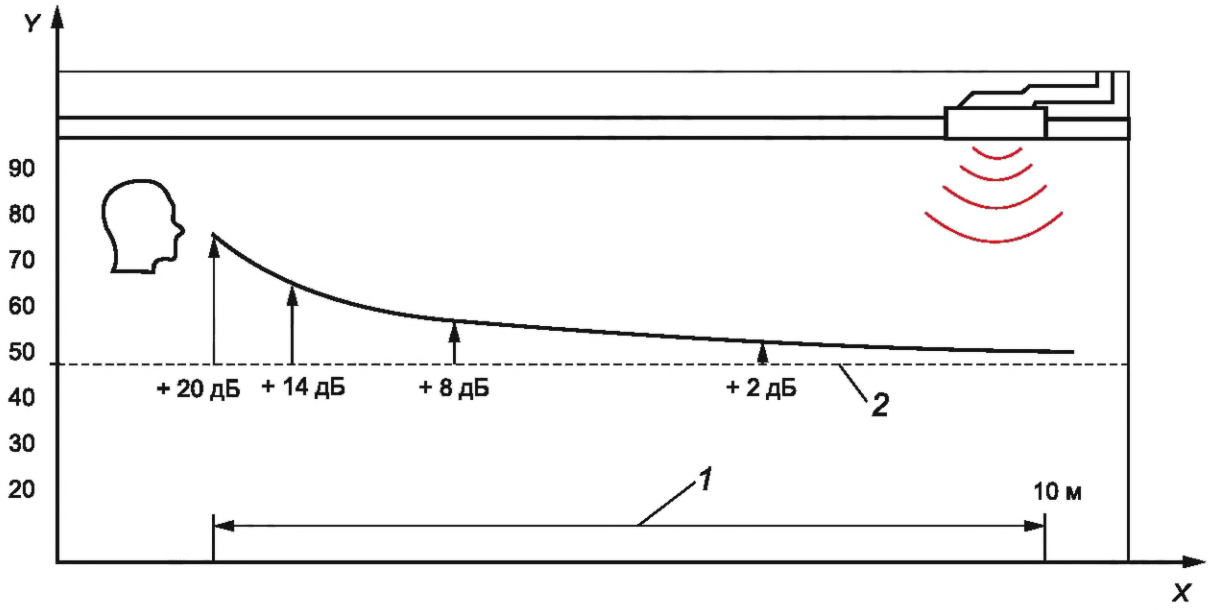


Рисунок 10 — Факторы, влияющие на разборчивость речи

В среде с уровнем шума 45 дБ при уровне звука человеческого голоса 65 дБ на расстоянии 1 м от говорящего (отношение сигнал/шум +20 дБ) отношение сигнал/шум станет равным 0 дБ на расстоянии приблизительно 11 м (см. рисунок 11).



X — расстояние; *Y* — уровень звука, дБ; *1* — расстояние от говорящего; *2* — уровень фонового шума

Рисунок 11 — Отношение сигнал/шум для человеческого голоса в помещениях

5.3.2 Пути передачи голоса в производственных условиях

Голос говорящего в качестве желаемого сигнала может достигать цели, уха предполагаемого слушателя, различными путями. При общении лицом к лицу наиболее вероятным путем является передача звука по воздуху. Но общение внутри коллектива в больших помещениях (например, в диспетчерских) может потребовать использования технических средств, даже если оба партнера могут видеть друг друга.

Во многих профессиональных средах партнер по общению находится в другом месте. Таким образом, необходимо использовать технические средства, такие как стационарные телефоны, мобильные телефоны или компьютерное оборудование. Для проведения совещаний или конференций используют другое оборудование, устройства ввода и вывода которого расположены не непосредственно у гово-

рящего или слушателя. Мобильные телефоны, используемые в автомобилях, также расположены на некотором расстоянии от пользователя.

Это означает, что на человеческую речь, прежде чем она достигнет слушателя, может быть оказано воздействие различными способами. Таким образом, задача передачи информации от говорящего к слушателю имеет гораздо больше аспектов (см. рисунок 12).

Для заданной геометрии помещения наиболее важными факторами являются отношение сигнал/шум, уровень фонового шума и время реверберации.

Концепция отношения сигнал/шум справедлива, если каналом передачи является только воздух. Более общий вид передачи звука приведен на рисунке 12. При передаче звука с помощью технических средств (см. рисунок 12, средняя часть) внешний звук может присутствовать на обоих концах, даже если микрофон расположен близко к источнику звука (обычная телефонная трубка, мобильный телефон, микрофон гарнитуры), а динамик также близко расположен к уху (обычная телефонная трубка, мобильный телефон, динамик гарнитуры). Во многих случаях технические средства для захвата и воспроизведения речи не расположены или не могут быть расположены близко к источнику или принимающей стороне канала передачи (см. рисунок 12, нижняя часть). Таким образом, внешний звук может воздействовать на обе стороны. Это относится, например, к конференц-системам или мобильным телефонам, используемым в автомобилях.

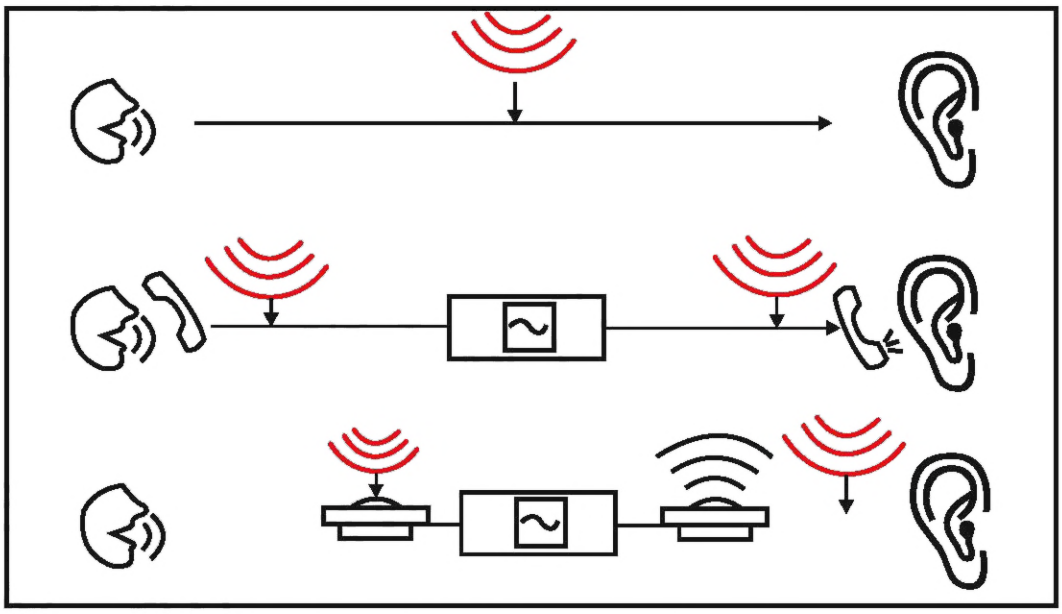


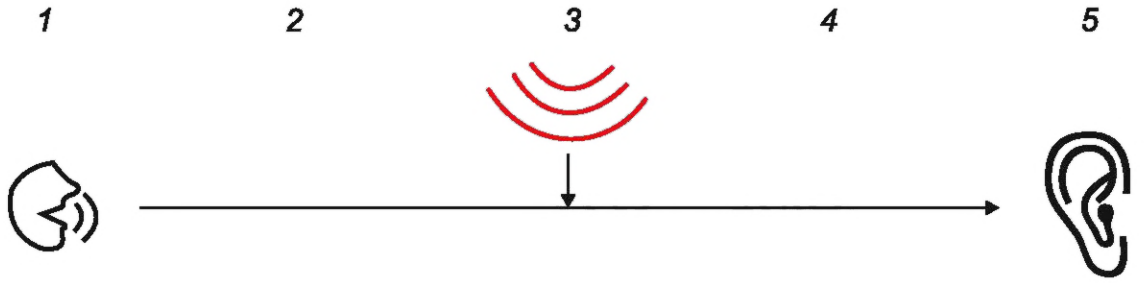
Рисунок 12 — Пути передачи человеческой речи

Самый простой путь — это передача звука по воздуху между говорящим и слушателем (см. верхнюю часть рисунка 12). При общении человека с человеком при помощи технических средств окружающий звук может влиять на связь на обоих концах (см. среднюю часть рисунка 12), в таком случае технические характеристики устройства играют важную роль. На связь «многих со многими» при помощи микрофонов и громкоговорителей, расположенных на некотором расстоянии, можно повлиять различными способами (см. нижнюю часть рисунка 12).

Примечание — Приведенные здесь данные о путях передачи звука являются ориентировочными и не относятся к конкретной технологии. Их основная цель — проиллюстрировать диапазон ситуаций, с которыми можно столкнуться в различных интерактивных системах, и тем самым помочь определить наиболее подходящую ситуацию и выбрать соответствующее рекомендуемое решение.

5.3.3 Влияние нежелательных звуков на коммуникацию

При передаче звука по воздуху факторы, указанные на рисунке 13, могут привести к потере разборчивости человеческой речи.

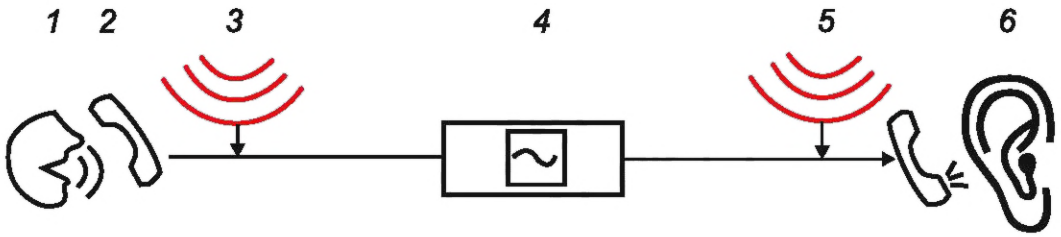


1 — эффект Ломбарда, изменение уровня и высоты звука, основного тона, типа голоса; *2* — характеристики помещения, реверберация, отражения и т. д.; *3* — нежелательный звук, окружающий шум и т. д.; *4* — расстояние; *5* — особенности органа слуха

Рисунок 13 — Пути передачи звука по воздуху

В каждом конкретном случае возможны решения, направленные на улучшение разборчивости речи, с различным успехом и с использованием различных средств.

Коммуникация с использованием технических средств может быть нарушена в разных точках от говорящего до слушающего (см. рисунок 14). Вмешательства, направленные на улучшение разборчивости речи, возможны на каждом этапе.



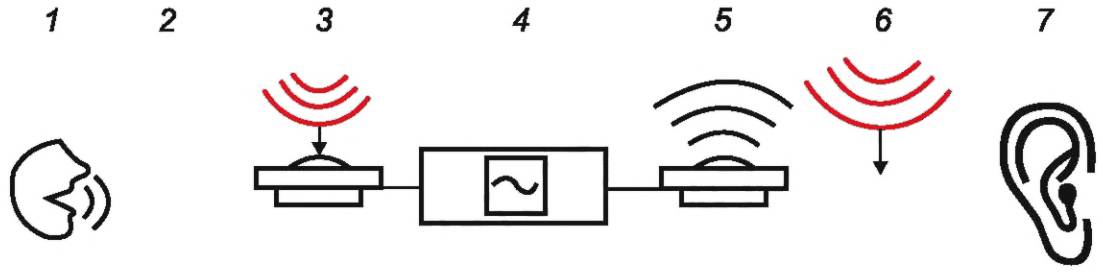
1 — эффект Ломбарда; *2* — характеристики микрофона, контур обратной связи для передачи речи; *3* — нежелательный звук, окружающий шум и т. д. в источнике; *4* — характеристики канала передачи (например, полоса пропускания, отношение сигнал/шум, искажения); *5* — нежелательный звук, окружающий шум и т. д. на конце приема звука; *6* — характеристики наушников, звукоизоляция и т. д.

Примечание — Устройствами связи, расположенными рядом с пользователем, могут быть стационарные телефоны, гарнитуры и мобильные телефоны.

Рисунок 14 — Канал передачи с использованием устройств связи, расположенных рядом с пользователем

В производственных условиях существуют различные устройства с совершенно разными функциями: от стационарного телефона (коммерческая полоса пропускания от 300 Гц до 3400 Гц) с низким качеством звучания микрофона и динамиков, до гарнитуры, способной передавать весь диапазон речевых частот, подключенной к компьютерной сети, для которой такая полоса пропускания не является проблемой. В то же время качество акустической связи может значительно снизиться по сравнению со стационарными телефонами прежних времен, по крайней мере временно, при использовании мобильного оборудования. В мобильных сетях пользователь может потерять контроль над связью в результате воздействия различных причин.

Еще более сложная картина складывается, если устройства связи расположены не у рта или уха пользователя, например, при использовании мобильных телефонов в транспортных средствах или конференц-оборудования, интерфейс которых обслуживает множество людей (см. рисунок 15).



1 — эффект Ломбарда; *2* — характеристики помещения (например, реверберация), расстояние до колонок; *3* — нежелательный звук, окружающий шум и т. д. источник звука, характеристики микрофона; *4* — характеристики канала передачи (например, полоса пропускания, отношение сигнал/шум, искажения); *5* — характеристики громкоговорителя, контур паразитной обратной связи, характеристики помещения; *6* — нежелательный звук, окружающий шум и т. д. на приемном конце; *7* — расстояние до устройства

Рисунок 15 — Канал передачи с использованием удаленных устройств связи на обоих концах

5.3.4 Как улучшить разборчивость речи

Разборчивость речи, передаваемой по воздуху от громкоговорителя к уху слушателя (см. рисунок 13), может быть улучшена при применении возможных решений, указанных в таблице 6.

Таблица 6 — Рекомендуемые решения для улучшения разборчивости речи при прямом общении

Проблема	Возможные решения
Технические	
Эффект Ломбарда	Снижение уровня окружающего шума (см. таблицы 2 и 3). Оптимизация времени реверберации
Характеристики помещения	Корректировка планировки ближайшего окружения
Нежелательный звук	Аналогично решениям как для эффекта Ломбарда. Выборочное уменьшение уровня окружающего шума с учетом разборчивости речи (частоты)
Расстояние	Сокращение расстояния между говорящим и слушателем. Если это невозможно, рассмотрение возможности использования другого канала передачи
Организационные	
Организация пространства	Выделение отдельных групп с различными требованиями к акустической среде (разное пространство, организация пространства по видам деятельности)
Распределение времени	Разделение периодов работы с различными требованиями к акустической среде (разное время, распределение временных интервалов на основе активности)
Персональные	
Обучение	Проведение тренингов по постановке голоса и речи
Поведение	Поощрение взаимного уважения и понимания

Для компьютерно-опосредованной коммуникации (например, с использованием телефона или аналогичных устройств с элементами интерфейса, расположенными близко ко рту и уху пользователя, канал передачи см. на рисунке 14) существует большее разнообразие технических решений (см. таблицу 7).

Таблица 7 — Рекомендуемые решения по улучшению разборчивости речи при компьютерно-опосредованной коммуникации

Проблема	Возможные решения
Технические	
Эффект Ломбарда	Снижение уровня окружающего шума (см. таблицы 2 и 3). Оптимизация времени реверберации
Характеристики микрофона	Выбор микрофона с функцией шумоподавления. Подавление акустической обратной связи
Нежелательный звук	Аналогично решениям как для эффекта Ломбарда. Выборочное уменьшение уровня окружающего шума с учетом разборчивости речи (частоты)
Характеристики канала передачи	Выбор более широкой полосы пропускания («HD audio»). Выбор другого кодека
Нежелательный звук на приемном конце	Снижение уровня окружающего шума. Выборочное снижение уровня окружающего звука с учетом разборчивости речи (частоты)
Характеристики наушников, звукоизоляция	Выбор более широкой полосы пропускания (7 кГц или более). Выбор шумоподавляющего оборудования. Выбор более совершенного шумоподавляющего оборудования
Организационные	
Распределение времени	Введение периодов «молчания»
Организация пространства	Возможность использования телефона в отдельном помещении
Персональные	
Обучение	Проведение тренингов по постановке голоса и речи
Поведение	Поощрение взаимного уважения и понимания

Для компьютерно-опосредованной коммуникации с использованием удаленных устройств связи на обоих концах (микрофон, громкоговоритель, см. рисунок 15) в соответствии с целями и решениями могут быть использованы различные средства улучшения канала передачи информации (см. таблицу 8).

Таблица 8 — Рекомендуемые решения по улучшению разборчивости речи при компьютерно-опосредованной коммуникации с удаленными устройствами связи

Проблема	Возможные решения
Технические	
Эффект Ломбарда	Снижение уровня окружающего шума (см. таблицы 2 и 3). Оптимизация времени реверберации
Характеристики помещения (например, реверберация), расстояние до динамиков	Аналогично решениям как для эффекта Ломбарда. Изменение расстояния до динамиков

Окончание таблицы 8

Проблема	Возможные решения
Нежелательный звук или внешний шум у источника звука, характеристики микрофона	Выбор подходящего расположения. Выбор необходимого количества вспомогательных микрофонов для конкретного помещения. Выполнение калибровки микрофона в соответствии с акустическими характеристиками помещения. Выбор подходящих позиций для вспомогательных микрофонов. Проверка подавления и компенсации эха
Характеристики канала передачи	Выбор подходящего подключения (например, стационарный, мобильный телефон, компьютерная сеть). Выбор более широкой полосы пропускания («HD audio»). Выбор другого кодека
Характеристики громкоговорителя, контур нежелательной обратной связи, характеристики помещения	Выбор подходящего расположения. Выполнение калибровки громкоговорителя в соответствии с акустическими характеристиками помещения. Проверка функции подавления эха
Нежелательный звук на приемном конце	Снижение уровня окружающего шума. Выборочное снижение уровня окружающего звука с учетом разборчивости речи (частоты)
Организационные	
Отдельное пространство для массовых мероприятий	Организация конференц-залов в непосредственной близости от рабочего места
Отдельное пространство для индивидуальной работы пользователей	Организация «тихих» комнат рядом с рабочим местом
Персональные	
Обучение	Правильное использование оборудования
Поведение	Поощрение взаимного уважения и понимания

5.4 Снижение уровня шума в рабочей среде или в непосредственной близости от рабочих мест

При необходимости в непосредственной близости от рабочих мест могут быть применены все меры, описанные в 5.2.

Однако следует отметить, что расстояние от говорящего до слушателя часто небольшое и установка акустических экранов может существенно затруднить взаимодействие участников процесса. При организации пространства и планировке рабочего места (см. рисунок 6) следует учитывать, что люди, находящиеся в непосредственной близости от рабочего места, должны быть частью команды или иметь причины для взаимодействия. Таким образом, издаваемые ими звуки можно рассматривать как информацию. Разборчивость речи и общее коммуникативное поведение зависят от зрительного контакта. Поэтому использование акустических средств, таких как экраны, требует тщательного изучения взаимодействия участников.

Кроме того, необходимо учитывать преобладающую позу (в положении сидя, стоя или ином), потому что слишком низкие экраны не обеспечивают необходимую шумоизоляцию, а слишком высокие могут превратить открытое пространство в маленькие камеры с недостаточной циркуляцией воздуха и плохим освещением.

Разборчивость речи требуется не всегда. Если это представляет проблему, следует принять меры для снижения разборчивости речи. Одним из распространенных акустических решений является создание маскирующего звука (белого или розового шума) там, где это необходимо.

Принятие таких мер зависит от многих факторов, их результативность существенно повышается, если их учитывают при первоначальном планировании помещения. Шумоизоляцию используют в основном в открытых пространствах, таких как офисы открытой планировки. Перспективы достижения удовлетворительных условий рассмотрены, например, в [25].

Для отдельных рабочих мест, подверженных воздействию нежелательного звука, решением может быть использование гарнитур с функцией шумоподавления.

5.5 Вовлечение пользователей

Значимость нетехнических мер для достижения акустического комфорта и восприятия шума как нежелательного звука обосновывает участие пользователей и других лиц в данном помещении, на которых может быть оказано косвенное воздействие, в процессе оценки или изменения акустических условий.

Изменение акустической среды также влияет на другие факторы, такие как искусственное и естественное освещение и кондиционирование воздуха. Акустические решения могут повлиять даже на рабочую позу (в положении сидя, стоя или ином) или сделать ее неэффективной.

Во многих странах работодатель обязан проводить анализ риска для выявления соответствующих факторов определения рабочей нагрузки своих сотрудников через определенные промежутки времени. Анализ риска может служить одним из методов определения соответствующих видов решений по контролю шума.

В качестве инструмента анализа в VDI 2569 рекомендован опрос сотрудников. Для оценки степени раздражающего воздействия шума может быть использован ISO/TS 15666. В настоящем стандарте рекомендуется использовать как пятибалльную шкалу оценок со словесными обозначениями (от «совсем не беспокоит» до «крайне беспокоит»), так и 11-балльную цифровую шкалу со словесными привязками для крайних значений шкалы.

Несмотря на то, что время реверберации можно измерить с помощью технических средств, акустический комфорт также может быть определен путем опроса пользователей.

Прежде чем принимать меры, следует привлечь пользователей и оценить эффективность реализованных мер.

В приложении А показано, как можно провести опрос. Анкета должна содержать информацию как об общей удовлетворенности физическим окружением, так и о влиянии акустических условий на работу.

Приложение А
(справочное)

Пример анкеты

Опросы пользователей способствуют вовлечению сотрудников в процесс планирования и преобразования (восприятия контроля, участия), а также повышению эргономичности рабочих мест.

Опросы пользователей также позволяют решить акустическую проблему пространства, которую необходимо оценить с экономической точки зрения. Например, можно легко оценить субъективное восприятие раздражения, громкости, реверберации и разборчивости речи. Опросы пользователей не заменяют акустические измерения. Кроме того, сотрудники могут оценить результативность принятых акустических мер, а результаты могут быть использованы в качестве руководства для следующих мероприятий (см. VDI 2569).

Таблицы А.1 и А.2 можно использовать для опроса пользователей.

Таблица А.1 — Удовлетворенность физическими условиями рабочего пространства

	Очень недоволен				Очень доволен
Насколько Вы удовлетворены уровнем шума в Вашем рабочем пространстве?	1	2	3	4	5
Насколько Вы удовлетворены уровнем конфиденциальности в Вашем рабочем пространстве (возможностью вести разговоры так, чтобы их не слышали Ваши коллеги, и наоборот)?	1	2	3	4	5
Насколько Вы удовлетворены уровнем шума в Вашем офисе?	1	2	3	4	5
Насколько Вы удовлетворены качеством звука во время телефонных переговоров?	1	2	3	4	5

Таблица А.2 — Влияние акустической среды на работу

	Мешает				Улучшает
Улучшает ли качество звука в Вашем рабочем пространстве Вашу способность выполнять работу или мешает ей?	1	2	3	4	5
Влияет ли присутствие Ваших коллег на Вашу способность выполнять работу?	1	2	3	4	5
Влияет ли физическая обстановка в Вашем офисе на Вашу работу?	1	2	3	4	5
Мешает ли шум в Вашем окружении Вашему стилю работы?	1	2	3	4	5
Влияют ли разговоры коллег на Вашу способность концентрироваться?	1	2	3	4	5
Мешает ли уровень шума в Вашем окружении Вашим телефонным переговорам?	1	2	3	4	5

Библиография

[1] ISO 1996-1, Acoustics — Description, measurement and assessment of environmental noise — Part 1: Basic quantities and assessment procedures

[2] ISO 7779, Acoustics — Measurement of airborne noise emitted by information technology and telecommunications equipment

[3] ISO 9241-6:1999, Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) — Part 6: Guidance on the work environment

[4] ISO 9241-410, Ergonomics of human-system interaction — Part 410: Design criteria for physical input devices

[5] ISO 9241-500, Ergonomics of human-system interaction — Part 500: Ergonomic principles for the design and evaluation of environments of interactive systems

[6] ISO 9296, Acoustics — Declared noise emission values of information technology and telecommunications equipment

[7] ISO 9612, Acoustics — Determination of occupational noise exposure — Engineering method

[8] ISO 11690-1, Acoustics — Recommended practice for the design of low-noise workplaces containing machinery — Part 1: Noise control strategies

[9] ISO/TS 15666, Acoustics — Assessment of noise annoyance by means of social and socio-acoustic surveys

[10] ISO 16283-1, Acoustics — Field measurement of sound insulation in buildings and of building elements — Part 1: Airborne sound insulation

[11] IEC 60268-16, Sound system equipment — Part 16: Objective rating of speech intelligibility by speech transmission index

[12] DIN 45641, Averaging of sound levels

[13] VDI 2569, Sound protection and acoustical design in offices

[14] Buchner, A., Erdfelder, E. Word frequency of irrelevant speech distractors affects serial recall. Memory & Cognition. 2005, 33(1), 86—97. gost.e-ecolog.ru

[15] Canadian Centre for Occupational Health and Safety (CCOHS). gost.e-ecolog.ru oshanswers/phys_agents/non_auditory.html, accessed 2022-05-05

[16] Christensen, J. H., Saunders, G. H., Porsbo, M., Pontoppidan, N. H. The everyday acoustic environment and its association with human heart rate: evidence from real-world data logging with hearing aids and wearables. Royal Society Open Science. 2021, 8(2). gost.e-ecolog.ru 98/rsos.201345

[17] Colle, H. A., Welsh, A. Acoustic masking in primary memory. Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior. 1976, 15(1). gost.e-ecolog.ru (76)90003-7

[18] De Guerrero, M. C. M. Early stages of L2 inner speech development: What verbal reports suggest. International Journal of Applied Linguistics (United Kingdom). 2004. gost.e-ecolog.ru .1473-4192.2004.00055.x

[19] Drijvers, L., Özyürek, A. Visual context enhanced: The joint contribution of iconic gestures and visible speech to degraded speech comprehension. Journal of Speech, Language, and Hearing Research. 2017, 60(1). gost.e-ecolog.ru org/10.1044/2016_JSLHR-H-16-0101

[20] Johnson J.R. The role of inner speech in human communication. Communication Education. 1984. gost.e-ecolog.ru org/10.1080/03634528409384744

[21] Jones, D. M., Miles, C., Page, J. Disruption of proofreading by irrelevant speech: Effects of attention, arousal or memory? Applied Cognitive Psychology. 1990, 4(2). gost.e-ecolog.ru acp.2350040203

[22] Jones, D. M., Macken, W. J. Irrelevant Tones Produce an Irrelevant Speech Effect: Implications for Phonological Coding in Working Memory. Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition. 1993, 19(2). gost.e-ecolog.ru

[23] Kreitewolf, J., Wöstmann, M., Tune, S., Plöchl, M., Obleser, J. Working-memory disruption by task-irrelevant talkers depends on degree of talker familiarity. Attention, Perception, and Psychophysics. 2019, 81(4). gost.e-ecolog.ru s13414-019-01727-2

[24] Lane, H., Tranel, B. The Lombard Sign and the Role of Hearing in Speech. Journal of Speech and Hearing Research. 1971, 14(4). gost.e-ecolog.ru

[25] Navai, M., Veitch, J.A. Acoustic Satisfaction in Open-Plan Offices: Review and Recommendations. National Research Council Canada, IRC-RR-151, July 17, 2003

[26] Oswald, C. J. P., Tremblay, S., Jones, D. M. Disruption of comprehension by the meaning of irrelevant sound. Memory. 2000, 8(5). gost.e-ecolog.ru

[27] Picou, E. M., Gordon, J., Ricketts, T. A. The effects of noise and reverberation on listening effort in adults with normal hearing. Ear and Hearing. 2016, 37(1). gost.e-ecolog.ru .0000000000000222

[28] Poulton E.C. Continuous intense noise masks auditory feedback and inner speech. Psychological Bulletin. 1977. gost.e-ecolog.ru

[29] Sabine, P.E. Acoustics and Architecture. McGraw Hill, 1932

[30] Schlittmeier, S.J., Hellbrück, J., Thaden, R., Vorländer, M. The impact of background speech varying in intelligibility: Effects on cognitive performance and perceived disturbance. Ergonomics. 2009, 23(5), 715—736.

[31] Sokolov A.N. Inner Speech and Thought. 1972. gost.e-ecolog.ru

[32] Trujillo, J. P., Özyürek, A., Holler, J., Drijvers, L. Evidence for a Multimodal Lombard Effect: Speakers modulate not only speech but also gesture to overcome noise. MPG. Pure, 2020

[33] Van Summers, W., Pisoni, D. B., Bernacki, R. H., Pedlow, R. I., Stokes, M. A. Effects of noise on speech production: Acoustic and perceptual analyses. Journal of the Acoustical Society of America. 1988, 84(3). gost.e-ecolog.ru org/10.1121/1.396660

[34] VBG. Akustik im Büro. Hamburg, 2017

УДК 331.41:006.352 ОКС 13.180

Ключевые слова: эргономика, взаимодействие человек—система, звук, интерактивная система, шум, оценочный уровень, уровень звука, уровень фонового шума, звуковое событие, воздействие звуков, время реверберации, индекс передачи речи

Редактор *Л.В. Коретникова*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *Р.А. Ментова*
Компьютерная верстка *А.Н. Золотаревой*

Сдано в набор 29.05.2025. Подписано в печать 09.06.2025. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 3,72. Уч.-изд. л. 3,16.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении в ФГБУ «Институт стандартизации»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов, 117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.

gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru