

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
КАФЕДРА ГИГИЕНЫ ТРУДА

**И. П. СЕМЁНОВ, И. А. КУРАШ, И. В. СКОРОБОГАТАЯ**

# **ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ШУМ**

Учебно-методическое пособие



Минск БГМУ 2023

УДК 613.644(075.8)  
ББК 51.24я73  
С30

Рекомендовано Научно-методическим советом университета в качестве учебно-методического пособия 21.12.2022 г., протокол № 11

Рецензенты: канд. мед. наук, доц., зав. каф. гигиены детей и подростков Белорусского государственного медицинского университета Т. С. Борисова; каф. гигиены и медицинской экологии Белорусской медицинской академии последиplomного образования

**Семёнов, И. П.**

С30 Производственный шум : учебно-методическое пособие / И. П. Семёнов, И. А. Кураш, И. В. Скоробогатая. – Минск : БГМУ, 2023. – 60 с.  
ISBN 978-985-21-1284-0.

Содержит физические, физиолого-гигиенические характеристики производственного шума, классификации, описание основных источников производственного шума, принципы гигиенической оценки результатов лабораторных измерений, особенности действия на организм человека, профилактические мероприятия.

Предназначено для студентов 5-го курса медико-профилактического факультета.

**УДК 613.644(075.8)**  
**ББК 51.24я73**

**ISBN 978-985-21-1284-0**

© Семёнов И. П., Кураш И. А., Скоробогатая И. В., 2023  
© УО «Белорусский государственный медицинский университет», 2023

## МОТИВАЦИОННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕМЫ

Одними из современных требований к технологическим процессам являются их высокая производительность и безопасность, в том числе гигиеническая. Достижение первого требования осуществляется за счет использования высокоскоростного оборудования, производящего большее число операций и, соответственно, выпускающего больший объем готовой продукции за единицу времени. Однако при этом не всегда из-за технических и конструктивных возможностей удается обеспечить безопасные в гигиеническом отношении условия труда. Использование высокопроизводительного оборудования, как правило, сопровождается достаточно высокими уровнями шума в производственном помещении, что увеличивает количество работников, подвергающихся неблагоприятному воздействию данного физического фактора, и повышает уровень профессионального риска.

В настоящее время трудно назвать отрасль народного хозяйства, в которой не имелось бы производственных участков с уровнями шума на рабочих местах, превышающими гигиенические нормативы. Такая же ситуация все чаще наблюдается и в непроизводственной сфере из-за особенностей организации рабочего пространства, рабочих мест и применения современных информационных и иных технологий, требующих использования определенной офисной техники, которая может являться источником шума (и других вредных факторов) для работников и служащих, занятых умственным трудом. Указанное определяет актуальность изучения и решения вопросов, связанных с гигиенической оценкой производственного шума и разработкой эффективной системы профилактических мероприятий по предупреждению его неблагоприятного воздействия на работающих.

**Цель занятия:** изучение особенностей биологического действия производственного шума, его гигиенической оценки и формирование навыков разработки системы профилактических мероприятий для предотвращения неблагоприятного воздействия производственного шума на организм работника.

**Задачи занятия:**

1. Изучить физические и физиолого-гигиенические характеристики шума.
2. Изучить классификации шума.
3. Усвоить принципы гигиенической оценки производственного шума.
4. Научиться разрабатывать систему профилактических мероприятий, направленных на снижение уровней производственного шума и уменьшение его неблагоприятного воздействия на организм работающего.

**Требования к исходному уровню знаний.** Для полного усвоения темы студенту необходимо повторить из курса:

- медицинской физики: механические колебания и волны;

- нормальной анатомии: строение и основные функции органа слуха;
- ЛОР-болезней: исследование слуха методом аудиометрии.

**Контрольные вопросы из смежных дисциплин:**

1. Гармонические колебания, амплитуда, фаза и период колебания.
2. Вынужденные колебания. Явление резонанса.
3. Характеристики звуковой волны.
4. Строение органа слуха.
5. Слуховая сенсорная система (восприятие звуковых волн).
6. Аудиометрические исследования (методы исследования слуха шепотной, разговорной речью, камертонами, при помощи аудиометра).

**Контрольные вопросы:**

1. Шум: определение, основные физические характеристики и их гигиеническое значение.
2. Физиолого-гигиенические характеристики звука.
3. Характеристика слышимой области человека: частотная, по звуковому давлению и интенсивности звука, пороги слышимости и болевого восприятия. Особенности слуховой чувствительности.
4. Закон Вебера–Фехнера и его значение для гигиенической оценки шума. Понятие о децибелах (дБ, дБА), шкала децибел.
5. Основные источники шума на производстве (технологические процессы и операции, оборудование).
6. Классификации шума: по источнику образования, среде распространения, временным характеристикам, частотному составу, характеру спектра.
7. Особенности биологического действия шума на организм работающих.
8. Нормируемые параметры производственного шума. Принципы гигиенической оценки результатов лабораторных измерений производственного шума.
9. Основные положения нормативных правовых и иных актов, регламентирующие гигиенические требования к производственному шуму и его источникам.
10. Содержание системы профилактических мероприятий по предупреждению и снижению неблагоприятного воздействия производственного шума: санитарно-гигиенические, технологические, санитарно-технические (средства коллективной и индивидуальной защиты), медико-профилактические мероприятия.

## ВВЕДЕНИЕ

Понимание и знание физических характеристик звуковых волн, особенностей их восприятия организмом человека является фундаментальной основой для проведения гигиенической оценки производственного шума, прогнозирования его неблагоприятного действия на организм работающих и разработки эффективной системы профилактических мероприятий для управления профессиональными рисками.

### ФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ КАК ОСНОВА ПРОФИЛАКТИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ

С гигиенических позиций **шум** — совокупность звуков разной интенсивности и частоты, беспорядочно изменяющихся во времени и вызывающих у человека неприятные ощущения и объективные изменения органов и систем организма.

С акустической точки зрения шум — это механические волновые колебания частиц упругой среды (газа, жидкости или твердого тела), возникающие под воздействием какой-либо возмущающей силы.

**Звук** — колебательное движение частиц упругой среды, распространяющееся в виде волн в газообразной, жидкой или твердой средах. С точки зрения акустики звук — это явление, которое субъективно воспринимается слуховым анализатором человека и животных.

Колебания вибрирующего тела под действием внешней силы передаются ближайшим частицам среды, от них — все более отдаленным. Каждая частица при этом совершает колебания относительно равновесного состояния, в котором она находилась до возбуждения. Простейшее колебание представляет собой гармоническое колебание в виде синусоиды. К основным физическим характеристикам колебательного процесса относятся: частота, период колебания, длина волны, амплитуда, скорость распространения. Кроме того, физическими характеристиками звуковой волны являются уровень звукового давления и интенсивность звука.

**Частота** ( $f$ ) — число колебаний в секунду, измеряется в герцах (Гц). 1 Гц — это одно колебание, совершаемое за 1 с.

Человек способен слышать звуки в частотном диапазоне 16 до 20 000 Гц.

**Период колебаний** ( $T$ ) — время, в течение которого совершается одно полное колебание. Между частотой и периодом колебания существует обратно пропорциональная зависимость:

$$T = \frac{1}{f}.$$

**Длина волны ( $\lambda$ )** — расстояние между ближайшими друг к другу точками, колеблющимися в одинаковых фазах (измеряется в метрах и производных от них единицах). Между частотой и длиной колебаний имеется обратно пропорциональная зависимость: чем больше частота, тем меньше длина волны. Связь между длиной волны ( $\lambda$ ), скоростью ( $v$ ) и периодом колебаний ( $T$ ) выражается следующей зависимостью:

$$\lambda = v T$$

С учетом указанных особенностей связи между физическими характеристиками низкочастотные звуковые колебания распространяются на большие расстояния, чем высокочастотные (при прочих равных условиях).

**Амплитуда колебания ( $A$ )** — наибольшее отклонение колеблющейся частицы от точки устойчивого равновесия. Амплитуда колебаний характеризует интенсивность звука (звуковую энергию волны) и в значительной степени обуславливает субъективное восприятие человеком громкости звука.

**Интенсивность, или сила, звука ( $I$ )** — это звуковая энергия, которая приходится на  $1 \text{ м}^2$  площади поверхности, расположенной перпендикулярно распространяющимся звуковым волнам. Единицей измерения интенсивности звуковых колебаний является  $\text{Вт/м}^2$ . Ухо человека воспринимает звуковые волны с интенсивностью звука от  $10^{-12} \text{ Вт/м}^2$ .

Колеблющееся тело в воздушной среде образует звуковые волны, которые распространяются с определенной *скоростью*. Скорость распространения звука во многом зависит от характеристики среды и определяется ее упругостью и плотностью. Звуковые волны лучше распространяются в плотных и твердых средах. Самая большая скорость звука наблюдается в твердых телах, ниже — в жидкости, и самая низкая — в газах. Скорость звука также зависит от температуры: чем выше температура воздуха, тем больше скорость распространения звука в нем. Так, при температуре воздуха  $-150 \text{ }^\circ\text{C}$  скорость звука составляет  $216 \text{ м/с}$ , при температуре воздуха  $0 \text{ }^\circ\text{C}$  — приблизительно  $335 \text{ м/с}$ , при  $+1000 \text{ }^\circ\text{C}$  — около  $480 \text{ м/с}$ . Скорость звука в конкретных газах зависит от молярной массы: с увеличением молярной массы газа скорость будет снижаться. Звук не распространяется в вакууме, поэтому его скорость в этой среде равна нулю. Эти особенности распространения звука важны для выбора эффективных профилактических мероприятий с учетом среды его распространения. Например, при выборе типа конструкции окна при воздействии внешних источников шума самыми эффективными в плане шумозащиты производственных помещений являются окна с вакуумными стеклопакетами, в которых между стеклами создается вакуум.

Еще одной характеристикой звуковой волны является *звуковое давление*, которое представляет собой переменное давление, возникающее дополнительно к атмосферному при распространении звуковой волны. Оно изме-

ряется в  $\text{Н/м}^2$  или в паскалях (Па, единица СИ). Ухо человека воспринимает звуковое давление от  $2 \cdot 10^{-5} \text{ Н/м}^2$ .

Звуковым волнам присущи многие другие явления, связанные с распространением их в пространстве, которые должны учитываться при разработке мероприятий по шумоподавлению и шумопоглощению в системе профилактики неблагоприятного воздействия производственного шума.

Звуковые волны распространяются равномерно во всех направлениях, и их амплитуда уменьшается с увеличением расстояния от источника. Увеличению вдвое расстояния в воздухе соответствует уменьшение наполовину амплитуды звуковой волны, то есть уменьшение уровня звукового давления на 6 дБ. Следовательно, увеличив расстояние между источником звука (станком) и работающим человеком вдвое, уровень воспринимаемого последним звукового давления можно уменьшить на 6 дБ. Увеличению расстояния в 4, 8 и т. д. раз соответствует уменьшение уровня звукового давления соответственно на 12 дБ, 18 дБ и т. д. Однако вышесказанное действительно только в отсутствие объектов, отражающих или поглощающих звук, такие идеальные условия называются условиями свободного звукового поля и в реальной обстановке не наблюдаются, однако могут применяться инженерами при акустических расчетах. Находящиеся в звуковом поле объекты в большей или меньшей мере отражают, поглощают или пропускают звуковые волны.

На естественном затухании звуковых волн при распространении в воздухе основано определение оптимальных геометрических размеров и объемной формы цеха при различных технологических процессах с учетом частотной характеристики производственного шума. Форма параллелепипеда наиболее оптимальна, нежели кубическая в плане поглощения звуковой энергии при ее распространении в замкнутом пространстве (при прочих равных условиях).

Звуковая волна при ее падении на границу раздела с другой средой может отразиться от границы раздела, пройти в другую среду, изменить направление движения — преломиться от границы раздела (явление *рефракции*), поглотиться или одновременно совершить несколько из перечисленных действий. Степень поглощения и отражения зависит от свойств сред на границе их раздела. Различные строительные и отделочные материалы, способные поглощать, преломлять и отражать звуковые волны, используют для акустической отделки производственных помещений с целью шумозащиты работающих, а также подобные материалы могут использоваться при изготовлении специальных конструкций для звукопоглощения. Современные звукоизоляционные материалы имеют широкую ассортиментную линейку с разными шумозащитными свойствами и позволяют противодействовать практически всем видам шумов: воздушным, ударным, структурным; низко, средне- и высокочастотным и др.

*Интерференция* — усиление колебаний звука в одних точках пространства и/или ослабление колебаний в других точках в результате наложения двух или нескольких звуковых волн в зависимости от соотношения фазы колебания между ними. В результате наложения двух волн звук то усиливается, то ослабевает, что воспринимается на слух как биение. Интерференция наблюдается в помещениях, где источники производственного шума распределены в пространстве. На способность вызывать интерференцию влияет также частотная характеристика источников шума и направленность излучения звуковых волн. С усилением звука связано явление *резонанса* — значительного усиления амплитуды колебаний, возникающего при совпадении внешней (возбуждающей) частоты с внутренней (собственной) частотой колебательной системы с учетом фазы колебаний. Для предупреждения развития интерференции и акустического резонанса производят определенные расчеты, которые позволяют на практике для снижения возникающего шума обосновать рациональное расположение источников производственного шума, выбрать оптимальный режим его работы с учетом частоты колебаний, учесть направление распространения звуковых волн и их поглощение.

Важной особенностью звуковых волн является *реверберация* — это акустический эффект, возникающий при отражении звуковых волн от поверхностей в помещении (стен, мебели, тела человека и др.), вызывая тем самым еще большее количество отражений. Интервал между отражениями настолько короткий, что человеческий слух не способен распознать каждое колебание и все звуки воспринимаются сразу, а не по отдельности. Эффект усиливается в больших помещениях: звук продолжает отражаться от поверхностей даже после того, как источник сигнала затих, и воспринимается субъективно человеком как эхо. Такое наблюдается внутри больших производственных помещений, где велика площадь открытого кирпича, штукатурки, бетона, кафеля, стекла, металла, способных хорошо отражать звуковые волны. Если в таких помещениях есть несколько источников звука (разговор людей, различные работающие станки), то прямой звук накладывается на его громкие первые отражения, что приводит к повышению уровня шума в помещении и может привести к нарушению трудовых операций: неразборчивости речи, затруднению необходимой коммуникации между рабочими, а также может препятствовать восприятию профессионально важных аудиосигналов. Поглощение звука, обусловленного реверберацией, также учитывают при объемно-планировочных решениях производственных помещений — при обосновании их геометрических размеров (высота, ширина, длина) и отделке внутренних конструкций материалами с определенным коэффициентом звукопоглощения в определенном частотном диапазоне. Однако следует отметить, что явление реверберации иногда используется как полезное (при проектировании концертных залов, театров и др.) для изменения конечного субъективного

восприятия звука человеком (глубина, окраска, насыщенность), что важно в художественном смысле.

Способность огибать препятствия — еще одно ключевое свойство звуковых волн, называемое *дифракцией*. Степень огибания зависит от соотношения между длиной звуковой волны (и, соответственно, ее частотой) и размером находящегося на ее пути препятствия или отверстия. Если размер препятствия оказывается намного больше длины волны, то звуковая волна отражается от него. Если же размеры препятствия оказываются сопоставимыми с длиной волны или оказываются меньше ее, то звуковая волна подвергается дифракции. Это учитывают при определении размеров шумозащитных экранов и целесообразности их применения с учетом длины/частоты звуковых волн источника производственного шума.

## **ВОСПРИЯТИЕ ЗВУКОВЫХ СИГНАЛОВ СЛУХОВОЙ СЕНСОРНОЙ СИСТЕМОЙ**

В организме человека есть 2 пути проводимости звуковых колебаний — воздушный и костный. Ухо человека воспринимает эти колебания как слышимый звук благодаря работе слуховой сенсорной системы.

Распространяясь в газовой воздушной среде, звуковая волна образует сгущения и разрежения, которые создают добавочные изменения давления по сравнению с атмосферным. При колебании воздуха, например, с помощью хлопка, голоса или звука аудиоаппаратуры происходит резкое смещение его частиц и увеличение воздушного давления в этом месте. Благодаря упругим связям частиц воздуха избыточное давление передается на соседние частицы. Те, в свою очередь, воздействуют на следующие, и область повышенного давления как бы последовательно перемещается. За областью повышенного давления следует область пониженного давления, и таким образом образуется ряд чередующихся областей сжатия и разрежения, распространяющихся в воздухе в виде волны. Каждая частица упругой среды совершает колебательные движения, возвращаясь и оставаясь на месте. Это так называемая воздушная проводимость: звуковая волна, попадая в наружный слуховой проход, вызывает за счет звукового давления колебания барабанной перепонки, передающиеся на молоточек, наковальню и стремечко, смещение которого в дальнейшем и вызывает колебания жидкостей внутреннего уха и основной мембраны ушной улитки.

Костная проводимость связана со способностью звуковых колебаний распространяться по твердым телам (костям). Это передача звука напрямую ко внутреннему уху через кости черепа, минуя ухо наружное и ухо среднее. Источник звука обязательно должен при этом соприкасаться с головой и вы-

зывать вибрацию костей. Посредством костной проводимости звук могут воспринимать люди как с неизменным, так и с ослабленным слухом (это может использоваться в слуховых аппаратах для коррекции слуха при разработке медико-профилактических мероприятий). Наличие костной проводимости является одной из причин того, почему человек воспринимает звучание своего голоса по-иному, нежели оно слышится ему в записи. Поскольку кости черепа проводят более низкие частоты лучше воздуха, собственные голоса кажутся людям ниже и глубже по сравнению с тем, как они слышатся окружающим; в аудиозаписи же свой голос зачастую звучит выше ожидаемого.

Восприятие звуковых волн человеком и их анализ является достаточно сложным физиологическим процессом и осуществляется слуховой сенсорной системой (слуховым анализатором), которая состоит из периферического, проводникового и центрального отделов.

Периферический отдел включает наружное, среднее и внутреннее ухо. Два первых отдела служат для концентрации звуковой энергии, осуществления акустико-механических преобразований и передачи механических колебаний в жидкую среду внутреннего уха. В специализированных слуховых отделах внутреннего уха начинается частотный анализ механических колебаний, их преобразование в электрические потенциалы рецепторных волосковых клеток, а затем — в импульсную активность волокон слухового нерва. Различение частоты звука в улитке начинается уже на эластичной базилярной мембране, чья ширина и упругость непрерывно меняются от овального окна к геликотреме. Восприятие звукового сигнала начинается на наружных и внутренних волосковых клетках улитки. Быстрые изменения их рецепторного потенциала обычно воспроизводят форму звуковой волны и приводят к выделению нейромедиатора, в результате чего возбуждаются волокна слухового нерва.

Со слухового нерва начинается проводниковый отдел слуховой сенсорной системы, где вся информация о звуке представляется в виде частотно-импульсного кода нейронной импульсации. Отделы головного мозга, производящие передачу и первичный анализ информации о звуковом сигнале, составляют так называемый слуховой путь, состоящий из последовательно расположенных групп ядер: кохлеарные ядра, ядра верхней оливы, ядра боковой петли, ядра нижних холмиков, медиальные коленчатые тела. Нейроны каждого из этих отделов или уровней слухового пути обеспечивают анализ звукового сигнала по набору признаков: спектральным особенностям, особенностям временных изменений, наличию эха и т. д.

Высшие формы анализа и синтеза слуховой информации реализуются в корковом отделе слуховой системы (центральный отдел), где совместно с другими отделами коры головного мозга осуществляются классификация звука, формирование слухового ощущения и принимается решение о характере ответной реакции организма.

## ФИЗИОЛОГО-ГИГИЕНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ШУМА. СЛЫШИМАЯ ОБЛАСТЬ. ШКАЛА ДЕЦИБЕЛ

Шумы содержат звуки различных частот, при этом зона слышимых звуковых колебаний для органа слуха человека находится в пределах от 16 до 20 000 Гц. Акустические колебания с частотой менее 16 Гц называются инфразвуком, свыше 20 000 Гц — ультразвуком (до  $10^9$  Гц).

Для удобства описания и характеристики весь слышимый диапазон частот разбит на определенные интервалы частот — октавы. При этом выделяют основной (октавный) и третьоктавный ряд полос частот.

В основном ряде полос за октаву принимается диапазон частот, у которых верхняя граница частоты вдвое больше нижней (11,25–22,5; 22,5–45; 45–90; 90–180 Гц и т. д.). При этом весь слышимый диапазон укладывается в 11 октав. Для характеристики октавы на практике вместо указания верхней и нижней границы пользуются так называемой среднегеометрической частотой октавы. Ее рассчитывают как квадратный корень из произведения граничных частот октавы:

$$f_{\text{ср}} = \sqrt{f_1 f_2},$$

где  $f_1$  — нижняя граница частоты, Гц;  $f_2$  — верхняя граница частоты, Гц.

Учитывая то, что слышимый частотный диапазон был установлен эмпирически (опытным путем), и физиологические особенности восприятия человеческим ухом звуков, а именно то, что наше ухо имеет наибольшую чувствительность (наиболее низкие пороги чувствительности) к звукам в диапазоне 1000–5000 Гц (по данным научной литературы, граничные частоты могут отличаться) и восприимчивость у каждого человека разная и значительно изменяется у индивидуумов на крайних частотах слышимого диапазона (16 Гц и 20 000 Гц), то граничные октавы (первая и последняя) слышимого диапазона и, следовательно, их среднегеометрические частоты исключены из практики гигиенической оценки постоянного шума. То есть постоянный шум в гигиенической практике оценивается в 9 октавах (табл. 1). Следует обратить внимание, что речевой диапазон человека приходится на частоты от 300 до 3400 Гц.

*Таблица 1*

**Основной ряд октавных частот (верхняя и нижняя границы) и среднегеометрические частоты октав, принятые в гигиенической практике**

<b>Граничные частоты полос, Гц</b>	22,5– 45	45– 90	90– 180	180– 355	355– 710	710– 1400	1400– 2800	2800– 5600	5600– 11 200
<b>Среднегеометрическая частот <math>f_{\text{ср}}</math>, Гц</b>	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000

Для определения вида шума по спектральному составу (см. главу «Классификации шума и его источников»), а именно тонального шума, на практике используются третьоктавные полосы частот (табл. 2). При этом в третьоктавной полосе частот отношение верхней граничной частоты к нижней равно 1,26, а для характеристики такой октавы также используют среднегеометрическую частоту, которую рассчитывают аналогичным образом со среднегеометрической частотой, как и для основного ряда частот — как квадратный корень из произведения граничных частот октавы. Следует отметить, что третьоктавные полосы частот используются только при установлении спектрального состава постоянного шума, а гигиеническая оценка после установления вида шума проводится по основному ряду частот, для которого разработаны гигиенические нормативы (предельно допустимые уровни).

Таблица 2

**Ряд третьоктавных частот (верхняя и нижняя границы) и среднегеометрические частоты третьоктавных полос**

<b>Граничные частоты полос, Гц</b>	22–28	28–35	35–45	45–56	56–71	71–89	89–112	112–141	141–178
<b>Среднегеометрическая частот <math>f_{cp}</math>, Гц</b>	25	31,5	40	50	63	80	100	125	163
<b>Граничные частоты полос, Гц</b>	178–224	224–292	292–355	355–448	448–563	563–708	708–892	891–1123	1122–1413
<b>Среднегеометрическая частот <math>f_{cp}</math>, Гц</b>	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250
<b>Граничные частоты полос, Гц</b>	1412–1779	1778–2240	2238–2819	2819–3540	3548–4470	4465–5625	5621–7082	7077–8916	8909–11225
<b>Среднегеометрическая частот <math>f_{cp}</math>, Гц</b>	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10 000

Восприятие звуковых волн, распространяющихся в воздушной среде, связано добавочным изменением давления (давлением звуковой волны или звуковым давлением) по сравнению с атмосферным, которое вызывает колебания барабанной перепонки. Минимальное звуковое давление, способное вызвать ощущение слышимого звука, называется *порогом слышимости*, или *порогом восприятия*. Абсолютная величина этого порога зависит от частоты колебаний. Для принятого в акустике стандартного тона частотой 1000 Гц порог слышимости по звуковому давлению, воспринимаемый как слышимый звук, составляет  $2 \cdot 10^{-5}$  Н/м<sup>2</sup> ( $P_0$ ), то есть самый слабый звук (порог слышимости), обнаруживаемый слухом здорового человека, имеет размерность, равную 20 миллионным долям Н/м<sup>2</sup>. Это давление так мало, что ему соответствует перемещение барабанной перепонки на расстояние меньше диаметра одного атома.

Уникальность человеческого слуха заключается также в том, что наш слух способен воспринимать звуки со значительно большим звуковым давлением — в миллионы раз превышающим минимальное значение. Болевые ощущения возникают при значении звукового давления  $2 \cdot 10^2 \text{ Н/м}^2$ , это так называемый *болевой порог* ( $P_{\text{бп}}$ ), при котором может произойти острая акустическая травма.

При разработке (обосновании) гигиенических нормативов для физических факторов одним из ведущих аспектов является безопасное энергетическое воздействие фактора на организм человека. Звуковые волны являются носителями звуковой энергии, что характеризует интенсивность звука. Минимальное значение интенсивности звука, воспринимаемое человеком как слышимый звук и соответствующее порогу слышимости по звуковому давлению для стандартного тона частотой 1000 Гц, составляет  $10^{-12} \text{ Вт/м}^2$  ( $I_0$ ). При насыщении звуковой энергией до определенного предела слышимые ощущения могут граничить или переходить в болевые. Это наблюдается при интенсивности звука, составляющей  $10^2 \text{ Вт/м}^2$  ( $I_{\text{бп}}$ ).

Между кривыми порога слышимости и болевого порога по звуковому давлению и интенсивности звука находится *слышимая область* (рис. 1).

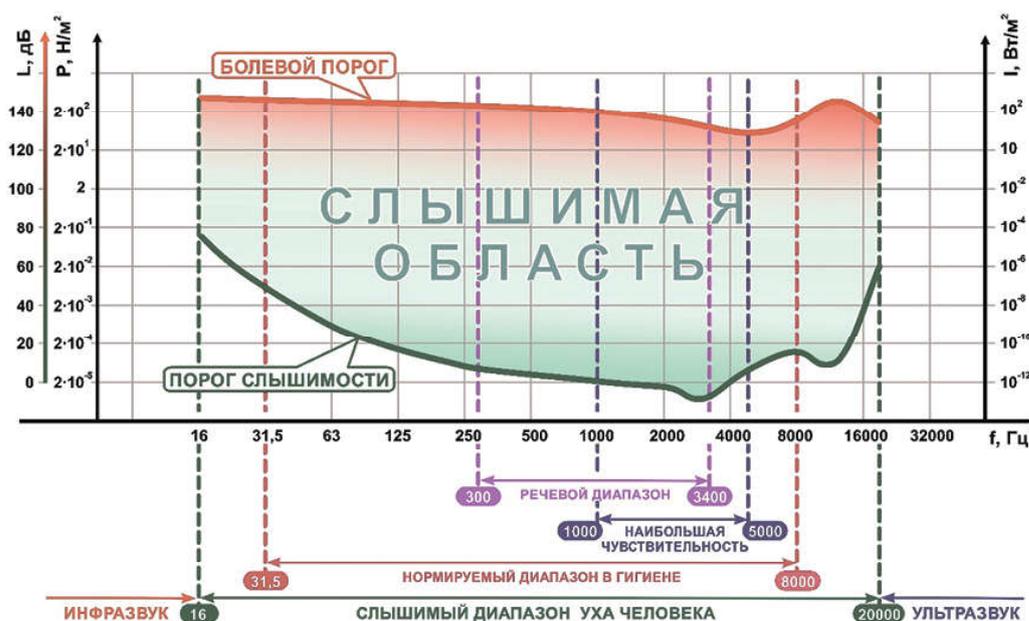


Рис. 1. Область слухового восприятия человека

Таким образом, слышимую область можно охарактеризовать по частотному составу, интенсивности звука и звуковому давлению, а также по их уровню в децибелах.

Здесь и далее следует понимать связь между субъективным восприятием человеком громкости и физическими характеристиками шума: чем выше чувствительность слуха у человека, тем ниже порог слышимости.

Следует отметить, что у разных людей и у одних и тех же лиц в разное время порог слышимости может различаться или меняться. Он зависит от возраста, физиологического состояния, тренированности и др. Так, с возрастом порог слышимости у людей повышается, то есть требуется более высокое значение звукового давления и, соответственно, больше звуковой энергии, чтобы звуковые колебания стали слышимыми. При действии внешних шумов и других звуковых раздражителей порог слышимости для данного звука также повышается, причем повышенное значение порога слышимости сохраняется некоторое время после прекращения действия мешающего фактора, а затем постепенно возвращается к исходному уровню (временное смещение порога слышимости). Измерения порога слышимости обычно производят методами аудиометрии.

Слышимая область (область слухового восприятия) человека имеет очень большой диапазон абсолютных значений как для интенсивности звука (от  $10^{-12}$  до  $10^2$  Вт/м<sup>2</sup>), так и для звукового давления (от  $2 \cdot 10^{-5}$  до  $2 \cdot 10^2$  Н/м<sup>2</sup>). Это затрудняет использование таких непомерно больших абсолютных значений этих показателей.

Кроме того, слуховой анализатор человека воспринимает указанный огромный диапазон интенсивностей звука и звукового давления по кратности изменения указанных величин, подчиняясь закону Вебера–Фехнера (воспринимается не абсолютный, а относительный прирост силы раздражителя (света, звука и т. п.), то есть существует логарифмическая зависимость между силой раздражителя и ощущением).

Поэтому для удобства (уменьшения диапазона абсолютных значений) в акустике и гигиене принята шкала децибел (дБ). Эта шкала учитывает приближенную логарифмическую зависимость между силой раздражителя и слуховым восприятием. В указанной измерительной системе пользуются не абсолютными величинами звуковой энергии или давления, а относительными, выражающими отношение величины интенсивности звука или звукового давления к их пороговым значениям. При построении этой шкалы децибел в качестве стандартизованного исходного значения («нулевая» точки отсчета уровней) звукового давления (и интенсивности звука) принят порог слышимости на частоте 1000 Гц ( $P_0$  и  $I_0$ ). Десятичный логарифм отношения двух интенсивностей  $I$  и  $I_0$  звука называется уравнением интенсивности  $L_I$ :

$$L_I = 10 \lg \frac{I}{I_0}.$$

При использовании абсолютных значений  $I_0$  и  $I_{\text{бп}}$ ,  $P_0$  и  $P_{\text{бп}}$  можно рассчитать диапазон уровней интенсивности и уровней звукового давления в дБ по формулам, учитывающим математическую зависимость  $I$  и  $P$ . Интенсивность звука и звуковое давление по этой шкале на практике выражают в логариф-

мических уровнях ( $L$ ) в относительных единицах — дБ. Таким образом, вся слышимая область (см. рис. 1) по интенсивности звука от порога слышимости  $I_0$  до болевого порога  $I_{\text{бп}}$  укладывается в 140 дБ:

$$L_I = 10 \lg \frac{I_{\text{бп}}}{I_0} = 10 \lg \frac{10^2 \text{ Вт/м}^2}{10^{-12} \text{ Вт/м}^2} = 10 \lg 10^{14} = 10 \cdot 14 = 140 \text{ дБ.}$$

Учитывая, что интенсивность звука пропорциональна квадрату звукового давления, то и по этому показателю вся слышимая область от  $P_0$  до  $P_{\text{бп}}$  укладывается в то же количество уровней — 140 дБ:

$$\begin{aligned} L_I &= 10 \lg \left( \frac{P_{\text{бп}}}{P_0} \right)^2 = 2 \cdot 10 \lg \frac{P_{\text{бп}}}{P_0} = 20 \lg \frac{P_{\text{бп}}}{P_0} = 20 \lg \frac{2 \cdot 10^2 \text{ Н/м}^2}{2 \cdot 10^{-5} \text{ Н/м}^2} = \\ &= 20 \lg 10^7 = 20 \cdot 7 = 140 \text{ дБ.} \end{aligned}$$

Это и позволяет избежать использования больших чисел, что наблюдалось бы при использовании абсолютных единиц ( $\text{Вт/м}^2$  и  $\text{Н/м}^2$ ), и упростить описание некоторых физиологических, акустических процессов и их гигиеническую оценку. Пользоваться логарифмической шкалой удобно, так как весь слышимый диапазон человеческого слуха укладывается в 140 дБ для уровней звукового давления и интенсивности звука.

По этой шкале ноль децибел соответствует звуковому давлению  $2 \cdot 10^{-5} \text{ Н/м}^2$ . Линейному (абсолютному) увеличению звукового давления ( $P$ ) в 10 раз соответствует в логарифмическом масштабе ( $L_p$ ) увеличение уровня на 20 дБ. Следовательно, звуковому давлению  $2 \cdot 10^{-4} \text{ Н/м}^2$  соответствует уровень 20 дБ, давлению  $2 \cdot 10^{-3} \text{ Н/м}^2$  — уровень 40 дБ и т. д. Если интенсивности силы звука ( $I$ ) в абсолютных единицах отличаются в 100, 1000, 10 000 раз, то по шкале децибел они имеют разницу в логарифмических уровнях соответственно в 20, 30, 40 дБ.

Логарифмическая шкала уровней в децибелах не дает полного представления о громкости звука, так как звуки, имеющие одну и ту же интенсивность, но разную частоту, субъективно человеком на слух воспринимаются как неодинаково громкие. Имеющие низкую или очень большую частоту (вблизи верхней границы воспринимаемых частот) звуки ощущаются как более тихие в сравнении со звуками, находящимися в средней частотной зоне. Шкала децибел определяет лишь физические особенности звука, а восприятие звуковых колебаний человеком представляет достаточно сложный процесс, который вкратце был уже описан выше.

К физиологическим характеристикам слухового ощущения человеком звука относятся высота, тембр и громкость звука, которые связаны с частотой, гармоническим спектром и интенсивностью, физическими объективными характеристиками звуковой волны.

**Высота звука** — это ощущение ухом человека частоты колебаний звуковой волны. Чем больше частота колебаний, тем более высоким воспринимается звук человеком.

**Тембр** — это качественная характеристика слухового ощущения (окраска звука), обусловленная присутствием в гармоническом спектре звука дополнительных тонов (обертонов) к основному тону, придающих звуку особый неповторимый оттенок.

Факторы, определяющие субъективную громкость звука у человека, очень сложны. **Громкость звука** — это субъективное ощущение его интенсивности. Единицами громкости являются фонны и соны.

Фон — логарифмическая единица для оценки уровня громкости звука. Громкость в 1 фон — это громкость непрерывного чистого синусоидального тона частотой 1 кГц, создающего звуковое давление  $2 \cdot 10^{-6}$  Н/м<sup>2</sup>.

Одним из факторов, определяющих громкость, является зависимость чувствительности человеческого слуха от частоты звука. Шкала фоннов от шкалы децибелов отличается тем, что в ней значения громкости коррелируются с чувствительностью человеческого слуха на разных частотах. У чистого тона с частотой 1000 Гц уровень в фонах численно равен уровню в децибелах, для других частот используют специальные поправки. Громкость шума также зависит от ширины частотного спектра и определяется полосой с наибольшими уровнями звукового давления. Зависимость звукового давления от частоты описывают кривые равной громкости — изофоны (рис. 2).

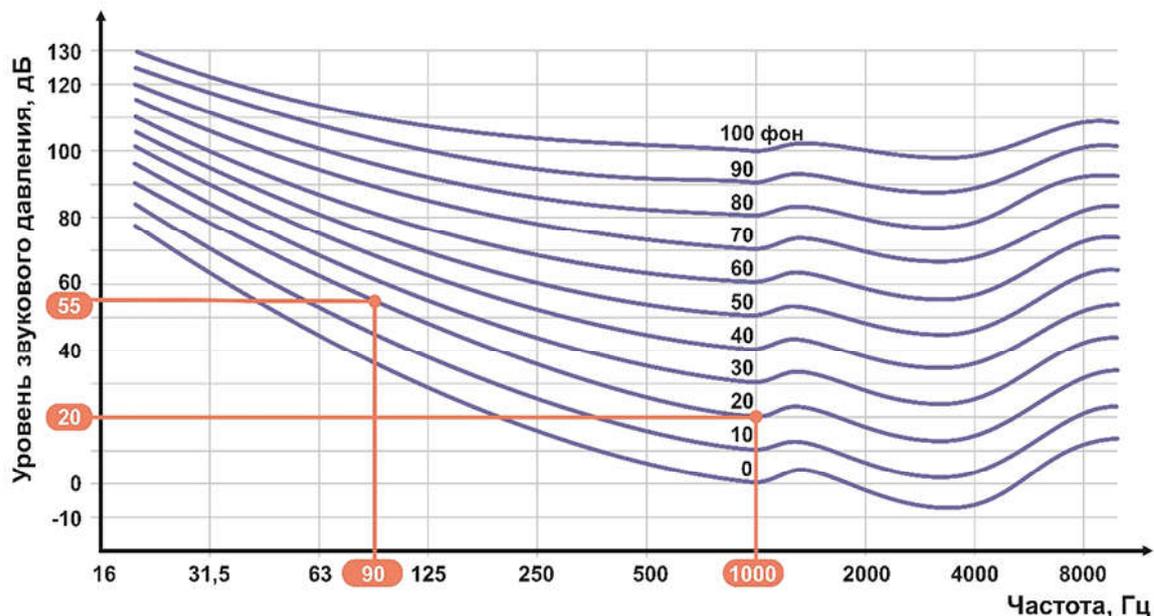


Рис. 2. Кривые равной громкости (изофоны)

С помощью диаграммы кривых равной громкости можно определить уровень громкости чистого тона какой-либо частоты, зная уровень создаваемого им звукового давления. Например, если синусоидальная звуковая волна частотой 90 Гц создает звуковое давление с уровнем 55 дБ, то, проведя прямые, соответствующие этим значениям на диаграмме, находим на их пересечении изофону, соответствующую уровню громкости 20 фон. Это значит, что данный звук имеет уровень громкости 20 фон. Кроме того, звук с частотой 1000 Гц и звуковым давлением 20 дБ будет иметь такую же громкость (20 фон).

В гигиенической практике часто представляет интерес не уровень громкости, выраженный в фонах, а величина, показывающая, на сколько данный звук громче другого. Представляет интерес также вопрос о том, как складываются громкости двух разных тонов. Так, если имеются два тона разных частот с уровнем 70 фон каждый, то это не значит, что суммарный уровень громкости будет равен 140 фон.

Таблица 3

**Соотношение сонов и фонов разных уровней и для различных источников звука**

<b>Звук</b>	<b>Громкость, соны</b>	<b>Уровень громкости, фоны</b>
Порог слышимости	0	0
Тиканье наручных часов	0,02	10
Шепот	0,15	20
Звук настенных часов	0,4	30
Приглушенный разговор	1	40
Тихая улица	2	50
Обычный разговор	4	60
Шумная улица	8	70
Опасный для здоровья уровень	10	75
Пневматический молоток	32	90
Кузнечный цех	64	100
Громкая музыка	128	110
Болевой порог	256	120
Сирена	512	130
Реактивный самолет	2048	150
Смертельный уровень	16 384	180
Шумовое оружие	65 536	200

Сон — еще одна единица громкости звука. Шкала сонов является шкалой субъективной оценки, которая была разработана в результате многочисленных тестов испытуемых волонтеров и стандартизована Международной организацией по стандартизации. Полученные таким способом оценки показывают, что громкость возрастает как кубический корень из интенсивности звука. 1 сон соответствует уровню громкости 40 фон при частоте 1000 Гц. Шкалы сонов и фонов чистых тонов связаны однозначной зависимостью: при каждом увеличении уровня громкости на 10 фон число единиц сонов прибли-

зительно удваивается. Зависимость громкости от уровня звукового давления (и интенсивности звука) является сугубо нелинейной кривой, она имеет логарифмический характер. Это значит, что уровням громкости 40, 50 и 60 фон соответствуют громкости 1, 2 и 4 сона (табл. 3).

В гигиенической практике при лабораторных измерениях для характеристики громкости в шумомерах используется шкала децибел А — дБА. «А» в дБА означает, что при измерении на шумомере используется фильтр, который фиксирует уровни только на частотах от 16 до 20 000 Гц с той же частотной чувствительностью, что и ухо человека.

Важно отметить, что чувствительность уха человека имеет нелинейный характер и отличается на разных частотах. Так, чувствительность уха заметно низкая (что характеризуется высокими порогами слышимости) при частотах от 16 до 1000 Гц. Наибольшей чувствительностью человеческое ухо обладает в диапазоне частот от 1000 до 5000 Гц, где она практически постоянна и наблюдаются самые низкие пороги слышимости. После частоты 5000 Гц чувствительность уха снова уменьшается, то есть пороги слышимости возрастают. Так, чтобы услышать низкий тон с частотой 50 Гц, требуется звуковое давление, в 100 раз превышающее звуковое давление, соответствующее тону с частотой 1000 Гц, а звук с уровнем звукового давления 70 дБ на частоте 1000 Гц имеет такую же субъективную громкость, что и звук с уровнем звукового давления 85 дБ на частоте 50 Гц.

Уровень одинаковой громкости звуковых сигналов в фонах на разных частотах не соответствует уровню звукового давления в децибелах, и совпадают они лишь на частоте 1000 Гц. Именно поэтому в шумомерах используются специальные схемы, чувствительность которых изменяется согласно частотным особенностям чувствительности человеческого слуха. В настоящее время широко применяются различные схемы частотной коррекции (А, В, С, D). Наиболее широко в медицине используется частотная коррекция А, которая применяется при любой громкости. В гигиенической практике оценки и измерений шума эта шкала является основной. Поэтому чтобы оценить уровень громкости шума на рабочих местах со сложным спектром одним числом, используется стандартная частотная характеристика А, приближающаяся к частотной характеристике чувствительности человеческого уха, которая была описана выше. Поэтому все нормируемые параметры шума (см. главу «Принципы гигиенической оценки результатов лабораторных измерений производственного шума»), которые измеряются в дБА, являются одночисловыми характеристиками звука.

Шкалы В, С используются при измерении громких звуков, для которых чувствительность человеческого уха меньше изменяется в зависимости от частоты, шкала D — при измерении шумов самолетов в авиастроении.

## ОСОБЕННОСТИ БИОЛОГИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ШУМА НА ОРГАНИЗМ РАБОТАЮЩИХ

Шум является общебиологическим раздражителем, который в определенных условиях может оказывать неблагоприятное действие на все органы и системы организма человека. Воздействуя как стресс-фактор, интенсивный шум вызывает изменения реактивности центральной нервной системы, расстройства регуляции функционального состояния сердечно-сосудистой, эндокринной и других систем. Воздействие производственного шума может быть специфическим (ауральные эффекты) или неспецифическим (экстраауральные эффекты).

*Специфическое* действие связано с воздействием повышенных уровней шума на слуховую сенсорную систему. Ауральные эффекты развиваются при повреждении чувствительных нервных клеток внутреннего уха, слухового нерва и центральных церебральных образований слуховой системы. Повышенные уровни производственного шума при длительном воздействии способны вызывать профессиональную нейросенсорную тугоухость. Морфологической основой тугоухости шумового генеза являются дегенеративно-дистрофические процессы волосковых клеток спирального органа, а в дальнейшем спирального ганглия и проводящих путей слухового анализатора, то есть дегенеративный процесс развивается по типу восходящих сенсоневральных изменений. Патогенез нейросенсорной тугоухости до настоящего времени окончательно не изучен, и существует ряд теорий ее развития, таких как резонансная теория Гельмгольца, механическая теория «бегущей волны» Бекеша, сосудистая теория (нарушение в системе кровоснабжения и питания), теория нарушений взаимодействия коры и подкорки и др. Проявляется нейросенсорная тугоухость в первую очередь временным или постоянным повышением порога слышимости. Кроме сниженного слуха при нейросенсорной тугоухости в 90 % случаев присутствует и ушной шум, реже отмечаются головокружения системного характера. Поражение рецептора при данной тугоухости двустороннее, очень редко — одностороннее.

При проведении обязательных медицинских осмотров степень нейросенсорной тугоухости (степень потери слуха) объективно устанавливается с учетом постоянного смещения бинауральных порогов слышимости на частотах 0,5; 1 и 2 кГц:

- 1-я степень потери слуха — смещение до 20 дБ;
- 2-я степень потери слуха — смещение до 30 дБ;
- 3-я степень потери слуха — смещение более 31 дБ.

Длительное воздействие высоких уровней шума вызывает неблагоприятные последствия, сопряженные со значительным социально-гигиениче-

ским ущербом за счет общебиологического действия: развитие у работающих утомления, снижение работоспособности, повышение общей заболеваемости, что является следствием *неспецифического* действия шума (экстраауральные эффекты). Неблагоприятный акустический фон в условиях производства является также одной из причин производственного травматизма.

К экстраауральной патологии со стороны сердечно-сосудистой системы относится прежде всего артериальная гипертензия. Кроме того, заболевания сердечно-сосудистой системы потенцируют действие шума на орган слуха и повышают риск потери слуха в 1,5–1,7 раза. На фоне сосудистой патологии профессиональная нейросенсорная тугоухость характеризуется сокращением сроков развития, дополнительным повышением порогов слуха в области высоких частот, постепенным исчезновением специфических для шумового поражения аудиологических признаков с формированием пологонисходящего типа кривой слышимости. Отмечается корреляция частоты артериальной гипертензии с различными уровнями шумового воздействия. Некоторые авторы отмечают, что воздействие шума высокой интенсивности может приводить к нарушениям в иммунной и нейроэндокринной системах, что приводит к развитию приобретенного (вторичного) иммунодефицита с инволюцией лимфоидных органов и значительными изменениями содержания и функционального состояния Т- и В-лимфоцитов в крови и костном мозге. Отмечено неспецифическое действие повышенных уровней шума на пищеварительную (способствует развитию гастритов, язвенной болезни), репродуктивную и иные системы (как стресс-фактора).

## **КЛАССИФИКАЦИИ ШУМА И ЕГО ИСТОЧНИКОВ**

Классификация шума и его источников важна для проведения лабораторных измерений и гигиенической оценки различных видов шума, а также выбора приоритетных и наиболее эффективных профилактических мероприятий по его снижению с учетом расположения рабочих мест.

К шумному оборудованию (агрегатам) относят оборудование, создающее при своей работе эквивалентный уровень звука более 50 дБА. При этом отмечается, что количество шумного оборудования имеет тенденцию к увеличению как в производственных, так и в офисных помещениях, где работники заняты умственным трудом.

В непромышленной сфере и при выполнении умственного труда требуются полная сосредоточенность и точность. В настоящее время огромную популярность в западных странах и в нашей республике набирают большие открытые офисные помещения по типу open-space, в которых располагаются условные зоны для разговоров по телефону, общения, конференций и т. д. (рис. 3).

Open-space — это распространенный тип планировки офисного пространства, предполагающий общее расположение рабочих столов в помещении (без явного зонирования). Небольшие перегородки — это иногда единственные ограничения, которые могут быть в офисах данного типа. Планировка open-space имеет явные плюсы удобного способа организации рабочего пространства: повышает уровень коммуникабельности персонала, способствует снятию психологических барьеров между работниками и др. С точки зрения производственной санитарии и психогигиены труда open-space помещения имеют и ряд существенных недостатков, которые ограничивают их применение: невозможно продуктивно работать лицам, трудовая деятельность которых связана с решением тяжелых умственных задач, и работникам творческих профессий; исключает личное пространство; увеличивается риск заболевания инфекциями, передающимися воздушно-капельным и контактным путем.



Рис. 3. Open-space тип планировки пространства помещения для работников умственного труда

Однако наиболее важным недостатком такой планировки в первую очередь являются повышенные уровни шума: самой распространенной жалобой у работников таких помещений при анкетировании является отвлекающее действие шума, около  $\frac{2}{3}$  работников отмечали, что могли бы работать более продуктивно, если бы в помещении стало тише (по данным Oxford Economics).

Источники шума (звуковых раздражителей) для работников производственной сферы в зависимости от их расположения и вида можно разделить на следующие группы (классификация важна для выбора эффективных мер защиты):

- *внешние* (или уличные, располагающиеся вне здания);

– *внутренние* (располагающиеся в здании), которые, в свою очередь, подразделяются в зависимости от вида источника:

- на инженерно-технологическое оборудование здания;
- внутриофисные.

К внешним источникам шума относят:

– *микрорайонные* или *квартальные* (спортивные, игровые площадки, трансформаторные станции, работы по уборке территорий, дошкольные и школьные учреждения и др.);

– *внемикрорайонные* (крупные промышленные предприятия, учреждения культуры и отдыха, различные виды транспорта и др.).

К инженерно-технологическому оборудованию здания, являющемуся внутренним источником шума, относятся санитарно-технические системы и оборудование, ответственные за жизнеобеспечение работников в здании, работа которых может сопровождаться шумом:

– системы водоснабжения и канализации (истечение жидкостей по трубам и из кранов, работа насосов и др.), вентиляции («завывание» воздуха в вентиляционных шахтах, работа вентиляторов, электродвигателей, перемещение воздуха по воздуховодам и др.), отопления (работа насосов и др.);

– лифтовое оборудование (открывание и закрывание дверей, включение электрореле, работа электроподъемника и др.);

– мусоропроводы (используются в больших зданиях для централизованного накопления и удаления мусора из здания) и др.

К внутренним внутриофисным источникам шума относятся:

– разговоры работников (между собой, по телефону, по внутренней громкой связи и др.) и их перемещение (шаги);

– работа офисной техники (принтеров, сканеров, факсов, серверов, шредеров, копировальных аппаратов, телефонов, многофункциональных и других устройств, печатание на клавиатуре и др.);

– работа климатического оборудования (кондиционеров, вентиляторов, увлажнителей и обогревателей воздуха и др.);

– закрывающиеся двери (без доводчиков) в помещении;

– передвижение мебели по полу (стульев, столов, передвижных шкафов и тумб с документами) или пользование ее элементами (выдвижные ящики, дверки и др.).

Работа любого принтера может сопровождаться шумом, уровни которого зависят в первую очередь от режима работы (в режиме *offline* уровни значительно ниже), технологии нанесения изображения, скорости печати, типа подачи бумаги, общей компоновки.

Самыми шумными являются работающие матричные (игольчатые) принтеры, которые создают уровни шума порядка 55 дБА. Эти принтеры уступают в настоящее время место более современным, но продолжают ис-

пользоваться. В струйных принтерах лишь двигатель, управляющий головкой принтера, издает легкое гудение. Уровень шума при работе струйного принтера составляет около 40 дБА. Примерно такой же уровень шума имеют лазерные принтеры и копиры.

Однако наибольшее количество источников шума с более высокими интенсивностями встречается в различных видах производств. Источниками шума могут быть разнообразные двигатели, компрессоры, насосы, турбины, пневматические и электрические инструменты, молоты, дробилки, станки, центрифуги, бункеры и прочие установки, имеющие движущиеся детали, а также технологический транспорт. В табл. 4 приведены для сравнения уровни звука некоторых производственных и бытовых источников шума или видов деятельности/жизнедеятельности человека.

Таблица 4

Уровни звука некоторых источников шума

Источник шума	Уровень звука, дБА
Шум на уровне слуха от шелеста листьев	32
Комната в тихом доме ночью	34
Легкий шепот на расстоянии 1,5 м	40
Работа лазерного/струйного принтера	40–55
Работа матричного принтера	50–65
Торговый зал большого универмага	55
Комната с работающим оконным кондиционером	60–75
Диалоговая речь людей	60
Торговый зал супермаркета	65
Оживленный ресторан или буфет	69
Работающий легковой автомобиль на расстоянии 15 м	69
Работающий пылесос в частном доме на расстоянии 3 м	80
Звонящий будильник на расстоянии 0,6 м	82
Громкая камерная музыка в большой комнате	82–85
Работающие автобусы, грузовики, мотоциклы на расстоянии 15 м	85
Работающие пневматические ручные инструменты на расстоянии 15 м	86
Типографский печатный автоматический станок средних размеров	87
Работающий бульдозер на расстоянии 15 м	88
Работа бурильного молотка на расстоянии 15 м	90
Интенсивное городское движение (улица с автомобилями, пешеходами)	92
Работающий дизельный тягач на расстоянии 10 м	93–95
Работа шлифовальных станков	94
Работа воздушного компрессора средней мощности	96
Работа молотковой дробилки	96
Рабочее место вырубщика пластмасс	97
Работа отрезной пилы	98
Работа садовой газонокосилки	98
Работа многоточечного сварочного аппарата	98
Работа турбинного компрессора	104
Стук стальной плиты	106
Утечка газа под высоким давлением	106

Источник шума	Уровень звука, дБА
Работа магнитного сверлильного станка	106
Работа пневматического зубила	107
Работа пульверизатора	108
Работа большого воздушного компрессора	115
Пролетающий реактивный самолет на высоте 150 м	150

Важно для разработки системы профилактических мероприятий классифицировать производственные шумы. В зависимости от классификационного признака существует в настоящее время несколько различных классификаций производственного шума, воздействующего на организм работающего, в том числе и в непромышленной сфере.

**В зависимости источника возникновения** различают следующие виды шума:

- *механический* (возникает в результате движения отдельных деталей и узлов машин или механизмов (например, металлообрабатывающие станки), отдельной разновидностью этого вида шума является ударный, который возникает при некоторых технологических процессах, сопровождающихся соударением отдельных частей (ковка, штамповка, клепка); он в ряде случаев может быть импульсным);

- *аэродинамический* (образуется при больших скоростях движения газообразных сред: шумы газовых струй ракетных и реактивных двигателей; компрессорные установки и др.);

- *гидродинамический* (создается потоком жидкости либо процессами в жидкостях — кавитация, гидравлические удары, завихрения вблизи твердых границ и др.);

- *электромагнитный* (обусловлен работой электромеханических установок).

Эта классификация используется в первую очередь для разработки мероприятий технологического характера, учитывающих механизм возбуждения шума, она важна для использования проектными организациями, разрабатывающими новые технологические линии или производственное оборудование.

По среде распространения выделяют следующие виды звука (шума):

- *структурный*, распространяющийся в твердых телах;
- *воздушный*, распространяющийся в газовой среде и возникающий при первоначальном излучении звуковых волн в воздух (это речь, крик, лай, работа аудиоаппаратуры и др.).

Классификация шума **по временным характеристикам** используется при гигиенической оценке результатов его измерения и для разработки

профилактических мероприятий. По временным характеристикам шума выделяют:

– *постоянный* — шум, уровень звука которого за 8-часовой рабочий день (рабочую смену) изменяется во времени не более, чем на 5 дБА, при измерениях на стандартизованной временной характеристике шумомера «медленно»;

– *непостоянный* — шум, уровень звука которого за 8-часовой рабочий день (рабочую смену) изменяется во времени более, чем на 5 дБА, при измерениях на стандартизованной временной характеристике шумомера «медленно».

В свою очередь, непостоянный шум подразделяют:

– на *прерывистый* (уровень звука которого изменяется во времени ступенчато на 5 дБА и более, причем длительность интервалов, в течение которых уровень остается постоянным, составляет 1 с и более);

– *импульсный* (шум, состоящий из одного или нескольких звуковых сигналов, каждый длительностью менее 1 с, при этом уровни звука, измеренные на стандартизованных временных характеристиках шумомера «импульс» и «медленно», отличаются на 7 дБА и более);

– *колеблющийся* (уровень звука которого непрерывно изменяется во времени).

**По характеру спектра** постоянный шум подразделяют:

– на *широкополосный* — шум с непрерывным спектром шириной более одной октавы;

– *тональный* — шум, в спектре которого имеются выраженные дискретные (тональные) составляющие тона. Это определение описывает субъективное восприятие человеком такого вида шума. Объективно установить тональный характер шума можно измерением уровня звукового давления шумомером с использованием фильтров, которые выделяют третьоктавные полосы частот. При этом на среднегеометрических частотах третьоктавного ряда частот будет отмечаться разница уровней звукового давления в одной полосе с соседними не менее, чем на 10 дБ.

Тональный постоянный шум является более агрессивным биологическим раздражителем по сравнению с широкополосным, поэтому эта классификация используется при гигиенической оценке шума.

Важной характеристикой постоянного шума является диапазон частот, на которые приходится максимум звуковой энергии, — это в определенной степени определяет биологическое действие шума. Постоянный шум **по частотному составу** подразделяют:

– на *низкочастотный* — максимум уровня звукового давления приходится на области частот ниже 400 Гц;

– *среднечастотный* — максимум звукового давления приходится на частоты от 400 до 1000 Гц;

– *высокочастотный* — максимум звукового давления в области частот выше 1000 Гц.

Данная классификация по частотному составу постоянного шума используется для прогнозирования возможных изменений в состоянии здоровья работников, подвергающихся его воздействию. Также эта классификация шума используется конструкторами и инженерами для разработки технологических и санитарно-технических профилактических мероприятий. При этом необходимо учитывать, что только объекты, размеры которых значительно больше длины волны звука (частота связана с длиной волны), серьезно нарушают звуковое поле.

## **ПРИНЦИПЫ ГИГИЕНИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ЛАБОРАТОРНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ШУМА**

В Республике Беларусь для осуществления государственного санитарного надзора создана, используется и совершенствуется нормативная правовая и методическая база для проведения гигиенической оценки производственного шума, включающая ряд нормативных правовых и иных актов.

Под производственным шумом понимают шум, который воздействует на человека на его рабочем месте в процессе выполнения трудовой деятельности и возникает во время производственного процесса при работе машин, оборудования, инструментов, техники.

Ниже мы приводим 4 принципа гигиенической оценки производственного шума и их толкование.

*1. Нормируемые параметры производственного шума устанавливаются с учетом его временных характеристик.*

При проведении лабораторных измерений шума важно знать, какие из всех его физических характеристик должны подвергаться количественной оценке и измерению, такие характеристики называют нормируемыми параметрами.

Для постоянного шума нормируемыми параметрами являются:

- уровень звукового давления, измеренный в дБ в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами 31,5; 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 и 8000 Гц;
- уровень звука, измеренный в дБА.

Для непостоянного шума нормируемые параметры:

- эквивалентный уровень звука, измеренный в дБА;
- максимальный уровень звука, измеренный в дБА (для импульсного шума максимальный уровень звука — в дБА<sub>I</sub>, измеренный на временной характеристике «импульс» средства измерения).

Шум производственного происхождения меняется по интенсивности, частоте и времени в зависимости от типа и количества машин и механизмов, задействованных в технологическом процессе. Поэтому оценку шумового загрязнения производственной среды и его биологического действия на человека целесообразно проводить, используя понятие эквивалентного уровня энергии шума, который определяется расчетным методом после измерений и соответствует по энергии уровню соответствующего постоянного шума.

«I» в аббревиатуре дБАI при измерении максимального уровня импульсного звука обозначает, что измерения данного нормируемого показателя проводились на временной характеристике шумомера «импульс» (от англ. *impulse*) для упрощения чтения результатов измерений.

*2. Гигиеническим нормативом для нормируемых параметров производственного шума является предельно допустимый уровень (ПДУ).*

ПДУ — уровень шума, который при ежедневной (кроме выходных дней) работе, но не более 40 ч в неделю в течение всей трудовой деятельности, не должен вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья человека, обнаруживаемых современными методами исследований у настоящего и последующего поколений. При этом следует отметить, что соблюдение ПДУ нормируемых параметров шума не исключает нарушения здоровья у лиц с повышенной индивидуальной чувствительностью.

*3. Величина ПДУ нормируемых параметров устанавливается с учетом вида трудовой деятельности и расположения рабочих мест, тяжести и напряженности трудового процесса.*

Этот принцип отражает дифференцированный подход к разработке цифровых значений или величины ПДУ для разных для видов трудовой деятельности и рабочих мест с учетом условий, тяжести и напряженности труда. Так, для видов трудовой деятельности, которая характеризуется более выраженными показателями напряженности трудового процесса, установлены более жесткие в гигиеническом отношении значения ПДУ, то есть величина ПДУ ниже по сравнению с другими видами работ.

*4. Гигиеническая оценка результатов измерения производственного шума проводится по абсолютной разности превышения фактическими или оценочными уровнями нормируемых параметров соответствующих значений ПДУ.*

Под гигиенической оценкой понимают определение соответствия значений показателей факторов среды обитания человека (в данном случае производственного шума) требованиям санитарных норм, правил и гигиенических нормативов, используемых при осуществлении государственного санитарного надзора.

При гигиенической оценке результатов следует проводить коррекцию результатов измерения нормируемых параметров шума. Коррекция — любая

величина (положительная или отрицательная), которая прибавляется к измеренному или рассчитанному по результатам измерения значению уровня шума для того, чтобы учесть влияние на него дополнительных факторов, связанных с местом измерения (например, влияние фонового остаточного шума, звукопоглощающих свойств помещения и т. д.) или с особенностями источника шума. Оценочный уровень — измеренное или рассчитанное значение уровня звука с учетом коррекции. Оценочный уровень подлежит гигиенической оценке.

Так, коррекция +5 дБ или +5 дБА для фактически измеренных значений нормируемых параметров проводится с учетом:

- вида шума;
- наличия санитарно-технических систем.

Если в заданном (опорном) временном интервале шум является тональным, то при лабораторных измерениях тонального шума фактические измеренные значения уровня звукового давления следует увеличивать на 5 дБ и уровень звука на 5 дБА (коррекция на тональность шума), а при измерении импульсного шума фактические измеренные значения эквивалентного уровня звука следует увеличивать на 5 дБА (коррекция на импульсность шума), чтобы получить оценочные уровни.

Если на рабочих местах производились измерения шума, создаваемого системами кондиционирования, воздушного отопления, принудительной вентиляции, холодильными установками, насосами систем отопления и водоснабжения, то коррекция осуществляется путем добавления к фактическим измеренным значениям уровня звукового давления постоянного шума 5 дБ и к фактическим измеренным уровням звука постоянного шума и эквивалентному уровню непостоянного шума 5 дБА (при этом коррекция на импульсность или тональность шума уже не осуществляется).

В протокол лабораторных измерений вносятся:

- фактические измеренные значения нормируемых параметров;
- оценочные уровни нормируемых параметров (если проводилась коррекция);
- значения ПДУ нормируемых параметров;
- превышение ПДУ (если таковое имеется).

В протоколе лабораторных измерений указывается на сколько дБ или дБА фактическими уровнями (если не требуется коррекция) или оценочными уровнями (если проводилась коррекция) превышено значение ПДУ. Причем превышение ПДУ хотя бы одним из нормируемых параметров постоянного и непостоянного шума оценивается как нарушение установленных требований.

## **ОЦЕНКА ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ШУМА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ КОМПЛЕКСНОЙ ГИГИЕНИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ УСЛОВИЙ ТРУДА**

Гигиеническая оценка шума на рабочем месте проводится:

– при контроле за соблюдением требований законодательства в области санитарно-эпидемиологического благополучия (соблюдение требований специфических санитарно-эпидемиологических требований, санитарных норм и правил, гигиенических нормативов и др.);

– при комплексной гигиенической оценке условий труда по показателям вредности и опасности факторов производственной среды, тяжести и напряженности трудового процесса и аттестации рабочих мест (учитывается воздействие на рабочего всех вредных факторов, выявленных на рабочем месте);

– для подготовки санитарно-эпидемиологических характеристик условий труда работника с целью установления взаимосвязи условий его труда и состояния здоровья, обусловленного специфическим и неспецифическим действием производственного шума;

– при расследовании случаев профессиональных заболеваний (профессиональной нейросенсорной тугоухости);

– для оценки профессионального риска (при воздействии производственного шума и/или всего комплекса вредных производственных факторов) и др.

*При комплексной гигиенической оценке условий труда* учитывается степень отклонения фактических значений нормируемых параметров производственного фактора от их гигиенических нормативов, а также продолжительность воздействия фактора в течение смены. При этом используется гигиеническая классификация условий труда, которая позволяет отнести каждый оцениваемый вредный производственный фактор к определенному классу и затем определить в целом итоговый класс условий труда на данном рабочем месте — оптимальный (1-й класс), допустимый (2-й класс), вредный 1–4-й степени (классы 3.1–3.4), опасный (4-й класс):

1) оптимальные условия труда (1-й класс) характеризуются такими производственными факторами, при которых сохраняется здоровье работников и создаются предпосылки для поддержания высокого уровня работоспособности (оптимальные условия труда устанавливаются только для параметров микроклимата и факторов трудового процесса — тяжести и напряженности труда);

2) допустимые условия труда (2-й класс) характеризуются такими производственными факторами, уровни которых не выходят за пределы гигие-

нических нормативов, а возможные изменения функционального состояния организма, возникающие под их воздействием, восстанавливаются во время регламентированных перерывов или к началу следующей смены и не оказывают неблагоприятного действия в ближайшем и отдаленном периоде на состояние здоровья работников и их потомство;

3) вредные условия труда (3-й класс) характеризуются такими производственными факторами, уровни которых выходят за пределы гигиенических нормативов и оказывают неблагоприятное действие на организм работника и (или) его потомство. При этом выделяют в зависимости от величины превышения следующие 4 степени 3-го класса:

– 1-я степень 3-го класса (класс 3.1) характеризуется такими производственными факторами, уровни которых имеют отклонения от гигиенических нормативов и воздействие которых вызывает функциональные изменения в организме, восстанавливающиеся, как правило, при более длительном (чем к началу следующей смены) прерывании контакта с вредными факторами, и увеличивает риск повреждения здоровья;

– 2-я степень 3-го класса (класс 3.2) характеризуется такими производственными факторами, уровни которых имеют отклонения от гигиенических нормативов и вызывают стойкие функциональные изменения в организме, приводящие в большинстве случаев к увеличению производственно обусловленной заболеваемости (что проявляется повышением уровня заболеваемости с временной утратой трудоспособности и в первую очередь теми заболеваниями, которые отражают состояние наиболее уязвимых органов и систем для данных вредных факторов), появлению начальных признаков или легких (без потери профессиональной трудоспособности) форм профессиональных заболеваний, возникающих после продолжительной экспозиции (часто после 15 и более лет);

– 3-я степень 3-го класса (класс 3.3) характеризуется такими производственными факторами, уровни которых имеют отклонения от гигиенических нормативов и приводят к развитию, как правило, профессиональных заболеваний легкой и средней степеней тяжести (с утратой профессиональной трудоспособности) в период трудовой деятельности, росту хронических (производственно обусловленных) заболеваний, включая повышенные уровни заболеваемости с временной утратой трудоспособности;

– 4-я степень 3-го класса (класс 3.4) характеризуется такими производственными факторами, уровни которых имеют отклонения от гигиенических нормативов и при которых могут возникать тяжелые формы профессиональных заболеваний (с утратой общей трудоспособности), отмечается значительный рост числа хронических заболеваний и высокие уровни заболеваемости с временной утратой трудоспособности;

4) опасные условия труда (4-й класс) характеризуются такими производственными факторами, уровни которых значительно выходят за пределы гигиенических нормативов и воздействие которых в течение рабочей смены (или ее части) может создать угрозу для жизни работника, высокий риск развития острых профессиональных заболеваний, в том числе и тяжелых форм. При этом работа должна проводиться в соответствующих средствах индивидуальной защиты (СИЗ) и при строгом соблюдении режимов, регламентированных для такого вида работ и обеспечивающих безопасность для здоровья работников.

Класс условий труда при воздействии на работников производственного шума в зависимости от величины превышения действующих гигиенических нормативов устанавливается в соответствии с табл. 5.

Таблица 5

**Классы условий труда в зависимости от уровней шума на рабочем месте**

Название фактора, показатель	Класс условий труда					
	допустимый	вредный				опасный
	2	3.1	3.2	3.3	3.4	4
Превышение ПДУ до... (включительно)						
Шум. Уровни звука и звукового давления, эквивалентный уровень звука, дБ, дБА	< ПДУ	5	15	25	35	> 35

При воздействии производственного шума на работника:

– оценка постоянного шума проводится по результатам измерения уровней звука (в дБА) или звукового давления (в дБА) на временной характеристике шумомера «медленно»;

– оценка непостоянного шума производится по результатам измерения эквивалентного уровня звука интегрирующим шумомером.

При воздействии в течение смены на работника шумов с разными временными (постоянный; непостоянный — импульсный, прерывистый, колеблющийся) и спектральными (широкополосный, тональный) характеристиками в различных сочетаниях эквивалентный уровень звука измеряется или рассчитывается в соответствии с санитарными нормами и правилами, устанавливающими требования к эквивалентному уровню звука.

При комплексной гигиенической оценке вредные и опасные условия труда (3–4-й классы) при действии шума (и других виброакустических факторов — инфразвука, вибрации, ультразвука) устанавливаются с **учетом их времени воздействия (экспозиции) за смену** (табл. 6). При отнесении класса условий труда по шуму к допустимым подобные перерасчеты не производятся.

**Установление 3-го и 4-го класса условий труда по производственному шуму с учетом экспозиции уровней, превышающих предельно допустимый уровень**

<b>Продолжительность действия уровней шума, превышающих ПДУ</b>	<b>Класс условий труда по шуму</b>
Более 50 % продолжительности смены	Класс условий труда по шуму не изменяется
От 10 до 50 % (включительно) продолжительности смены	Класс условий труда по шуму снижается на одну степень, но не может быть ниже класса 3.1
При кратковременном разовом или неоднократном воздействии за смену при общей продолжительности воздействия шума до 10 % продолжительности смены	Класс условий труда по шуму снижается на 2 степени, но не может быть ниже класса 3.1

### **СИСТЕМА ПРОФИЛАКТИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО СНИЖЕНИЮ НЕБЛАГОПРИЯТНОГО ДЕЙСТВИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ШУМА**

Применяемая на практике система профилактических мероприятий должна учитывать следующие основные факторы: уровень профессионального риска, назначение помещения и вид источника шума, характеристику выполняемой работы, величину превышения гигиенических нормативов (ПДУ). Классификаций профилактических мероприятий достаточно много. На наш взгляд, наиболее полной и практичной является классификация, которая учитывает точки приложения проводимых профилактических мероприятий и приоритетность их проведения (или эффективности) в комплексе всех мероприятий (рис. 4).

*Санитарно-гигиенические мероприятия* играют первостепенную роль в системе профилактических мероприятий, так как они включают разработку и обоснование гигиенических нормативов (в данном случае — ПДУ) и исходя из этого определяют необходимость проведения профилактических мероприятий в целом. Кроме того, санитарно-гигиенические мероприятия являются группой с наиболее широким охватом, так как точками приложения для них являются источники шума (технологическое оборудование), путь распространения шума, восприимчивый организм работника.

Следующими по значимости следуют технологические профилактические мероприятия, так как, совершенствуя производственные процессы и оборудование, в некоторых случаях можно полностью исключить влияние шума на организм человека за счет создания технологического оборудования, при работе которого не отмечается превышение ПДУ производственного шума.

# СИСТЕМА ПРОФИЛАКТИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ

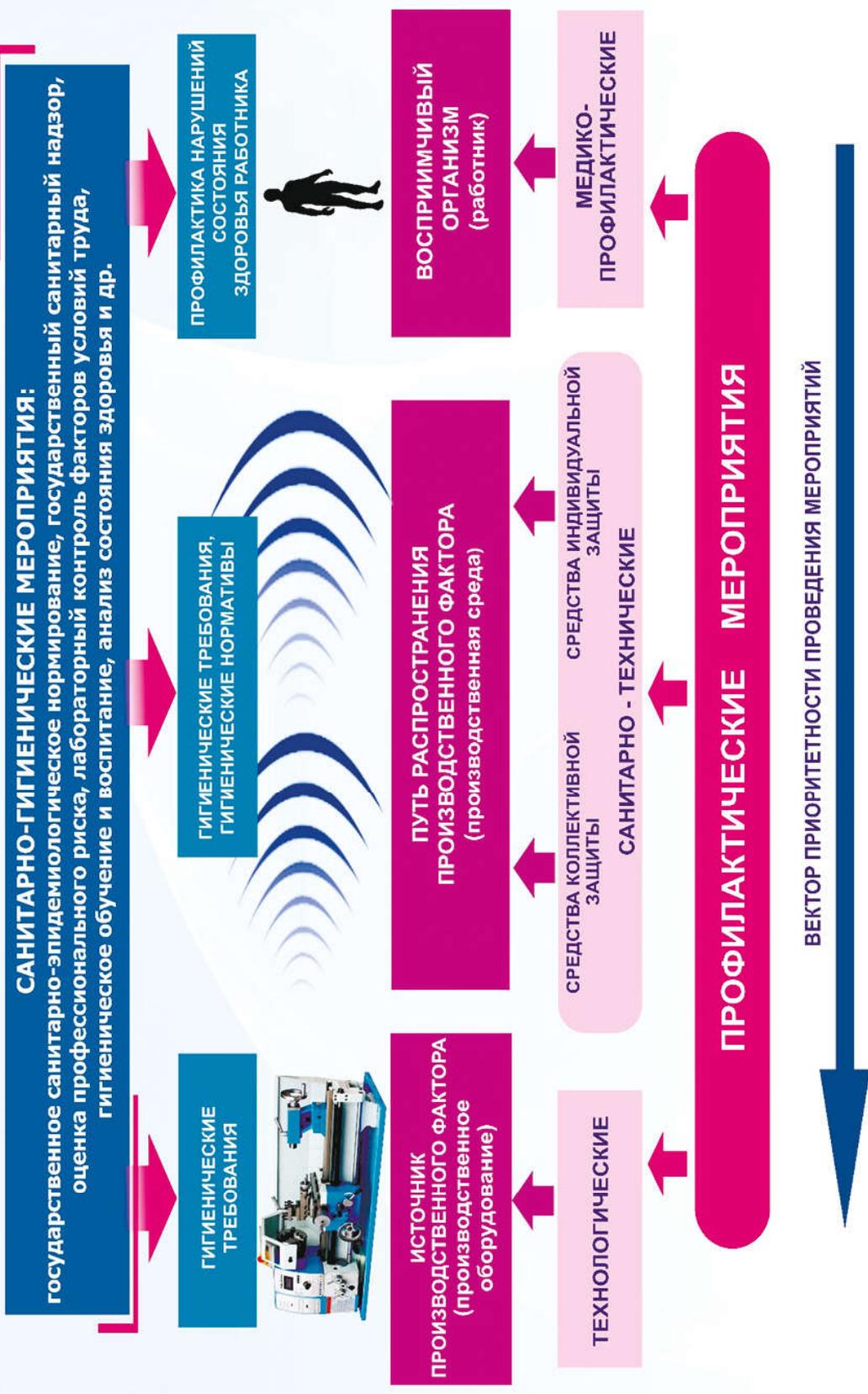


Рис. 4. Система профилактических мероприятий

Если современное развитие инженерной и конструкторской науки не позволяет достичь соблюдения гигиенических нормативов технологическими мерами, то становится актуальным проведение *санитарно-технических мероприятий*. Они направлены на снижение интенсивности производственных факторов на пути их распространения за счет применения специальных технических устройств, систем и приемов.

Санитарно-технические мероприятия включают 2 подгруппы мероприятий: средства коллективной защиты и СИЗ. Наибольшую приоритетность из них имеют средства коллективной защиты, так как они направлены на значительное количество работающих, обладают определенной достаточной эффективностью по нормализации производственной среды. Если средства коллективной защиты не позволяют соблюсти гигиенические нормативы, то следует применять СИЗ.

*Медико-профилактические мероприятия*, которые проводят медицинские работники организаций здравоохранения (лечебного, профилактического и других профилей), направлены на организм работающего человека и в их основе лежит предупреждение (снижение) глубины неблагоприятных биологических эффектов действия повышенных уровней производственного шума.

### САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ

Санитарно-гигиенические мероприятия проводятся специалистами санитарно-эпидемиологической службы и включают в себя следующие основные направления:

– государственное санитарно-эпидемиологическое нормирование, заключающееся в разработке, экспертизе, утверждении, распространении технических нормативных правовых актов (санитарных норм и правил, гигиенических нормативов), устанавливающих санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда и производственным процессам, которые сопровождаются производственным шумом;

– государственный санитарный надзор, включающий: государственную санитарно-гигиеническую экспертизу условий труда, нового технологического оборудования, являющегося источником шума, проектов промышленных предприятий и др.; проведение проверок промышленных предприятий и объектов надзора с целью оценки выполнения требований законодательства в области санитарно-эпидемиологического благополучия населения по разделу гигиены труда; социально-гигиенический мониторинг условий труда и состояния здоровья работников, подвергающихся воздействию производственного шума; меры профилактического и предупредительного характера; мероприятия технического характера (расследование случаев профессиональной нейросенсорной тугоухости и др.); санитарно-противоэпидемические мероприятия и эпидемиологическое слежение (рис. 5);

# ГОСУДАРСТВЕННЫЙ САНИТАРНЫЙ НАДЗОР –

деятельность по предупреждению, обнаружению, пресечению нарушений законодательства в области санитарно-эпидемиологического благополучия населения, санитарно-эпидемиологических, гигиенических требований и процедур, установленных техническими регламентами Таможенного союза, Евразийского экономического союза, осуществляемая в целях охраны здоровья и среды обитания человека, которая включает в себя:

- **государственную санитарно-гигиеническую экспертизу** – установление соответствия (несоответствия) объектов, подлежащих государственной санитарно-гигиенической экспертизе, требованиям законодательства в области санитарно-эпидемиологического благополучия населения;
- **государственную регистрацию** – систему учета и допуска к реализации и использованию продукции, представляющей потенциальную опасность для жизни и здоровья населения, признанной соответствующей требованиям законодательства в области санитарно-эпидемиологического благополучия населения;
- **социально-гигиенический мониторинг** – систему сбора, анализа и оценки информации о состоянии жизни и здоровья населения в зависимости от качества среды обитания человека;
- **эпидемиологическое слежение** – систему оценки санитарно-эпидемиологической обстановки, которая включает сбор, передачу, обработку, анализ и оценку информации о санитарно-эпидемиологической обстановке и проводится в целях разработки и принятия управленческих решений, направленных на повышение эффективности санитарно-противоэпидемических мероприятий;
- **санитарно-противоэпидемические мероприятия** – организационные, профилактические и иные мероприятия, направленные на устранение или уменьшение неблагоприятного воздействия на организм человека факторов среды его обитания, предотвращение заноса, возникновения и распространения инфекционных и массовых неинфекционных заболеваний, их локализацию и ликвидацию;



■ **выборочные и внеплановые проверки** организаций, их обособленных подразделений, представителей иностранных организаций, индивидуальных предпринимателей и физических лиц, осуществляющих производственную и хозяйственную деятельность, по вопросам соблюдения ими законодательства в области санитарно-эпидемиологического благополучия населения, санитарно-эпидемиологических, гигиенических требований и процедур, установленных техническими регламентами Таможенного союза, Евразийского экономического союза;

■ **мероприятия технического (технологического, поверочного) характера** – расследования возникновения профессионального заболевания (подозрения на заболевание), отбор проб и образцов продукции на всех этапах ее обращения для проведения исследований в аккредитованных лабораториях системы Министерства здравоохранения Республики Беларусь, изучение эффективности проводимых санитарно-противоэпидемических мероприятий, изучение и оценка факторов среды обитания человека;

■ **меры профилактического и предупредительного характера, предусмотренные законодательством о контрольной (надзорной) деятельности**, – проведение мониторинга, разъяснительной работы, семинаров, круглых столов, направленные рекомендации по недопущению недостатков в области санитарно-эпидемиологического благополучия населения.

Рис. 5. Государственный санитарный надзор

- проведение лабораторных измерений нормируемых параметров шума на производстве и в офисных помещениях для обоснования системы профилактических мероприятий;
- анализ состояния здоровья (результатов обязательных медицинских осмотров, профессиональной заболеваемости, заболеваемости с временной утратой трудоспособности, в том числе производственно обусловленной, и др.);
- оценку профессионального риска для здоровья при воздействии на работника производственного шума;
- гигиеническое обучение и воспитание (разъяснение работникам особенностей биологического действия производственного шума, необходимости соблюдения профилактических мероприятий, в том числе правильного применения СИЗ органа слуха, соблюдения режимов труда и отдыха, ориентация их на приверженность здоровому образу жизни для повышения медицинской активности работников) и др.

### **ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ**

Технологические мероприятия направлены на источники шума и включают в себя:

- изменение технологического процесса промышленных предприятий с целью снижения шума (область профессиональных задач технологов, инженеров);
- совершенствование и повышение качества покрытий автомобильных дорог для автомобильного транспорта;
- совершенствование полотна движения рельсового транспорта (специальная подготовка подлежащей поверхности и грунта, использование демпфирующих материалов, увеличение длины рельсов) и др.

Изменение технологического процесса промышленных предприятий с целью снижения шума может включать следующие распространенные инженерные и конструктивные решения в производственном оборудовании:

- использование материалов с большим акустическим сопротивлением, замена звучных материалов менее звучными (замена стальных и металлических элементов станков на пластмассовые);
- уменьшение технологических зазоров, припусков;
- использование технологических смазок;
- замена прямозубых шестерен на косозубые;
- замена подшипников качения на подшипники скольжения;
- замена возвратно-поступательного движения на вращательное;
- уравновешивание массы всех вращающихся деталей;
- уменьшение амплитуды колебаний;

- замена ударных операций безударными (клепки — пайкой, ковки и штамповки — обработкой давлением);
- автоматизация и дистанционное управление и др.

Кроме того, в конструкцию технологического оборудования могут включаться структурные элементы с учетом шумообразования, способные снизить уровни шума. Например, средства, снижающие шум вибрационного (механического) происхождения; средства, снижающие шум аэродинамического происхождения, поэтому они могут также быть отнесены и к санитарно-техническим (рис. 6); средства, снижающие шум электромагнитного происхождения; средства, снижающие шум гидродинамического происхождения.



Рис. 6. Глушитель цилиндрический аэродинамический

Технологические мероприятия для офисных помещений также весьма разнообразны и заключаются в выборе офисной техники, отвечающей гигиеническим требованиям, с определенными технологическими решениями, отвечающими требованиям гигиенических нормативов, и с подходящими потребительскими свойствами.

В офисных помещениях источником шума часто служит копировальная и печатная техника. Для снижения уровней шума от офисной техники следует в первую очередь обращать внимание на ее технические и шумовые характеристики и возможность их изменять. Лазерные и струйные модели принтеров работают тише, чем матричные. Во многих моделях современных принтеров и копиров для снижения уровня шума применяются различные технологические решения: в некоторых предусмотрен так называемый тихий режим Quiet Mode, но он снижает в несколько раз скорость печати, поэтому зачастую не пользуется популярностью у офисных работников. Во многом уровень шума определяется скоростью печати и тут есть общее правило: чем выше скорость печати, тем выше уровни шума. Использование многофункциональных устройств (МФУ), объединяющих в себе функции принтера, копира, факса, сокращает общее количество источников шума в офисе.

Беспроводной сетевой принтер — один из способов снижения шума за счет того, что его можно расположить на удалении от рабочих мест или в другой комнате. Такой принтер не нуждается в подключении к персональному компьютеру. Подобное решение является одновременно и технологическим (использование технологии передачи данных Wi-Fi), и объемно-планировочным.

Кроме офисной техники источниками шума в помещениях, где работники заняты преимущественно умственным трудом, может быть и климатическая техника, например кондиционер. В параметрах климатического оборуду-

дования уровень шума указывается отдельно для наружного (находящегося вне помещения) и внутреннего блока (находится непосредственно в офисном помещении). Шум внутреннего блока обусловлен звуком воздуха, проходящего вентилятор. Более низкие уровни шума будут создавать те модели кондиционеров, у которых внутренний блок больше по размерам (при одинаковой мощности двух сравниваемых кондиционеров), т. к. одинаковый объем воздуха, проходя через больший вентилятор, вращающийся с меньшей скоростью, создает меньше шума. Шум наружного блока прежде всего обусловлен шумом компрессора. Здесь значительно выигрывают инверторные модели кондиционеров (при этой технологии имеется возможность изменения частоты вращения двигателя компрессора). Хотя уровень шума кондиционеров типа on/off (не инверторные) в последнее время также значительно снизился.

### САНИТАРНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ

Санитарно-технические мероприятия включают в себя средства коллективной и индивидуальной защиты от шума.

Средства коллективной защиты можно подразделить:

1) на *градостроительные и архитектурно-планировочные*:

- рациональная разработка перспективных планов развития населенных мест;
- функциональное зонирование территории населенных мест с выделением селитебной (жилой) и промышленной территории;
- функциональное зонирование территории промышленного предприятия (предзаводская (размещается за пределами ограды или условной границы предприятия), производственная, подсобная, складская зоны);
- акустическое планирование зон и режима движения транспортных средств на территории предприятия за счет рациональной системы транспортных потоков (в населенном пункте — дорог и улиц и регулировки движения);
- создание и соблюдение санитарно-защитных зон вокруг источников шума (в соответствии с действующим законодательством);
- вынос за городскую черту аэропортов, железнодорожных вокзалов;
- рациональная планировка предприятий, зданий, цехов;
- рациональное размещение технологического оборудования, машин и механизмов, офисной техники;
- рациональное размещение рабочих мест с учетом расположения источников шума;
- создание шумозащищенных зон в различных местах нахождения работника;
- оборудование комнат психологической разгрузки и др.;



*a*



*б*



*в*



*г*



*д*



*е*

*Рис. 7. Строительно-акустические средства защиты от шума:*

*a* — шумопоглощающие сварочные кабины; *б* — звукоизолирующая (акустическая) кабина; *в* — звукоизоляция помещения (нанесение строительной звуко- и теплоизоляционной (пенополиуретановой) смеси на потолок здания); *г* — звукоизоляция помещения при помощи минераловатного материала; *д* — потолочные шумопоглощающие кулисы производственного цеха; *е* — потолочные шумопоглощающие кулисы офисного помещения

*2) строительно-акустические (рис. 7):*

- изолирующие ограждения зданий и помещений;
- строительство зданий-экранов;
- использование шумозащитных экранов вдоль автодорог;
- использование защитной полосы зеленых насаждений;
- обоснование рациональных геометрических размеров и формы производственных помещений;

– рациональное расположение инженерного оборудования в здании (лифтовые шахты и мусоропроводы должны примыкать к вспомогательным, складским, санитарно-бытовым помещениям) и др.;

– использование средств звукопоглощения (шумопоглощающая штукатурка и облицовка стен, штучные поглотители звука, звукопоглощающие кулисы и др.);

– звукоизоляция помещений и отдельных рабочих мест (звукоизолирующие кожухи, кабины, акустические экраны, выгородки);

– применение глушителей шума (абсорбционных, реактивных (рефлексных), комбинированных и др.);

– рациональный выбор системы оконных (использование многокамерных стеклопакетов, уплотняющих прокладок, выбор количества стекол в оконном проеме и толщины стекла) и дверных проемов, их качественный монтаж и др.

СИЗ органа слуха — устройства, предохраняющие орган слуха от воздействия уровней шума, превышающих ПДУ.

К СИЗ органа слуха относятся (рис. 8):

– противозумные вкладыши в наружный слуховой проход (однократного применения и многократного; твердые, волокнистые, эластичные и др.);

– противозумные наушники (антифоны);

– противозумные шлемы и каски.



Рис. 8. Средства индивидуальной защиты органа слуха:

*а* — наушники; *б* — наушники с креплением на каску; *в* — беруши; *г* — беруши на дужке

Кроме того, следует отметить, что СИЗ органов слуха в настоящее время можно разделить на 2 вида: пассивные и активные. Пассивные были приведены ранее, активные же СИЗ представляют собой наушники или беруши, которые могут усиливать слабые звуки окружающей производственной среды и подавлять громкие, опасные для слуха (рис. 9).



Рис. 9. Активные средства индивидуальной защиты органа слуха:  
а — беруши; б — беруши на дужке

### МЕДИКО-ПРОФИЛАКТИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ

Медико-профилактические мероприятия включают:

- проведение обязательных медицинских осмотров (предварительных, периодических) и внеочередных, как правило, с проведением аудиометрии и других исследований. При предварительных обязательных медицинских осмотрах решается вопрос о допуске человека к работе в условиях воздействия производственного шума. На рабочие места с превышением ПДУ по шуму не допускаются люди, имеющие кроме общих противопоказаний к работе с вредными и опасными условиями труда следующие заболевания: болезни системы кровообращения (артериальная гипертензия II степени и выше, рефрактерная к антигипертензивной терапии и (или) с частыми гипертоническими кризами (3 и более раз в месяц) (I10–I15)), другие болезни сердца (нарушения ритма и проводимости, сопровождаемые синкопальными состояниями (обмороками) (I44.1, I44.2, I45.6, I45.2, I45.3, I47, I48, I49.0, I49.3, I49.4, I49.5, I49.8)); болезни нервной системы: эпизодические и пароксизмальные расстройства (G40, G41, G43, G45, G46); болезни уха и сосцевидного отростка (шепотная речь менее 3 метров на одно или оба уха), болезни внутреннего уха (H80–H83), кондуктивная и нейросенсорная потеря слуха (H90); другая потеря слуха (H91); дегенеративные и сосудистые болезни уха (H93.0);
- диспансеризацию работников;

- повышение неспецифической резистентности организма (закаливание и др.);
- туалет наружного и среднего уха (особо важен при применении противошумных вкладышей, т. к. их регулярное применение приводит к усиленному образованию ушной серы);
- профилактику воспалительных заболеваний ЛОР-органов;
- витаминопрофилактику (витамин С для укрепления сосудистой стенки, витамины группы В для профилактики нарушений в работе нервной системы; поливитамины);
- учет анамнеза и настороженность при применении ототоксических лекарственных средств (антибиотики, нестероидные противовоспалительные, сердечно-сосудистые средства, контрацептивы, диуретики, антидепрессанты, транквилизаторы и др.);
- предупреждение воздействия промышленных ототоксических вредных веществ (серы, мышьяка, ртути, свинца, фосфора и их соединений; толуола, бензола, анилина, дигидроксилола и др.);
- функциональную противошумную музыку, которую рекомендуют использовать в цехах с уровнем звука 90–95 дБА, для этого применяют противошумные наушники, которые представляют собой индивидуальные противошумы, в которые вмонтированы миниатюрные электродинамические телефоны, шумозащитные качества обычных противошумов в этом случае усиливаются дополнительным эффектом, который создается низкочастотной специально подобранной функциональной музыкой, способной частично маскировать производственный шум, проникающий через наушники. Правильно подобранная и воспроизводимая функциональная музыка оказывает на человека положительное психофизиологическое воздействие: снимает напряжение и утомление, повышает производительность труда и нормализует психоэмоциональное состояние организма работника. Функциональную музыку также рекомендуют использовать во время обеденного и иных перерывов в работе, в комнатах психологической разгрузки (воспроизводится через динамики в помещении в фоновом режиме) для профилактики стрессового эффекта от воздействия шума;
- санаторно-курортное обеспечение (направление работников в профилактории, санатории др.);
- запрещение выполнения работ или нахождение рабочих в зонах с уровнем звука более **135 дБА** или уровнем звукового давления выше **135 дБ**, то есть близких к порогу болевого восприятия (140 дБА или дБ);
- при необходимости коррекцию слуха при профессиональной нейро-сенсорной тугоухости (использование современных цифровых слуховых аппаратов и др.);
- рациональный режим труда и отдыха (защита временем) и др.

## АЛГОРИТМЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ И ПРИМЕРЫ ОФОРМЛЕНИЯ САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКИХ ЗАКЛЮЧЕНИЙ

### Гигиеническая оценка постоянного широкополосного шума

При проведении выборочной проверки условий труда на рабочем месте токаря было установлено, что источником шума является токарный станок — станок для обработки резанием (точением) заготовок из металлов. Результаты измерения шума в механическом цехе машиностроительного завода на рабочем месте токаря представлены в табл. 7 (при измерении в третьоктавных полосах частот превышения уровней звукового давления в одной полосе над соседними составляли менее 10 дБ).

Таблица 7

**Результаты измерения шума в механическом цехе**

Место измерения	Уровни звукового давления в дБ в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровень звука, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Рабочее место токаря	80	76	79	74	70	81	89	91	83	88

*Задание:*

1. Оценить уровни шума на рабочем месте.
2. Оформить санитарно-гигиеническое заключение.

*Санитарно-гигиеническое заключение.* При проведении выборочной проверки условий труда на рабочем месте токаря механического цеха было установлено, что источником шума является токарный станок. Шум по временным характеристикам — постоянный, по спектральному составу — широкополосный (при измерении в третьоктавных полосах частот превышения уровней звукового давления в одной полосе над соседними составляли менее 10 дБ), по частотным характеристикам — высокочастотный (максимум звукового давления (91 дБ) приходится на октавную полосу со среднегеометрической частотой 4000 Гц).

Таблица 8

**Гигиеническая оценка измерений шума на рабочем месте токаря  
(механический цех)**

Параметр	Уровни звукового давления в дБ в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровень звука, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Фактический уровень	80	76	79	74	70	81	89	91	83	88
ПДУ	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80
Превышение ПДУ	—	—	—	—	—	6	16	20	14	8

При выборочной проверке условий труда на рабочем месте токаря были выявлены нарушения гигиенического норматива «Показатели безопасности и безвредности шумового воздействия на человека», утвержденного постановлением № 37 Совета Министров Республики Беларусь 25.01.2021 (табл. 8):

– превышение ПДУ уровней звукового давления в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами от 1000 до 8000 Гц на 6–20 дБ, с максимальным превышением в октавной полосе со среднегеометрической частотой 4000 Гц;

– превышение ПДУ уровня звука на 8 дБА.

Для предотвращения неблагоприятного воздействия шума на рабочем месте токаря рекомендуется проведение следующих профилактических мероприятий:

1) санитарно-гигиенических: контроль за условиями труда (в том числе лабораторный) на рабочем месте токаря; санитарно-гигиеническая экспертиза новых технологических линий и оборудования (при необходимости их установки); контроль за обеспеченностью СИЗ органов слуха работников механического цеха;

2) технологических: замена материалов, из которых выполнены части технологического оборудования, на материалы с более высоким акустическим сопротивлением; уравнивание массы всех вращающихся деталей; автоматизация и дистанционное управление; режущая часть токарного станка (резец) должна соответствовать материалу обрабатываемой детали;

3) санитарно-технических: архитектурно-планировочных (рациональное расположение шумного оборудования в выделенной для него части цеха), использование средств звукоизоляции (экраны, выгородки); использование специальных звукопоглощающих материалов (штукатурки, пенополиуретанового покрытия и др.) для отделки стен и потолка; использование штучных поглотителей шума, СИЗ органа слуха (наушников, противοшумных вкладышей);

4) медико-профилактических: медицинских осмотров (обязательных (предварительные, периодические), а также внеочередных (целевые) с проведением аудиометрии), наличие комнаты психологической разгрузки, витаминοпрофилактика (витамин С — для укрепления сосудистой стенки, группы В — для профилактики нарушений в работе нервной системы, поливитамины), организация рационального режима труда и отдыха с соблюдением продолжительности установленных перерывов (защита временем), запрет на нахождение работников в зонах с уровнем звука или звукового давления выше 135 дБ или дБА, туалет наружного и среднего уха, профилактика острых и обострения хронических заболеваний верхних дыхательных путей и уха, санация хронических воспалительных очагов, ограничение приема ототоксических лекарственных средств, санаторно-курортное лечение.

## ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОСТОЯННОГО ТОНАЛЬНОГО ШУМА

При проведении выборочной проверки условий труда на рабочем месте сборщика в сборочном цехе установлено, что на стенде сборки с использованием воздухоудовки проводятся пробные запуски дизельных двигателей, при пуске которых на работников воздействует производственный шум. Результаты измерения шума в третьоктавных полосах частот представлены в табл. 9.

Таблица 9

**Результаты измерения шума в сборочном цехе**

Место измерения	Уровни звукового давления в дБ в третьоктавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц										Уровень звука, дБА	
	800	1000	1250	1600	2000	2500	3250	4000	5000	5400		8000
Рабочее место токаря	97	98	100	118	100	104	116	102	97	104	100	88

*Задание:*

1. Оценить уровни шума на рабочем месте.
2. Оформить санитарно-гигиеническое заключение.

*Санитарно-гигиеническое заключение.* При проведении выборочной проверки условий труда на рабочем месте сборщика в сборочном цехе было установлено, что источником шума являются работающие дизельные двигатели и стенды, снабженные воздухоудовкой. Шум по временным характеристикам — постоянный, по спектральному составу — тональный (разница уровней звукового давления в третьоктавных полосах со среднегеометрическими частотами 1600, 3250 над соседними составляет более 10 дБ).

Таблица 10

**Гигиеническая оценка измерений шума на рабочем месте сборщика (сборочный цех)**

Параметр	Уровни звукового давления в дБ в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц				Уровень звука, дБА
	1000	2000	4000	8000	
Фактический уровень	98	100	102	100	99
Коррекция	+5	+5	+5	+5	+5
Оценочный уровень (с учетом коррекции)	103	105	107	105	104
ПДУ	75	73	71	69	80
Превышение ПДУ	+28	+30	+36	+36	+24

При выборочной проверке условий труда на рабочем месте сборщика были выявлены нарушения гигиенического норматива «Показатели безопас-

ности и безвредности шумового воздействия на человека», утвержденного постановлением № 37 Совета Министров Республики Беларусь 25.01.2021 (табл. 10):

– превышение ПДУ уровней звукового давления в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами от 1000 до 8000 Гц на 28–36 дБ, с максимальным превышением в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 4000 и 8000 Гц;

– превышение ПДУ уровня звука на 24 дБА.

Для предотвращения неблагоприятного воздействия шума на рабочем месте сборщика рекомендуется проведение следующих профилактических мероприятий:

1) санитарно-гигиенических: контроль за условиями труда (в том числе проведение инструментальных измерений) на рабочем месте сборщика; контроль за обеспеченностью СИЗ органа слуха работников сборочного цеха;

2) санитарно-технических: архитектурно-планировочных (рациональное расположение шумного оборудования в выделенной для него части цеха), использование средств звукоизоляции (экраны, выгородки, кожухи); использование специальных звукопоглощающих материалов (штукатурки, пенополиуретанового покрытия и др.) для отделки стен и потолка; использование штучных поглотителей шума, СИЗ органа слуха (наушников, противοшумных вкладышей);

3) медико-профилактических (приводятся в санитарно-гигиеническом заключении на стр. 44).

### **ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА НЕПОСТОЯННОГО ШУМА**

При проведении по обращению работников проверки условий труда на рабочем месте диспетчера троллейбусного депо было установлено, что он подвергается воздействию непостоянного прерывистого шума, источником которого являютсядвигающиеся троллейбусы. Эквивалентный уровень звука на рабочем месте диспетчера составил 65 дБА, а максимальный уровень — 106 дБА. Помещение диспетчерского пункта оборудовано установкой кондиционирования воздуха.

*Задание:*

1. Оценить уровни шума на рабочем месте.
2. Оформить санитарно-гигиеническое заключение.

*Санитарно-гигиеническое заключение.* При проведении проверки по обращению работников троллейбусного депо установлено, что источниками шума на рабочем месте диспетчера являютсядвигающиеся троллейбусы и

установка кондиционирования. Шум по временным характеристикам — непостоянный, прерывистый. Учитывая, что одним из источников шума является установка кондиционирования, была проведена коррекция (+5 дБА) фактически измеренного эквивалентного уровня звука для получения оценочного уровня.

Таблица 11

**Гигиеническая оценка измерений шума на рабочем месте диспетчера (троллейбусное депо)**

Параметр	Максимальный уровень звука, дБА	Эквивалентный уровень звука, дБА
Фактический уровень	106	65
Коррекция	–	+5
Оценочный уровень (с учетом коррекции)	–	70
ПДУ	110	65
Превышение ПДУ	–	+5

При проверке были выявлено нарушение гигиенического норматива «Показатели безопасности и безвредности шумового воздействия на человека», утвержденного постановлением № 37 Совета Министров Республики Беларусь 25.01.2021 (табл. 11): превышение ПДУ эквивалентного уровня звука непостоянного шума на 5 дБА.

Для предотвращения неблагоприятного воздействия шума на диспетчера троллейбусного депо на рабочем месте рекомендуется проведение следующих профилактических мероприятий:

1) санитарно-гигиенических: контроль за условиями труда на рабочем месте диспетчера; санитарно-гигиеническая экспертиза нового технологического и инженерного оборудования здания (систем кондиционирования) при необходимости его установки; контроль за обеспеченностью СИЗ работников;

2) санитарно-технических: применение методов коллективной защиты — архитектурно-планировочных (рациональное расположение диспетчерской кабины), звукоизоляция диспетчерской кабины; использование специальных звукопоглощающих материалов для отделки стен и потолка, СИЗ органа слуха (наушников, противошумных вкладышей);

3) медико-профилактических (приводятся в санитарно-гигиеническом заключении на стр. 44).

## РАСЧЕТ СРЕДНЕГО УРОВНЯ ЗВУКА ОТ НЕСКОЛЬКИХ ИСТОЧНИКОВ ПОСТОЯННОГО ШУМА

На участке лазерной резки сварочного цеха имеются три станка, генерирующие в течение всей смены шум с уровнями  $L_{1А}$  — 84 дБА,  $L_{2А}$  — 86 дБА,  $L_{3А}$  — 78 дБА; планируется установить еще два станка с уровнями шума  $L_{4А}$  — 82 дБА,  $L_{5А}$  — 80 дБА.

*Задание:*

1. Рассчитать средний уровень звука в цехе после установки дополнительных единиц оборудования.

2. Оформить санитарно-гигиеническое заключение о возможности установки дополнительных единиц оборудования.

*Алгоритм решения.* Расчет среднего уровня звука постоянного шума проводится в соответствии с методикой, изложенной в приложении 3 «Определение среднего уровня звука (октавных уровней звукового давления)» из ГОСТ 12.1.050-86 «Методы измерения шума на рабочих местах» (прил. 1). Средний уровень звука вычисляем по формуле:

$$L_{\text{ср}} = L_{\text{сумм}} - 10 \ln n,$$

где  $L_{\text{ср}}$  — средний уровень звука;  $L_{\text{сумм}}$  — суммарный уровень звука;  $n$  — количество источников шума.

*Таблица 12*

### Расчет суммарного уровня звука (энергетическое суммирование) и гигиеническая оценка результатов

Параметр, действие	Фактические уровни, дБА				
	$L_{1А}$	$L_{2А}$	$L_{3А}$	$L_{4А}$	$L_{5А}$
	<b>84</b>	<b>86</b>	<b>78</b>	<b>82</b>	<b>80</b>
Энергетическое суммирование (по приложению 3 из ГОСТ)	$\begin{array}{l} \backslash / \\ (2 / +2); 86 + 2 = \mathbf{88} \\ \backslash / \\ (10 / +0,4); 88 + 0,4 = \mathbf{88,4} \\ \backslash / \\ (6,4 / +1); 88,4 + 1 = \mathbf{89,4} \\ \backslash / \\ (9,4 / +0,5); 89,4 + 0,5 = \mathbf{89,9} \end{array}$				
$L_{\text{сумм}}$ , дБА	89,9				
$10 \ln n$ , $n = 5$	7				
$L_{\text{ср}}$ , дБА	82,9				
ПДУ, дБА	80				
Превышение ПДУ, дБА	2,9				

Таким образом, при установке дополнительных 2 единиц оборудования средний уровень звука в цехе составит 83 дБА.

*Санитарно-гигиеническое заключение.* При решении вопроса о возможности установки дополнительных единиц оборудования было выявлено, что на участке лазерной резки сварочного цеха уже имеется 3 единицы оборудования, являющегося источником постоянного производственного шума, и планируется установить еще на участке 2 станка, также являющихся источниками постоянного шума.

В соответствии с ГОСТ 12.1.050-86 «Методы измерения шума на рабочих местах» был определен средний расчетный уровень постоянного шума, который составил ~83 дБА (табл. 12). Расчетный уровень превышает ПДУ (80 дБА) на 3 дБА и является нарушением гигиенического норматива «Показатели безопасности и безвредности шумового воздействия на человека», утвержденного постановлением № 37 Совета Министров Республики Беларусь 25.01.2021.

### РАСЧЕТ ЭКВИВАЛЕНТНОГО УРОВНЯ ЗВУКА НЕПОСТОЯННОГО ШУМА

В цехе изготовления листового проката на рабочем месте прокатчика проведены измерения прерывистого шума в течение рабочей смены. Получены следующие результаты по уровням звука и продолжительности их воздействия:  $L_{A1}$  — 88 дБА (3 ч),  $L_{A2}$  — 85 дБА (2 ч),  $L_{A3}$  — 90 дБА (1 ч),  $L_{A4}$  — 95 дБА (1 ч),  $L_{A5}$  — 81 дБА (1 ч).

*Задание:*

1. Рассчитать эквивалентный уровень звука, оценить эквивалентный и максимальный уровни звука на рабочем месте.
2. Оформить санитарно-гигиеническое заключение.

*Алгоритм решения.* Для расчета эквивалентного уровня звука на рабочем месте следует воспользоваться приложениями 3 «Определение среднего уровня звука (октавных уровней звукового давления)» (прил. 1) и 4 «Расчет эквивалентного уровня звука прерывистого шума при измерении шумомером (шум в ступени — постоянный)» (прил. 2) из ГОСТ 12.1.050-86 «Методы измерения шума на рабочих местах».

В соответствии с приложением 4 из ГОСТ 12.1.050-86 «Методы измерения шума на рабочих местах» определяем поправки к значениям измеренных уровней звука в зависимости от продолжительности шума. Далее проводим энергетическое суммирование полученных разностей ( $L_{Ai} - \Delta L_{Ai}$ ) согласно приложению 3 из ГОСТ 12.1.050-86 «Методы измерения шума на рабочих местах».

## Гигиеническая оценка эквивалентного уровня звука непостоянного шума

Параметр, действие	Фактический уровень звука, дБА ( $L_{Ai}$ )				
Фактический уровень звука, дБА ( $L_{Ai}$ )	88	85	90	95	81
Время воздействия, мин	180	120	60	60	60
Поправка в соответствии с ГОСТ, дБА ( $\Delta L_{Ai}$ )	4,2	6	9	9	9
$L_{Ai} - \Delta L_{Ai}$ , дБА	83,9	79	81	86	72
Энергетическое суммирование (по приложению 3 из ГОСТ)	$\begin{array}{l} \backslash / \\ (4,9 / +1,2); 83,9 + 1,2 = \mathbf{85,1} \\ \backslash / \\ (4,1 / +1,5); 85,1 + 1,5 = \mathbf{86,6} \\ \backslash / \\ (0,6 / +2,5); 86,6 + 2,5 = \mathbf{89,1} \\ \backslash / \\ (17,1 / +0,2); 89,1 + 0,2 = \mathbf{89,3} \end{array}$				
$L_{экр}$ , дБА	89,3				
ПДУ, дБА	80				
Превышение ПДУ, дБА	2,9				

*Санитарно-гигиеническое заключение.* При лабораторном контроле шума в цехе изготовления листового проката на рабочем месте прокатчика установлено, что источником шума является работающее металлопрокатное оборудование, шум — непостоянный прерывистый (уровень звука изменяется за рабочую смену от 81 до 95 дБА).

В соответствии с ГОСТ 12.1.050-86 «Методы измерения шума на рабочих местах» был рассчитан эквивалентный уровень непостоянного шума на рабочем месте прокатчика, который составил 89 дБА. Максимальный уровень — 95 дБА.

Были выявлено нарушение гигиенического норматива «Показатели безопасности и безвредности шумового воздействия на человека», утвержденного постановлением № 37 Совета Министров Республики Беларусь 25.01.2021 (табл. 13): превышение ПДУ эквивалентного уровня звука прерывистого непостоянного шума на 9 дБА.

Для предотвращения неблагоприятного воздействия шума на рабочем месте прокатчика цеха листового проката рекомендуется проведение следующих профилактических мероприятий:

1) санитарно-гигиенических: контроль за условиями труда (в том числе инструментальные и хронометражные измерения) на рабочем месте прокатчика; санитарно-гигиеническая экспертиза новых технологических линий и оборудования (при необходимости их установки); контроль за обеспеченностью СИЗ работников прокатного цеха;

2) технологических: замена материалов, из которых выполнены части технологического оборудования, на материалы с более высоким акустическим сопротивлением; уравнивание массы всех вращающихся деталей; автоматизация и дистанционное управление;

3) санитарно-технических: архитектурно-планировочных (рациональное расположение шумного оборудования в выделенной для него части цеха), использование средств звукоизоляции (экраны, выгородки); использование специальных звукопоглощающих материалов (штукатурки и др.) для отделки стен и потолка; использование СИЗ органов слуха (наушников, противошумных вкладышей);

4) медико-профилактических (приводятся в санитарно-гигиеническом заключении на стр. 44).

## САМОКОНТРОЛЬ УСВОЕНИЯ ТЕМЫ

### Задача 1

При проведении выборочной проверки условий труда на рабочем месте ткача в ткацком цехе было установлено, что источником шума являются работающие ткацкие станки. Результаты измерения шума в ткацком цехе на рабочем месте ткача представлены в таблице (при измерении в третьоктавных полосах частот превышения уровней звукового давления в одной полосе над соседними составляли менее 10 дБ).

Результаты измерения шума в ткацком цехе

Место измерения	Уровни звукового давления в дБ в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровень звука, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Рабочее место ткача	102	96	88	83	83	80	83	82	80	89

*Задание:*

1. Оценить уровни шума на рабочем месте ткача.
2. Оформить санитарно-гигиеническое заключение.

### Задача 2

При проведении выборочной проверки условий труда на рабочем месте плавильщика литейного цеха было установлено, что источником шума является плавильная печь — печь, используемая для плавки руд. Результаты измерения шума в плавильном цехе машиностроительного завода на рабочем месте плавильщика представлены в таблице (при измерении в третьоктавных полосах частот превышения уровней звукового давления в одной полосе над соседними составляли менее 10 дБ).

### Результаты измерения шума в плавильном цехе

Место измерения	Уровни звукового давления в дБ в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровень звука, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Рабочее место плавильщика	109	93	80	76	79	81	83	76	75	85

*Задание:*

1. Оценить уровни шума на рабочем месте.
2. Оформить санитарно-гигиеническое заключение.

### Задача 3

При проведении выборочной проверки условий труда на рабочем месте фрезеровщика механического цеха установлено, что источником шума является фрезерный станок. Результаты измерения шума в третьоктавных полосах частот представлены в таблице.

#### Результаты измерения шума в механическом цехе

Место измерения	Уровни звукового давления в дБ в третьоктавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц											Уровень звука, дБА
	800	1000	1250	1600	2000	2500	3250	4000	5000	5400	8000	
Рабочее место фрезеровщика	107	100	105	107	108	106	116	107	93	84	65	78

*Задание:*

1. Оценить уровни шума на рабочем месте.
2. Оформить санитарно-гигиеническое заключение.

### Задача 4

При проведении проверки условий труда по обращению работников цеха разделки мясокомбината установлено, что на рабочем месте обвальщика мяса источником шума являются холодильные установки. Результаты измерения шума в третьоктавных полосах частот представлены в таблице.

#### Результаты измерения шума в цехе разделки

Место измерения	Уровни звукового давления в дБ в третьоктавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц											Уровень звука, дБА
	800	1000	1250	1600	2000	2500	3250	4000	5000	5400	8000	
Рабочее место обвальщика	73	75	86	68	75	89	76	71	80	84	69	80

*Задание:*

1. Оценить уровни шума на рабочем месте.
2. Оформить санитарно-гигиеническое заключение.

### Задача 5

При выборочной проверке условий труда на рабочих местах специалистов-энергетиков в цехах ТЭЦ установлено, что специалисты-энергетики котлотурбинного цеха подвергаются воздействию колеблющегося шума различных уровней. Так, машинисты-обходчики при обходе основных агрегатов цеха находятся в акустическом поле с эквивалентным уровнем звука 89 дБА и максимальным уровнем звука 115 дБА.

*Задание:*

1. Оценить уровни шума на рабочем месте.
2. Оформить санитарно-гигиеническое заключение.

### Задача 6

Измерения шума, проведенные на рабочем месте кузнеца у пневматического молота мощностью 15 т, показали следующие результаты: максимальный уровень звука (измеренный на временной характеристике «импульс») 102 дБА, эквивалентный уровень звука 91 дБА.

*Задание:*

1. Оценить уровни шума на рабочем месте кузнеца.
2. Оформить санитарно-гигиеническое заключение.

### Задача 7

В механическом цехе, где имеются четыре единицы оборудования, генерирующие шум с уровнями звука на протяжении всей смены ( $L_{1А}$  — 76 дБА,  $L_{2А}$  — 65 дБА,  $L_{3А}$  — 81 дБА,  $L_{4А}$  — 79 дБА), планируется установить еще один станок с уровнем звука  $L_{5А}$  — 83 дБА.

*Задание:*

1. Рассчитать средний уровень звука в цехе.
2. Оформить санитарно-гигиеническое заключение.

### Задача 8

Участок ткацкого цеха предприятия оборудован пятью ткацкими станками, каждый из которых является источником шума со следующими уровнями:  $L_{1А}$  — 73 дБА,  $L_{2А}$  — 64 дБА,  $L_{3А}$  — 63 дБА,  $L_{4А}$  — 65 дБА;  $L_{5А}$  — 89 дБА.

*Задание:*

1. Рассчитать средний уровень звука в цехе.
2. Оформить санитарно-гигиеническое заключение.

### Задача 9

В сварочном цехе на рабочем месте сварщика полуавтоматической сварки проведен хронометраж продолжительности воздействия уровней прерыв-

вистого шума в течение рабочей смены. Получены следующие результаты:  $L_{A1}$  — 88 дБА (3 ч),  $L_{A2}$  — 85 дБА (2 ч),  $L_{A3}$  — 90 дБА (1 ч),  $L_{A4}$  — 95 дБА (1 ч),  $L_{A5}$  — 81 дБА (1 ч).

*Задание:*

1. Рассчитать эквивалентный уровень звука на рабочем месте сварщика.
2. Оценить эквивалентный и максимальный уровни звука.
3. Оформить санитарно-гигиеническое заключение.

### **Задача 10**

В механическом цехе на рабочем месте слесаря-ремонтника проведен хронометраж продолжительности воздействия уровней прерывистого шума в течение рабочей смены. Получены следующие результаты:  $L_{A1}$  — 76 дБА (2 ч),  $L_{A2}$  — 92 дБА (2 ч),  $L_{A3}$  — 99 дБА (1 ч),  $L_{A4}$  — 80 дБА (2 ч),  $L_{A5}$  — 81 дБА (1 ч). Кроме того, известно, что одним из источников шума является установка воздушного отопления.

*Задание:*

1. Рассчитать эквивалентный уровень звука на рабочем месте слесаря.
2. Оценить эквивалентный и максимальный уровни звука.
3. Оформить санитарно-гигиеническое заключение.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Практикум по медицинской и биологической физике* : учеб. пособие / В. Г. Лещенко [и др.]. Минск : БГМУ, 2018. 270 с.
2. *Нормальная физиология* : учеб. / А. А. Семенович [и др.] ; под ред. А. А. Семеновича, В. А. Переверзева. 3-е изд., испр. Минск : Новое знание, 2021. 520 с.
3. *Нормальная физиология. Общая физиология* : практикум для студентов / Д. А. Александров [и др.]. Минск : БГМУ, 2022. 179 с.
4. *Метод гигиенической оценки шума в среде обитания человека* : инструкция по применению № 009-1217 : утв. 12.06.2018 / Л. М. Шевчук [и др.]. Минск, 2018. 15 с.
5. *Об утверждении перечня (списка) профессиональных заболеваний и признании утратившим силу постановления Министерства здравоохранения Республики Беларусь и Министерства социальной защиты Республики Беларусь от 29 мая 2001 г. № 40/6 [Электронный ресурс]* : постановление М-ва здравоохран. Респ. Беларусь, М-ва труда и соц. защиты Респ. Беларусь от 24 марта 2009 г. № 29/42 // Нац. правовой Интернет-портал Респ. Беларусь. Режим доступа : <https://pravo.by>. Дата доступа : 01.12.2022.
6. *Systematic review of the cardiovascular effects of occupational noise* / M. Skogstad [et al.] // *Occupational Medicine*. 2016. Vol. 66, № 6. P. 1–16.
7. *Показатели безопасности и безвредности шумового воздействия на человека [Электронный ресурс]* : гигиенический норматив : утв. постановлением Совета Министров Респ. Беларусь от 25.01.2021 № 37. Режим доступа : <https://rspch.by>. Дата доступа : 01.12.2022.
8. *Жукова, Е. В. Шум как гигиеническая и социальная проблема* : учеб. пособие / Е. В. Жукова, Г. В. Куренкова, М. О. Потапова ; ФГБОУ ВО ИГМУ М-ва России, каф. профильных гигиен. дисциплин. Иркутск : ИГМУ, 2020. 56 с.
9. *Шум на рабочих местах, в транспортных средствах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки [Электронный ресурс]* : сан. нормы, правила и гигиенические нормативы : утв. постановлением М-ва здравоохран. Респ. Беларусь от 16.11.2011 № 115. Режим доступа : <http://pravo.by>. Дата доступа : 01.12.2022.
10. *Об утверждении Санитарных норм и правил «Гигиеническая классификация условий труда» и признании утратившим силу постановления Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 20 декабря 2007 г. № 176 [Электронный ресурс]* : постановление М-ва здравоохран. Респ. Беларусь от 28.12.2012 № 211 (ред. от 02.07.2015) // Нац. правовой Интернет-портал Респ. Беларусь. Режим доступа : <https://pravo.by>. Дата доступа : 01.12.2022.
11. *Система стандартов безопасности труда. Средства и методы защиты от шума. Классификация [Электронный ресурс]* : ГОСТ 12.1.1.029-80 ; Введ. 31.10.1980 // Информ.-прав. обесп. Гарант. Режим доступа : <https://base.garant.ru>. Дата доступа : 01.12.2022.
12. *Об утверждении Инструкции о порядке обеспечения работников средствами индивидуальной защиты [Электронный ресурс]* : утв. постановлением М-ва

труда и соц. защиты Респ. Беларусь от 30.12.2008 № 209 (ред. от 27.06.2019 № 30) // Нац. правовой Интернет-портал Респ. Беларусь. Режим доступа : <http://pravo.by>. Дата доступа : 01.12.2022.

13. *О проведении* обязательных и внеочередных медицинских осмотров работающих [Электронный ресурс] : утв. постановлением М-ва здравоохр. Респ. Беларусь от 29.07.2019 № 74 (ред. от 20.09.2021) // Нац. правовой Интернет-портал Респ. Беларусь. Режим доступа : <http://pravo.by>. Дата доступа : 01.12.2022.

14. *Международная* классификация болезней 10-го пересмотра (МКБ-10) [Электронный ресурс]. Режим доступа : <https://mkb-10.com>. Дата доступа : 01.10.2022.

15. *Методы* измерения шума на рабочих местах [Электронный ресурс] : ГОСТ 12.1.1.050-86 ; Введ. 01.01.1987 // Электр. фонд прав. и норм.-техн. документов. Режим доступа : <https://docs.cntd.ru>. Дата доступа: 01.12.2022.

ГОСТ 12.1.050–86

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Обязательное

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ СРЕДНЕГО УРОВНЯ ЗВУКА  
(ОКТАВНЫХ УРОВНЕЙ ЗВУКОВОГО ДАВЛЕНИЯ)**

Средний уровень звука  $L_{Acp}$ , дБА, и средние октавные уровни звукового давления  $L_{cp}$ , дБ, вычисляются по формулам:

$$L_{Acp} = 10 \lg \sum_{i=1}^n 10^{0,1L_{Ai}} - 10 \lg n;$$

$$L_{cp} = 10 \lg \sum_{i=1}^n 10^{0,1L_{Ai}} - 10 \lg n,$$

где  $L_{Ai}$ ,  $L_i$  — измеренные уровни звука, дБА, или октавные уровни звукового давления в точке, дБ;  $i = 1, 2, \dots, n$ , где  $n$  — количество измерений в точке;

$10 \lg \sum_{i=1}^n 10^{0,1L_{Ai}}$  }  
 $10 \lg \sum_{i=1}^n 10^{0,1L_i}$  } — суммарный уровень звука (октавный уровень звукового давления) вычисляется по таблице.

**дБА, дБ**

<b>Разность двух складываемых уровней</b>	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20
<b>Добавка к более высокому уровню</b>	3,0	2,5	2,0	1,8	1,5	1,2	1,0	0,8	0,6	0,5	0,4	0,2	0

Сложение уровней по таблице проводят в следующем порядке:

- 1) вычисляют разность складываемых уровней;
- 2) определяют добавку к более высокому уровню в соответствии с таблицей;
- 3) прибавляют добавку к более высокому уровню;
- 4) аналогичные действия производят с полученной суммой и третьим уровнем и т. д. Полученная сумма и есть  $10 \lg \sum_{i=1}^n 10^{0,1L_{Ai}}$ .

Если разность между наибольшим и наименьшим измеренными уровнями не превышает 5 дБ, то среднее значение  $L_{Acp}$ ,  $L_{cp}$  равно среднему арифметическому значению всех измеренных уровней.

**РАСЧЕТ ЭКВИВАЛЕНТНОГО УРОВНЯ ЗВУКА ПРЕРЫВИСТОГО  
ШУМА ПРИ ИЗМЕРЕНИЯХ ШУМОМЕРОМ  
(ШУМ В СТУПЕНИ — ПОСТОЯННЫЙ)**

Расчет эквивалентного уровня звука, дБА (уровня звукового давления, дБ), проводится в следующей последовательности.

1. Определяют поправки  $\Delta L_{A_i}$ , дБА,  $L_{i'}$ , дБ, к значениям измеренных уровней звука  $L_{A_i}$  или октавных уровней звукового давления  $L_i$  в зависимости от продолжительности ступеней шума в соответствии с таблицей.

Продолжительность ступени прерывистого шума, мин	480	420	360	300	240	180	120	60	30	15	6
Поправка $\Delta L_{A_i}$ , дБА $\Delta L_{i'}$ , дБ	0	0,6	1,2	2,0	3,0	4,2	6,0	9,0	12,0	15,1	19,0

2. Вычисляют разности  $L_{A_i} - \Delta L_{A_i}$ ,  $L_i - \Delta L_i$  для каждой ступени шума.

3. Полученные разности энергетически суммируются в соответствии с таблицей приложения 3. Определенный суммарный уровень и будет являться эквивалентным уровнем звука или уровнем звукового давления.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Мотивационная характеристика темы .....	3
Введение .....	5
Физические характеристики звуковых колебаний как основа профилактических мероприятий.....	5
Восприятие звуковых сигналов слуховой сенсорной системой.....	9
Физиолого-гигиенические характеристики шума. Слышимая область. Шкала децибел .....	11
Особенности биологического действия производственного шума на организм работающих .....	19
Классификации шума и его источников .....	20
Принципы гигиенической оценки результатов лабораторных измерений производственного шума .....	26
Оценка производственного шума при проведении комплексной гигиенической оценки условий труда.....	29
Система профилактических мероприятий по снижению неблагоприятного действия производственного шума.....	32
Санитарно-гигиенические мероприятия .....	34
Технологические мероприятия.....	36
Санитарно-технические мероприятия .....	38
Медико-профилактические мероприятия.....	41
Алгоритмы решения задач и примеры оформления санитарно-гигиенических заключений.....	43
Гигиеническая оценка постоянного широкополосного шума .....	43
Гигиеническая оценка постоянного тонального шума.....	45
Гигиеническая оценка непостоянного шума .....	46
Расчет среднего уровня звука от нескольких источников постоянного шума.....	48
Расчет эквивалентного уровня звука непостоянного шума .....	49
Самоконтроль усвоения темы.....	51
Список использованной литературы.....	55
Приложение 1 .....	57
Приложение 2 .....	58

Учебное издание

**Семёнов Игорь Павлович**  
**Кураш Ирина Александровна**  
**Скоробогатая Инна Владимировна**

# **ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ШУМ**

Учебно-методическое пособие

Ответственный за выпуск И. П. Семёнов  
Старший корректор А. В. Царь  
Компьютерная вёрстка А. В. Янушкевич

Подписано в печать 11.05.23. Формат 60×84/16. Бумага писчая «IQ Ultra».  
Ризография. Гарнитура «Times».  
Усл. печ. л. 3,49. Уч.-изд. л. 2,91. Тираж 50 экз. Заказ 216.

Издатель и полиграфическое исполнение: учреждение образования  
«Белорусский государственный медицинский университет».  
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,  
распространителя печатных изданий № 1/187 от 18.02.2014.  
Ул. Ленинградская, 6, 220006, Минск.