

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
МИНИСТЕРСТВА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ГИГИЕНА ТРУДА ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ
ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ШУМА**

**Учебное пособие
(2-е издание, переработанное и дополненное)**

**Уфа
2014**

УДК 613.644(075.8)

ББК 51.244.31

Г 46

Рецензенты:

Зав. кафедрой гигиены и эпидемиологии факультета
последипломной подготовки ГБОУ ВПО «Оренбургская
государственная медицинская академия» Минздрава России,
профессор, доктор медицинских наук *Н.П. Сетко*

Зав. кафедрой гигиены и профессиональных болезней с курсом ФПК И ПП
Уральской государственной медицинской академии, профессор,
доктор медицинских наук *Г.Я. Липатов*

Гигиена труда при воздействии производственного шума: уч.
Г 46 пособие / Сост.: В.О. Красовский, Г.Г. Максимов, Л.Б.Овсянникова. –
2-е изд., перераб. и доп. – Уфа: Изд-во ГБОУ ВПО БГМУ Минздрава
России, 2014. – 143 с.

Учебное пособие подготовлено в соответствии с основной профессиональной программой послевузовского профессионального образования по специальностям «общая гигиена» и в соответствии с требованиями Федеральных государственных образовательных требований к структуре основной профессиональной образовательной программы послевузовского профессионального образования (интернатура), утвержденных приказом Минздравсоцразвития России № 1476н от 5 декабря 2011 года.

Учебное пособие предназначено для интернов, обучающихся по специальности «общая гигиена». Пособие может оказаться полезным в практической деятельности специалистов Роспотребнадзора, ФБУЗ «ЦГиЭ» и врачам при повышении квалификации по специальностям «общая гигиена» и «гигиена труда».

Рекомендовано в печать Координационным научно-методическим советом и утверждено решением Редакционно-издательского совета ГБОУ ВПО БГМУ Минздрава России.

УД613.644(075.8)
ББК 51.244.31

© ГБОУ ВПО БГМУ Минздрава России, 2014.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
Дидактические цели и задачи	5
1. Базовые термины	7
2. Акустика	13
2.1. Особенности распространения звуковых волн в воздухе.....	15
2.2. Физические единицы измерения звука.....	19
2.3. Арифметические действия над децибелами.....	32
2.4. Контрольные тесты.....	39
3. Влияние шума на организм	43
3.1. Интенсивность и спектральные характеристики звука.....	44
3.2. Производственные источники шума.....	52
3.3. Острое и хроническое действие шума. Шумовая болезнь.....	58
3.4. Контрольные тесты.....	64
4. Гигиеническое нормирование шумов	67
4.1. Особенности дифференцированного нормирования.....	67
4.2. Нормирование импульсных шумов и концепция дозы.....	75
4.3. Регламенты допустимого шума в международных стандартах.....	97
4.4. Контрольные тесты.....	102
5. Санитарно-гигиенический контроль	105
5.1. Гигиеническая классификация производственных шумов.....	105
5.2. Устройство шумоизмерительных приборов.....	107
5.3. Организация и проведение замеров производственного шума.....	110
5.4. Контрольные тесты.....	119
6. Профилактика неблагоприятного действия шума	121
6.1. Общая схема защиты работника.....	121
6.2. Меры по ограничению неблагоприятного действия шума.....	124
6.3. Особенности медицинского наблюдения за работниками, занятыми на рабочих местах с высокими уровнями шума.....	129
6.4. Контрольные тесты.....	132
Рекомендуемая литература	135
Приложение 1. Ответы на контрольные задачи.....	138
Приложение 2. Нормативы уровней производственного шума.....	139

ВВЕДЕНИЕ

Гигиена труда - раздел общей гигиены, изучающей влияние на организм человека трудового процесса и факторов производственной среды с целью научного обоснования и реализации гигиенических нормативов, других средств профилактики профессиональных заболеваний и иных неблагоприятных последствий воздействий условий труда на работающих. Изучая условия труда, влияние производственной среды и трудовой деятельности на человека, гигиенисты труда постоянно сталкиваются с вопросами охраны труда и эргономики, профессиональной патологии.

Современный уровень развития техники и производства требует от врача по гигиене труда кроме медико-биологических знаний, знаний по охране труда, технологии производственных процессов, химии, физики, алгебры, математики.

В затянувшийся период вхождения страны и реформирования санитарной службы подготовка санитарных врачей не всегда удовлетворяет требованиям времени. Не имея приборной базы, они утрачивают навыки и знания по многим медицинским аспектам действия вредных факторов производственной среды. Санитарно-гигиенические характеристики условий труда работников с подозрением на профессиональное заболевание составляются формально, а в ряде случаев даже без количественной характеристики конкретных производственных факторов, действующих на организм работника. В этой связи, профпатологи лишь поверхностно осведомляются об условиях труда своих пациентов, что приводит к ошибкам в диагностике профессиональных заболеваний.

Кадры инженерно-технических работников при соответствующей подготовке в области охраны труда получают знания по правилам измерения шумового фактора и способам ограничения его вредного действия на работника. Однако, специфика их инженерных знаний, часто приводит к механистическим представлениям в гигиенических оценках фактора. При

этом гигиенические нормативы представляются абсолютными величинами из-за недоучёта возможной индивидуальной реакции организма работника, комплексного, Комбинированного и сочетанного действия вредных факторов, что приводит к извращению самой сути гигиенической оценки.

В разумно построенных эргономических системах “человек-машина” нельзя предъявлять требования к влияющим на человека неблагоприятным факторам, например, как к “машине с допуском числа оборотов $\pm 20\%$ ”.

Гигиена труда, как прикладная наука, не имеет своих методов. Она использует для своих целей физические, химические методики и методы других наук. Поэтому иногда создаётся впечатление, что всякий кто умеет, например, пользоваться шумомером, может измерить и дать гигиеническую оценку параметрам шумового фактора.

Авторы попытались сконцентрировать в настоящем учебном пособии наиболее актуальные вопросы гигиенической оценки фактора и предупреждения его неблагоприятного действия. Изложение построено таким образом, чтобы обсуждаемая проблема была понятна и врачам, и инженерно-техническим работникам.

Авторы надеются, что настоящее пособие послужит основой для разработки планов лекций и практических занятий, а также вспомогательным материалом для подготовки к экзаменам и зачётам по курсу гигиена труда, безопасности жизнедеятельности.

ДИДАКТИЧЕСКИЕ ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ

Цель: в лекциях и практических занятиях рассмотреть с курсантами (слушателями, студентами) избранные, актуальные теоретические и практические аспекты проблемы гигиенической оценки и мер предупреждения неблагоприятного влияния производственного шума.

Задачи:

1. Обновить базовые знания курсантов (слушателей, интернов) по акустике для гигиенического осмысления особенностей влияния производственного шума на людей.

2. Ознакомить курсантов (слушателей, интернов) с современными представлениями о медико-биологическом действии фактора и подчеркнуть актуальность проблемы в связи с развитием научно-технического прогресса.

3. Обсудить проблему гигиенического нормирования производственных шумов в совместном влиянии с другими действующими факторами производственной среды и трудовой деятельности.

4. Показать роль гигиенической классификации производственных шумов в теории их нормирования и практике санитарно-гигиенического надзора в промышленных предприятиях.

5. Ознакомить курсантов (слушателей, интернов) с методическими приёмами корректного измерения производственных шумов, особенностями формулировки и постановки измерительной задачи.

6. Рассмотреть типовые схемы профилактики неблагоприятного влияния шумов на работников.

1. БАЗОВЫЕ ТЕРМИНЫ

Различают науки теоретические (академические) и прикладные. Академические науки занимаются получением точных знаний о глобальных аспектах строения вселенной, человека и животных. Прикладные науки обобщают практический опыт хозяйствования, организации производства, пользования природными ресурсами и пр., зачастую не имея своего метода исследования, применяя методики из смежных отраслей знания. Прикладная наука чаще всего является эмпирической отраслью, в которой важное место занимает терминологический аппарат. Так, например, в лечебном деле диагноз заболевания, поставленный на анализе симптомов, синдромов должен быть обоснован действующей научной классификацией. Свод понятий и терминов гигиены труда определяет стратегию и тактику Роспотребнадзора в требованиях по созданию безвредных и безопасных условий труда.

Современный терминологический аппарат гигиены труда создан исследованиями учёных многих поколений. При этом он обладает одной особенностью - отсутствием однозначных определений (дефиниций) понятий. Так, например, термин "утомление" имеет до 60 различных формулировок, которые верны для конкретной ситуации.

Данный факт обусловлен многообразием окружающего мира, человеческого труда, условий трудовой деятельности.

Понятия гигиены труда используют и смежные науки. Юристы понимают под "условиями труда" заработок, длину пути на работу, а экономисты – рациональную тарификацию рабочего места, производительность, трудоемкость. Создаётся "Вавилонская башня". В ней происходит профанация науки из-за нерационального, неосмысленного и непрофессионального употребления гигиенических понятий.

Рассмотрим основные понятия промышленной гигиены, наиболее актуальные для учебной темы. При этом из многих терминов выберем

наиболее значимые формулировки из официальных документов - Руководства Р. 2.2.2006-05 и стандартов системы безопасности труда.*

Производственный шум – беспорядочное сочетание звуков разной частоты и тональности, вызывающее неблагоприятные ощущения и последствия у работающих.

Гигиенический норматив - научно обоснованный и официально регламентированный уровень вредного фактора, превышение которого может привести к заболеваниям или другим неблагоприятным последствиям для человека и окружающей среды.

Гигиенический фактор - абстрактное наименование совокупности однородных действующих причин и обстоятельств. Поэтому, под химическим фактором подразумеваем совокупность влияющих на организм химических веществ. Под шумовым фактором – воздействие беспорядочного сочетания звуков разной частоты и тональности.

Фактор нельзя измерить, поскольку "название" не может быть измерено. Можно измерить действующие причины в зависимости от их природы. В частности, звук и шум представляют собой волну, распространяющуюся в воздухе и других средах, передающую определенное количество энергии через пространство.

В гигиене труда различают вредный и опасный факторы. **Вредный фактор**, как совокупность болезнетворных причин и обстоятельств, действует медленно, вызывает заболевание. **Опасный фактор** действует быстро, вызывает травму, острое отравление, смерть. Высокие уровни шума на болевом пороге также могут оказаться опасным фактором.

Профессиональные вредности - факторы трудового процесса и производственной среды, которые могут прямо или косвенно являться причиной нарушения здоровья работников.

* См.: ГОСТ 12.0.002-80 ССБТ. Термины и определения - Введ. 01.01.82 (Взамен ГОСТ 12.0.002-74) - М., Издательство стандартов, 1982. 5 с.

В профессиональных вредностях выделяют **ведущую вредность**. Понятие "**ведущего фактора производственной среды**" заключено в том, что это – фактор, специфическое действие которого проявляется в наибольшей мере при комбинированном или сочетанном воздействии ряда других факторов на организм. Иными словами, это такая совокупность однородных причин и обстоятельств, которая при совместном действии других комплексов причин, вызывает наиболее яркие клинические последствия.

Понятие "*ведущая вредность*" является чисто гигиеническим понятием и потому в документах системы охраны труда, оно не рассматривается.

Ведущий фактор нельзя понимать, как простое превышение нормативов по одному из множества действующих факторов. Так, например, в компрессорных цехах уровни шума могут превышать норматив на 3-10 дБ, а общей технологической вибрации (на металлических настилах) – на 12-15 дБ. В клинической же картине заболевания у машинистов компрессорных будут преобладать (и преобладают!) вегето-сосудистые дистонии и профессиональная тугоухость, что характерно для воздействия шумового фактора.

Причина в том, что на металлических сетках, жёстко соединённых с вибрирующими частями компрессора, на которых вибрация в наибольшей степени превышает все допустимые нормативы, работник находится незначительное время, шум же действует постоянно. Поэтому в данном примере, ведущим фактором будет действие шума, а не запредельные уровни "не действующей" вибрации.

Совместное действие множества факторов следует разделять на три категории.

Комбинированное действие - одновременное или последовательное воздействие на организм однородных (химических или физических и т.п.) вредных факторов при одном и том же пути поступления в организм.

В качестве примера комбинированного действия физических факторов можно привести воздействие шума и вибрации, поскольку они действуют причинами одного порядка - физического.

Другим примером комбинированного воздействия является отравление парами “царской водки”. Как известно, это смесь трёх сильных кислот (азотной, соляной, серной). Комбинированный эффект состоит в воздействии однородных причин химического порядка.

Сочетанное действие - одновременное или последовательное воздействие на организм вредных факторов различной природы (химических, физических и т.п.). Примером может быть ситуация: высокая температура воздуха в сочетании с высокими уровнями шума и воздействием паров химических веществ. При отдельном воздействии этих причин повреждение здоровья развивается медленнее, чем при их сочетанном влиянии.

Комплексное действие - одновременное или последовательное воздействие на организм одного и того же вредного фактора, поступающего из различных сред (различным путём) или в условиях производства или вне него. Так, при обливании работника серной кислотой у него может возникнуть не только химический ожог кожи, но и острое ингаляционное отравление парами вещества.

Условия труда - совокупность производственных факторов, формирующихся под воздействием социальных и экономических причин. Данная формулировка вытекает из определения понятия здоровья, которое обосновано экспертами Всемирной организации здравоохранения. Здоровье – это не только полное физическое и духовное, но и социально-экономическое благополучие человека. Что заставляет работника соглашаться на работу, неблагоприятную для его здоровья? – Социальные и экономические причины. Именно они и определяют все аспекты трудовых процессов и производственных отношений.

Производственная среда - часть окружающей человека, внешней среды, образованная природно-климатическими условиями и профессио-

нальными (физическими, химическими, биологическими и социальными) факторами, воздействующими на него в процессе трудовой деятельности. Например, добыча газа в климатических условиях Туркмении и г. Надыма имеет разные гигиенические характеристики. В одном случае велика вероятность перегрева организма, солнечного удара, а в другом – существует вероятность отморожения конечностей.

Особое место в понимании результатов исследований по гигиене труда (промышленной санитарии) принадлежит понятиям рабочего места, рабочей зоны, зоны дыхания. Именно они определяют стратегию пробоотбора и замеров. Так, санитарно-химические исследования проводятся в рабочей зоне, а замеры параметров микроклимата, шума – на рабочем месте.*

Рабочее место - место постоянного или временного пребывания работников в процессе трудовой деятельности.

Международной организацией труда принято другое определение этого понятия - **рабочее место** это все места, где работник должен находиться или куда ему необходимо следовать в связи с его работой и которые прямо или косвенно находятся под контролем работодателя (Конвенция 155 Международной организации труда: перевод с немецкого).

Рабочая зона - пространство, ограниченное по высоте 2 м над уровнем пола или площадки, на котором находятся места постоянного или непостоянного (временного) пребывания работников.

Обсудив общепринятые термины гигиены труда, сделаем вывод, что их рациональное понимание, облегчает ориентирование в практике замеров. Убедиться в этом, предлагаем самому пользователю, например, при выборе точек измерения производственных шумов. Где проводить замеры – в рабочей зоне или на рабочих местах? Можно ли по уровням шума дать общую оценку условий труда на рабочем месте? Можно ли измерить шумовой фактор или надо измерять его действующие составляющие?

* Иногда приходится выполнять измерения шума, электромагнитных полей, температуры воздуха и пр. – в рабочей зоне, что следует указывать в протоколах.

На такие, вопросы (заданные по умолчанию) часто не обращают внимания, что приводит к неправильному, нерациональному пониманию результатов исследований, как самим автором, так и читателями.

Прежде чем приступать к изложению некоторых положений акустики, перечислим специфические термины по заявленной теме, которые использует промышленная гигиена.

Звуковое давление - переменная составляющая давления воздуха или газа, возникающая в результате звуковых колебаний, Па.

Эквивалентный (по энергии) уровень звука, LA экв., дБА, постоянного шума - уровень звука постоянного широкополосного шума, который имеет такое же среднеквадратичное звуковое давление, что и данный непостоянный шум в течение определенного интервала времени.

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

Допустимый уровень шума - это уровень звука, который не вызывает у человека значительного беспокойства и существенных изменений показателей функционального состояния систем и анализаторов, чувствительных к шуму.

Максимальный уровень звука, LA макс., дБА - уровень звука, соответствующий максимальному показателю измерительного, прямопоказывающего прибора (шумомера) при визуальном отсчете, или значение уровня звука, превышаемое в течение 1% времени измерения при регистрации автоматическим устройством.

Характеристикой постоянного шума на рабочих местах являются уровни звукового давления в дБ в октавных полосах со среднегеометриче-

скими частотами 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000 Гц, определяемые по формуле:

$$L = 20 * \text{Lg} \frac{P}{P_0} \quad (1),$$

где P - среднеквадратичная величина звукового давления, Па;*

P_0 - исходное значение звукового давления в воздухе равное $2 \cdot 10^{-5}$ Па.

Допускается в качестве характеристики постоянного широкополосного шума на рабочих местах принимать уровень звука в дБА, измеренный на временной характеристике “медленно” шумомера, определяемый по формуле:

$$L = 20 * \text{Lg} \frac{P_A}{P_0} \quad (2),$$

где: P_A - среднеквадратичная величина звукового давления с учетом коррекции “А” шумомера, Па.

Характеристикой непостоянного шума на рабочих местах является эквивалентный (по энергии) уровень звука в дБА. Формулы 1 и 2 обсудим в следующем разделе пособия.

2. АКУСТИКА

В физике существует особый раздел “акустика”. В нём изучаются закономерности распространения звуковых колебаний в воздухе и иных средах, обладающих упругостью. От врача-практика не требуется очень подробных знаний в этой области, но он должен уметь разобраться в особенностях производственного фактора. Прежде чем приступить к изложению основного материала, напомним некоторые сведения о колебательном движении и связанных с ним волновых процессов в природе.

* Среднеквадратичная величина – средняя из суммы квадратов отклонений ряда.

Периодически повторяющееся движение, при котором тело отклоняется от среднего положения то в одну, то в другую сторону, называется колебательным движением.

Этот вид движения весьма распространён в окружающем мире. Колеблются микрочастицы вещества (атомы, электроны). Всем известно явление “броуновского движения”. Биохимические и иные процессы в организме изменяются, колеблются в зависимости от ритма Солнца, Луны, смены времени суток (биологические ритмы). Механизмы гомеостаза – поддержания постоянства внутренней среды организма, также отражают колебательные движения. Так, “маятник постоянства среды” может изменяться в пределах допустимых границ, и тогда говорят об адаптации. При выходе маятника за эти условные границы следует вспомнить о приспособительной реакции. Её отличие от адаптации определено задачей экстренного сохранения гомеостаза путём перенапряжения всех органов и систем.

С колебательными движениями связаны и звуковые (акустические) колебания в упругой среде. Отметим, что колеблющееся тело в какой-то среде, в свою очередь, вызывает колебания составляющих её элементов. Так, источник звука в воздухе это, прежде всего, источник колебаний частиц воздушной среды. Колебания воздуха от него распространяются во все стороны, как от камня упавшего в воду – в виде каких-то волн.

Гармонические колебания предполагают отклонения тела на равные расстояния от среднего положения. Смысл термина "гармонический" исходит из понятий "стройный, согласованный, строгий" и т.п.

Апериодические колебания предполагают отклонения на не равные расстояния. Кроме того, есть колебания затухающие, когда источник, вызвав колебания, исчезает. И, примером этого, может быть тот же камень, брошенный в воду. Распространяющиеся круговые волны от места падения камня, пройдя какое-то расстояние, постепенно исчезают, затухают.

Волновой процесс распространения энергии от гармонического колебания представляет собой синусоиду. При затухающих колебаниях – затухающую синусоиду.

Следует различать свободные и вынужденные колебания тел. Колебания, которые совершает тело, выведенное из положения равновесия внешней силой, является свободным и, относится к типу затухающих. Колебания, вызываемые и поддерживаемые внешней силой, называются вынужденными. К таким процессам относят резонанс – значительное увеличение амплитуды вынужденных колебаний, происходящих при совпадении частоты колебаний, вызванных внешней силой с собственной частотой колеблющегося тела. Опасность низкочастотной вибрации заключена в резонансе – тело человека состоит на 80 % из воды и, очень хорошо воспринимает колебания на низких частотах от 1 до 16 Гц.

Напомним, что волновые процессы описываются частотой и амплитудой. Частота колебаний измеряется в герцах. Один герц – одно колебание в секунду. Амплитуда колебаний - это величина максимального смещения колеблющейся частицы от её среднего положения. Необходимо понимать, что любое колебательное движение и вызываемый волновой процесс, суть передачи энергии (момента движения) между составляющими среды.

2.1. Особенности распространения звуковых волн в воздухе

Производственный шум наиболее распространённый фактор рабочей среды, в сфере которой трудятся миллионы людей. Шум - совокупность нежелательных с гигиенической точки зрения, сочетаний звуков разной интенсивности и высоты, беспорядочно изменяющихся во времени и **вызывающих у людей неприятные субъективные ощущения, нарушение здоровья.**

Часто не придают значения второй части определения. Однако актуальность её трудно переоценить в связи с распространением, например, особой музыки - типа “тяжелый металл”. Пожилые люди определяют её вос-

приятие, как какую-то “какофонию” и отреагируют повышением артериального давления. Молодые будут считать её современной музыкой, забыв или не зная при этом, что в их организме могут возникнуть болезненные реакции и процессы, незаметно переходящие в необратимые изменения.

Когда взрывается воздушный шарик, в воздухе возникают волны, которые можно сравнить с волнами на воде от брошенного в пруд камня. Волны, образуемые в воздухе, достигают наших ушей, и мы слышим звук разрыва воздушного шарика. Именно эти волны, распространяющиеся в воздухе, принято считать звуком. Звук (шум) представляет собой волнообразно распространяющийся процесс передачи энергии в виде чередующихся зон “сгущения” и “разряжения” частиц среды (воздуха). В этих местах (точках) образуются области с разным давлением воздуха.

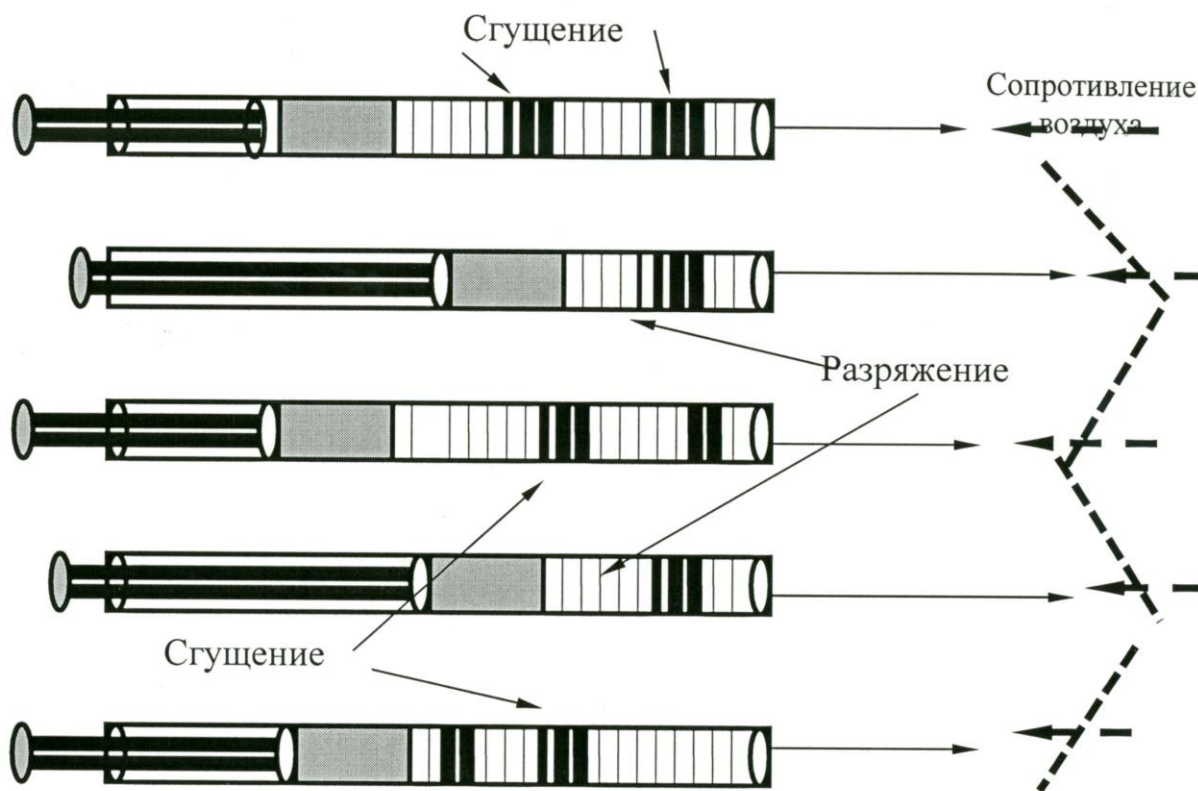


Рис. 1. Механизм образования звуковой волны.

Рассмотрим рисунок 1. На нём изображены поршни, передвигающиеся в шприцах. Представим, что поршень мгновенно перемещается вперёд

на небольшое расстояние. При этом воздух, находящийся непосредственно перед ним, сжимается. Это сжатие в свою очередь воздействует на воздух в области, примыкающей непосредственно к области сжатия, и возмущение передаётся по всей трубе, проходя по очереди все последующие участки.

Скорость, с которой возмущение проходит по трубе, зависит не только от силы давления поршня (начального импульса), но и от плотности воздуха (сопротивления среды). Чтобы воздуху выйти из шприца ему необходимо преодолеть атмосферное давление. Поэтому в плотных средах звук распространяется на меньшее расстояние, чем в воде или воздухе. В воздухе при нормальной температуре звуковое возмущение (звуковая волна) распространяется со скоростью, приблизительно 340 м/сек.

Используя ещё раз в качестве примера поршень, заметим, что скорость его движения определяет не только частоту звуковых волн (последовательность разрежений и сгущений), но и их пространственный интервал.* Так как волны перемещаются с постоянной скоростью, то чем выше частота, тем меньше интервал между ними (и больше их энергетический потенциал).

Это расстояние (интервал между сгущениями или разрежениями воздуха) можно выразить зависимостью:

$$\lambda = \frac{C}{F} \quad (3),$$

где: λ - длина волны, равная расстоянию между волнами, метр; C - скорость звука, м / сек; F - частота, Гц (сек^{-1}).

Для слышимых звуков длина волн изменяется от нескольких метров до нескольких миллиметров. Равенство 3 также актуально для понимания физической природы и других производственных факторов, например, для

* Пространственный интервал – это область (расстояние) от источника до места полного затухания волны. Условно, пространственный интервал на рисунке 1, обозначен линией соединяющей стрелки силы выброса (длины пути частицы воздуха) выталкиваемой из шприца.

определения длины волны переменного электромагнитного поля. Зная округлённую величину скорости света (300 000 км/с) можно определиться с длиной волны излучения и её частотой, что очень важно при гигиенической оценке электромагнитного смога (фактора).

Рисунок 2 иллюстрирует особенности распространения звуковой волны в воздухе с несколько иных позиций. Напомним, что длина волны измеряется в метрах - это путь, который она проходит за одно колебание в единицу времени.

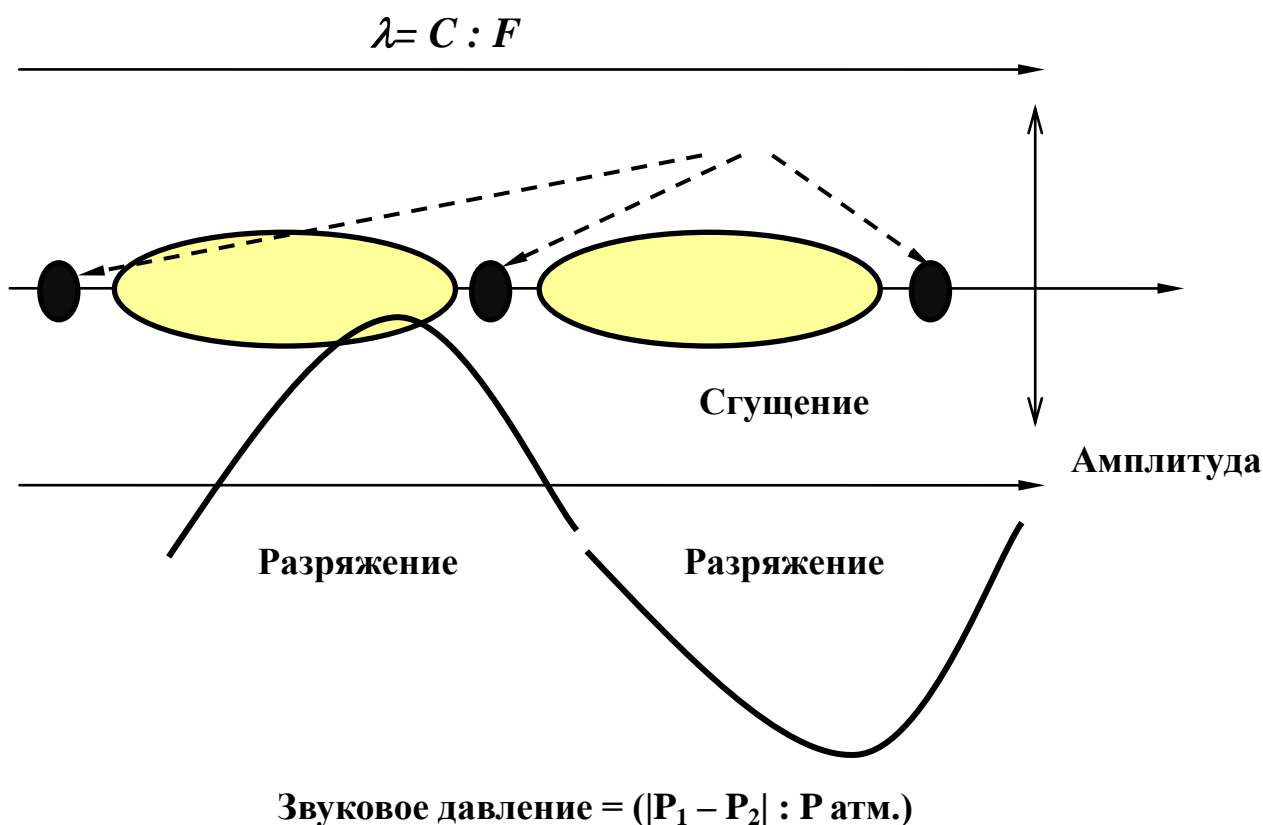


Рис. 2. Физические представления о распространении звуковой волны.

Длина звуковой волны определена расстоянием её пробега по циклу между положительными и отрицательными амплитудными значениями: “разряжение – сгущение – разряжение - сгущение”.

Другой параметр волны - **амплитуда**. Это наибольшее расстояние сдвига частицы воздуха (точки) от первоначального положения. **Частота колебаний** определена количеством таких сдвигов (числом “сгущений и

разрежений” в данной точке) за единицу времени. Разность давлений в точках сгущения и разрежения воздуха определяет параметры интенсивности звука и звукового давления.

В нижней части рисунка 2 показана формула разности давления воздушной среды в точках (областях) сгущения и разрежения по отношению к атмосферному давлению. Практически, это - условие выхода воздуха из шприцов, показанных на рисунке 1.

2.2. Физические единицы измерения звука

В науке, технике и обыденной жизни мы имеем дело с разнообразными свойствами окружающих нас тел. Эти свойства отражают процессы взаимодействия тел между собой и их воздействие на наши органы чувств.

Для описания свойств нужны критерии (меры). Физические величины являются разновидностью такой меры. Их задача измерить то или иное физическое явление, то или иное физическое свойство. Для того чтобы дать меру физической величине, устанавливают её единицу – исходную точку отсчёта.

Единица определённой физической величины представляет собой значение данной величины, которое по определению считается равным единице – 1.0.

Нет необходимости знакомить пользователя с существующими системами физических величин, поскольку теория физических измерений достаточно хорошо описана в школьных и иных учебниках физики. Прежде чем переходить к краткому описанию акустических единиц, должны отметить следующее.

1. Распространение звуковой энергии происходит волнообразно, через серию сгущений и разрежений среды (воздуха).

2. В этих точках изменяется величина давления воздуха.

3. Человек различает звук в последовательном восприятии и анализе чередующихся и распространяющихся по одному направлению, перепадов давления воздуха.

4. Если за точку отсчёта взять уровень разности давлений, которое может отдифференцировать ухо, то получим порог слышимости.

5. Порог слышимости, принятый в логарифмической системе исчисления за 1.0, будет тем самым физическим и физиологическим критерием, который позволит оценивать более высокие уровни разности давлений.

Напомним, что распространение звуковой волны вызывает соответствующую деформацию среды, создавая участки сгущения и разрежения воздуха. Механические деформации в средах, обладающих упругостью, распространяются со скоростью, зависящей от упругих свойств и плотности среды.

Колебания, частоты которых лежат в пределах от 16-20 Гц до 16-20 кГц, воспринимаются слуховым аппаратом человека и, называются звуковыми или акустическими колебаниями. Колебания меньших частот называются инфразвуковыми или инфраакустическими, а больших частот - ультразвуковыми или ультраакустическими.

Обсудим понятия физических единиц измерений звуковых волн.*

Звуковая энергия. Любой объём среды, в которой распространяются волны, обладает энергией, складывающейся из кинетической энергии колеблющихся частиц и потенциальной энергии упругой деформации. Звуковая энергия, как и любая другая энергия измеряется в джоулях (Дж).

Плотность звуковой энергии. Звуковая энергия, отнесенная к единице объёма среды, называется плотностью звуковой энергии. Размерность единицы - джоуль на кубический метр (Дж/м³).

Интенсивность звука (сила звука). Средняя по времени энергия, переносимая за единицу времени звуковой волной через единичную пло-

* Для более полного понимания предлагаемых ниже формул лучше всего воспользоваться карандашом и листом бумаги.

щадку, перпендикулярную направлению распространения волны, называется интенсивностью или силой звука. Интенсивность звука измеряется в ватт на квадратный метр (Вт/м^2) или в децибелах (дБ). Почему силу звука измеряют в двух разных единицах? – Ответ следует искать в системах измерения физических величин и в нижеследующих рассуждениях.

Звуковая мощность (поток звуковой энергии). Волны, распространяющиеся в среде, переносят с собой энергию. Энергия, переносимая в единицу времени через данную площадку, перпендикулярную направлению распространения, определяет величину, называемую потоком звуковой энергии или звуковой мощностью.

Мощность, в общем смысле слова, это характеристика быстроты совершения работы. Может измеряться в ватах, джоулях/секунду, в зависимости от применяемой системы физических измерений.

Мощность источника звука в реальной жизни находится в очень широких пределах от 10^{-12} до сотен ватт. Ухо человека не может определять звуковую мощность в абсолютных единицах, но может **сравнивать мощность различных источников звука, разницу давлений между сжатием и разряжением.** Именно поэтому и учитывая большой диапазон используемой звуковой мощности, для ее определения **пользуются логарифмической шкалой, основанной на десятичном логарифме.**

Для оценки звуковой мощности используют две величины: L_p , дБ (дБ) - децибелы и P , Вт (Вт) - ватты. Уровень звуковой мощности L_p , дБ, связан со звуковой мощностью P , Вт, источника зависимостью:

$$L_p = 10 \cdot \lg \left(\frac{P}{P_0} \right) \quad (4),$$

где $P_0 = 10^{-12}$ Вт, то есть начальный уровень сравнения.

Множитель 10 используется для получения практически удобной для измерения единицы. Один бел равен десяти децибелам ($1 \text{ Б} = 10 \text{ дБ}$), таким же образом преобразуются метры в дециметры ($1 \text{ м} = 10 \text{ дм}$). Например,

если звуковая мощность источника P равна 10^{-3} Вт, то уровень звуковой мощности в дБ (dB), можно определить по формуле, при уровне начального отсчёта 10^{-12} Вт (Wt):

$$L_p = 10 \cdot \text{Lg} \left(\frac{10^{-3}}{10^{-12}} \right) \text{Wt} = 10 \cdot \text{Lg}(10 \cdot 9) = 90 \text{dB} \quad (5).$$

Для более подробного представления о звуковой мощности разных источников звука обратимся к известной, по разным учебникам, таблице 1.

Таблица 1

Звуковая мощность различных источников

Мощность, Вт	L_p , дБ (относительно 10^{-12} Вт)	Типичные источники звука
1	2	3
1000000000 [10^9]	200	Стартовый двигатель ракеты
1000000	180	Реактивный самолёт
10 000	160	
100	140	Оркестр из 75 инструментов
1	120	Циркулярная пила по дереву
0.01 [10^{-2}]	100	Двигатели внутреннего
	90	сгорания
0.001 [10^{-3}]	80	Норматив для многих работ
0.00001	60	Обычная речь
0.00000001	40	
0,000 000 001	30	Шёпотная речь
0,0000000001	20	
0,000000000001 [10^{-12}]	0	

Звуковое давление. Газ или жидкость в ограниченном пространстве* имеют собственное давление, определённое ударами колеблющихся частиц о стенки сосуда. При этом создаётся так называемая "не возмущённая среда". Величина давления в данной её точке в любой момент времени является суммой ударов частиц между собой и об окружающие поверхности. Возникновение звуковых колебаний в газе или жидкости сопровождается

* Атмосферный воздух также находится в ограниченном пространстве, что обусловлено силой притяжения планеты.

колебаниями давления среды. Распространение звуковой энергии создаёт дополнительные колебания, изменяя давление. Создаваемое дополнительное давление обозначается как звуковое или акустическое давление. Это давление в течение периода колебаний изменяет свою величину и знак между положительными и отрицательными амплитудными значениями.

Температура в помещении, где стоит камин, зависит от тепловых свойств окружающей среды. Таким же образом **звуковое давление** в данной окружающей среде зависит от акустических свойств этой среды. Звук, генерируемый в замкнутом пространстве, значительно отличается от звука на открытой местности. Поэтому, звуковое давление зависит не только от источника, но и от состояния окружающей среды. Когда обсуждали выход воздуха из шприца, под действием поршня, то отметили, что этому выходу будет препятствовать атмосферное давление. Этот момент, отражающий зависимость величины от сопротивления окружающей среды описывает формула, помещенная на рисунке 2:

$$P = \left(\frac{|P_1 - P_2|}{P_{atm}} \right) \quad (6),$$

где: **P** – звуковое давление (прерывистый поток воздуха из шприца), **P₁** - давление в участке разряжения, **P₂** - давление в участке сгущения, **P_{atm}** – атмосферное давление.

Поскольку, величины давлений разряжения и сгущения относительно друг друга, то можно использовать их абсолютную разность и отнести к атмосферному давлению.

Диапазон звукового давления, характерный для повседневной жизни, очень широк, поэтому его часто выражают в **логарифмических единицах**.

Звуковое давление зачастую определяют соотношением прикладываемой силы в один Ньютон (Н) на площадь в один квадратный метр. Напомним, что **1 Н** - это сила, действующая на массу в **1 кг**, придающая этой массе, ускорение **1 м/сек²**. В настоящее время больше распространена другая

единица давления **Па** - паскаль. Один **Па** - давление от приложения силы в один Ньютон на квадратный метр (н/м^2).

Человек слышит звуки в определённом диапазоне. Различают **порог слышимости и болевой порог**. Ухо человека ощущает звуковое давление от $2 \cdot 10^{-5} \text{ н/м}^2$ (**порог слышимости = 10^{-12} Вт**) до $2 \cdot 10^2 \text{ н/м}^2$ (**болевого порога = 10^9 Вт**) на частотах от 16-20 Гц до 16-20 КГц.

Кроме того, различают временное смещение порога слышимости (ВСП), которое зависит от степени приспособленности или адаптированности органа слуха к воздействию шума (звука).

Связь между **звуковой мощностью и звуковым давлением** можно сравнить с зависимостью между электрической мощностью и напряжением:

Электрическая мощность	Звуковая мощность
$P = U^2 : R$	$P = p^2 : z$

где **P** - мощность; **U** - напряжение; **R** – сопротивление цепи; **p** — звуковое давление (на площадь)*; **Z** - импеданс окружающей среды.

Термин "импеданс" означает: а) для электрической сети её полное сопротивление электрическому току, б) для звука – полное сопротивление воздушной или иной среды распространения волны.

Полное сопротивление среды - импеданс, можно условно отнести к постоянной величине (**const**). Рассматривая эту зависимость только для акустики, получаем:

$$P = p^2 \cdot \text{const} \quad (7).$$

Представив логарифмическую зависимость для мощности и давления относительно начальных уровней отсчета, будем иметь:

$$\text{Lg}\left(\frac{P}{P_0}\right) \text{Вт} = 2 \text{Lg}\left(\frac{p}{p_0}\right) \text{дБ} + \text{const} \quad (8),$$

* Поэтому в формуле, величина звукового давления, возведена в квадрат.

или, используя децибелы,

$$Lg\left(\frac{P}{P_0}\right) Wt = 20 Lg\left(\frac{P}{P_0}\right) dB + const \quad (9).$$

Формула 9 объясняет зависимость между уровнем звукового давления и уровнем звуковой мощности. Постоянная величина **const** определяется конкретными условиями среды. Из вышесказанного следует определение уровня звукового давления (формула 1)

$$L = 20 * Lg \frac{P}{P_0} \quad (10),$$

где $P_0 = 2 * 10^{-5} \text{ н/м}^2$ (порог слышимости).

Если источник звука со звуковой мощностью P_1 создает звуковое давление p , то 100 таких же источников увеличат звуковую мощность в 100 раз, что эквивалентно 20 дБ. Отсюда $P_2 = 100 * P_1$ или $L_{P2} = L_{P1} + 20$ дБ.

Из формулы звуковой мощности (**формулы 4,10**), следует, что звуковое давление увеличится только в 10 раз. Это десятикратное увеличение соответствует **20 дБ**, поскольку $p_2 = 10 p_1$ или $L_{P2} = L_{P1} + 20$ дБ.

Использование множителя 20 вместо 10 для логарифмической шкалы уровней звукового давления обеспечивает возможность сравнения двух единиц разных уровней (без учёта нулевого уровня – порога слышимости).

В измерительных приборах определение разностей уровней звуковых давлений устанавливается таким образом, чтобы эта разность совпадала с разностью уровней интенсивностей тех же колебаний. Соответственно измеренную в децибелах разность уровней звуковых давлений можно определить по формуле:

$$L = 20 \cdot Lg\left(\frac{P_{a1}}{P_{a2}}\right) \quad (11),$$

где: P_{a1} – уровень звука интенсивностью 40 дБ, P_{a2} – уровень звука интенсивностью 80 дБ.

Наряду с измерением разности уровней в белых и децибелах часто применяется измерение разности уровней интенсивности или звуковой мощности в неперах (Нп). Разность уровней в один непер соответствует отношению их интенсивностей, равному основанию натуральных логарифмов.* Из этого определения вытекает, что 1 Бел = 2,303Нп. Иногда в неперах измеряют не разность уровней интенсивности, а разность уровней давления.

Чистые тоны. До сих пор рассматривались звуки, которые соответствовали идеальной акустической системе, генерирующей чистую синусоидальную волну, имеющую только одну частоту. В природе звуки такого типа относительно редки, но они имеют большое значение, так как теоретически любой звук можно рассматривать как состоящий из соответствующей смеси (суперпозиции) этих звуков чистого тона.

Всем известно устройство слухового анализатора: “молоточек”, “наковальня” и “улитка”. Напомним теорию Гемгольца:

1. В улитке происходит первичный анализ звука,
2. Каждый простой звук (одно изолированное колебание) имеет свой участок на мембране (базиллярной основе) улитки,
3. Низкие звуки вызывают колебания базиллярных участков улитки ее верхушки, а высокие - ее основания.

Образно говоря, "ворсинки на мембране" колеблются под воздействием звуковой волны, как "камыш колеблется под ветром".

В теоретическом аспекте часто используют понятия идеального звука или чистого тона: это такой звук, который генерируется идеальной акустической системой вырабатывающей синусоидальную волну только на одной и той же частоте (или имеющей одну частоту). Такая волна (чистого тона) может затронуть только одну ворсинку базиллярных клеток улитки.

* Отличие "неперов" от "децибел" в использовании логарифмов: натуральных и десятичных. Теория логарифмического исчисления дана в любом учебнике по алгебре.

Периодические звуки. Музыкальные ноты, шум двигателя, гудение трансформатора, визг циркулярной пилы состоят из простой или сложной смеси чистых тонов. Количество слагающих чистых тонов и образует в результате звук, форма волны которого может повторяться через одинаковые периоды. Такие звуки называют периодическими. При использовании соответствующих анализирующих приборов можно выделить отдельные компоненты такого звука.

Звуки широкого диапазона. Многие звуки слагаются из бесконечной смеси неразделяемых составляющих, образующих в сочетании форму волны, которая не имеет повторов и которую нельзя предсказать в будущем. Это относится к шуму вентиляторов, завыванию ветра или аддитивным эффектам большого количества несвязанных звуков. В таких звуках невозможно выделить отдельные составляющие. Эти звуки можно только **разделить на октавные полосы среднегеометрических частот.** *

Звуки из смеси длинных и коротких волн влияют на разные участки улитки. Поэтому при решении задач борьбы с шумом необходимо знать частотный состав шума. Из-за этого обстоятельства требуется разделять звуки на соответствующие полосы частот. В большинстве случаев вполне достаточно деление рассматриваемого диапазона частот на октавные полосы среднегеометрических частот.

Рисунок 3 показывает, что звуковые октавы своими областями пересекаются по способу расчёта. Номинальная частота каждой полосы равна среднему геометрическому значению верхней и нижней частоты октавной полосы. **Октавные полосы представлены частотным интервалом с отношением один к двум.** Так, октавная полоса 1кГц соответствует интервалу частот от 707 до 1414 Гц. Или другой пример: нижняя граница среднегеометрической октавы 63 Гц равна 16 Гц, а верхняя – 125 Гц (**63 Гц x 2 ≈ 125 Гц**).

* Для понимания термина следует вспомнить расчёт средней геометрической величины. Для условного представления об октавах среднегеометрических частот, скажем, что они получены суммированием с нарастающим итогом.

Стандартные октавные полосы центрируются на 1 кГц, их средние частоты составляют: **16, 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000; 16000 Гц.**

Интенсивность звука (шума) на этих частотах также измеряется в дБ. В этом случае, говорят о "спектральном составе шума".

При необходимости получения расширенной информации можно использовать более мелкое деление по частотному составу среднегеометрических октав. Характерными для такого мелкого разделения являются полосы частот шириной в 1/3 октавы.

Субъективное восприятие звука характеризуется рядом величин, которые могут быть в той или иной степени сопоставлены с некоторыми из объективных параметров, рассмотренных ранее. Человек воспринимает звуки по высоте, тембру и громкости.

Высота звука. Качественная характеристика звука определяется его частотой (**F**). Разные звуки воспринимаются нами как равноотстоящие по высоте, если равны отношения их частот **F₂ : F₁**.

Отсюда следует понятие "**интервала высоты**". Он определяется отношением крайних частот соответствующих звуков. Так, например, интервал звука, ограниченный частотами 200 и 500 Гц, равен интервалу звука с граничными частотами 100 и 250 Гц, поскольку **200 : 2 = 100 Гц, 500 : 2 = 250 Гц.**

Практически, **интервал высоты** позволяет установить кратность двух отрезков (**A_{max} - A_{min}**) и (**B_{max} - B_{min}**), что и лежит в основе расчёта среднегеометрических октавных полос.

Для измерения **интервала высоты** применяется ряд единиц, построенных по логарифмическому принципу.

Октавные полосы

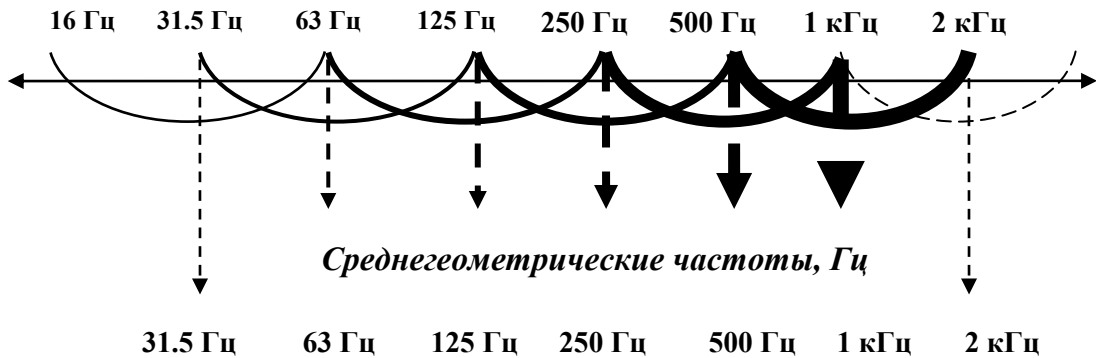


Рис. 3. Пересечение областей октавных полос и среднегеометрические частоты (при интервале разбиения спектра 1 : 2).

В музыке основным интервалом является интервал, ограниченный частотами, отношение которых равно двум - октава (**окт.**). Октаву делят на 1000 миллиоктав: 1 окт. = 10^3 мокт.

Кроме миллиоктав, ранее применялась единица "**савар**", определяемая как интервал, для которого десятичный логарифм отношения крайних частот равен 0,001. Интервал, измеренный в саварах, выражается формулой:

$$J_c = 1000 \cdot \text{Lg} \left(\frac{F}{F_1} \right) \quad (12),$$

где: F_1 и F_2 – соотношения двух крайних частот.

Последовательность тонов, из которых первый и последний образуют интервал в одну октаву, называется гаммой. Напомним, что в музыкальной октаве семь нот (чистых тонов): ДО, РЕ, МИ, ФА, СОЛЬ, СИ.

Для получения гармонических музыкальных созвучий требуется, чтобы отдельные промежуточные ступени гаммы (тоны) обладали частотами, относящимися друг к другу, как последовательные небольшие целые числа. Гамма, тоны которой удовлетворяют этому условию, называется чистой или натуральной гаммой.

Тембр звука. Различные звуки даже одной высоты отличаются друг от друга окраской или тембром. Тембр звука зависит от относительной интенсивности дополнительных колебаний обычно более высоких частот, чем основная частота, определяющая высоту звука. Непосредственных количественных параметров, которые служили бы однозначной характеристикой тембра, не существует. При анализе музыкальных звуков измеряют относительную интенсивность отдельных составляющих. Иначе можно сказать, что тембр определяется видом функции распределения интенсивности (силы) звука по частотам.

Практически, тембр – это окраска звука, состоящая из наложения различных волн (энергий) на базовую звуковую волну.

Громкость звука. Восприятие звука зависит от его интенсивности, однако связь эта не является простой и однозначной. Прежде всего, здесь следует указать на то, что чувствительность человеческого уха к звукам разной частоты различна.

Рисунок 4 содержит двойную логарифмическую сетку, на которой построены кривые слышимости в нескольких физических единицах. На шкале ординат слева указаны интенсивности звука в ваттах на квадратный метр ($\text{Вт}/\text{м}^2$), уровни интенсивности в децибелах (дБ). На правой шкале показаны соответствующие звуковые давления в паскалях (Па).

За нулевой уровень звука принят порог слышимости - минимального восприятия разницы между участками сгущения и разряжения отнесённый к величине атмосферного давления на частоте 1000 Гц. Нижняя кривая – это нулевой уровень различаемого звука, верхняя – порог болевой чувствительности.

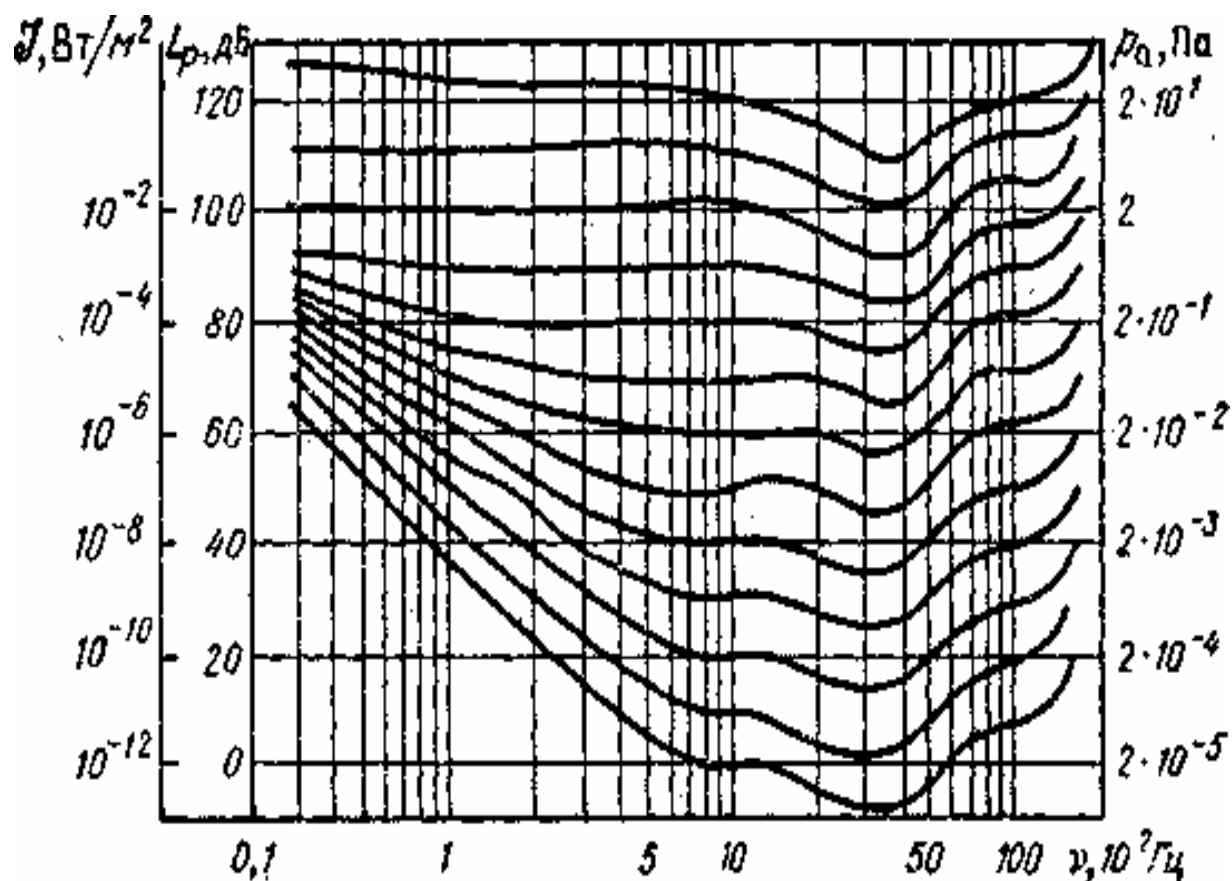


Рис. 4. Кривые громкости.

Кривые, представленные на рисунке 4, построены таким образом, что каждой из них соответствует **одинаковая громкость воспринимаемых звуков разной высоты**. Из рисунка следует, что если энергетика звукового давления возрастает, то возрастает и громкость звука. Обсуждаемые кривые на частоте 1000 Гц сдвинуты друг относительно друга на 10 дБ. При других частотах разность уровней соседних кривых различна.

Звуки считаются равноотстоящими по громкости, если разности уровней звуков таких же громкостей, на частоте 1000 Гц равны 10 дБ. Поскольку равным интервалам уровня громкости соответствуют разные интервалы уровня интенсивностей, то для характеристики уровня громкости введена специальная единица – "фон". Фон определяется как разность громкости двух звуков данной частоты.

Звуки считаются "равногромкими", если на частоте 1000 Гц они отличаются по интенсивности на 10 дБ. Принимая уровень, соответствующий

ший пределу слышимости, за нулевой, мы можем непосредственно измерять уровень громкости звука в фонах как разность между уровнем громкости данного звука и нулевым уровнем.

Все приведенные выше единицы, построенные на логарифмической основе, являются, разумеется, безразмерными.

Материал этого подраздела рассчитан на читателей с разной степенью подготовки, как по физике, так и по обычной алгебре. Для части пользователей, данный раздел может оказаться не преодолимым в том случае, если они не воспользуются соответствующими учебниками. Убеждены, что без знания основ акустики, понимания применяемых физических единиц, нельзя понять результаты замеров шума, грамотно разработать мероприятия по ограничению влияния шума на работающих.

2.3. Арифметические действия над децибелами

Субъективные ощущения шума не соответствуют физическим данным. Так, шум любой из нас может охарактеризовать по громкости, тембру, тональности, но они не могут быть равны физическим параметрам.

Производственный шум измеряют с физических позиций, а оценивают с медико-биологических (гигиенических) представлений.

Данное обстоятельство должно учитываться при замерах фактора. Особое затруднение представляет то, что ухо человека неодинаково чувствительно к отдельным частотам и прибор, измеряющий физический уровень звукового давления, не может обеспечить надёжной и сравнимой индикации громкости звука.

Показания прибора, не учитывающего эту особенность, могут на уровне в 70 дБ, например, соответствовать еле слышному звуку на низких частотах и громкому звуку на средних частотах.

Для получения показаний измерительного прибора, адекватных восприятию человека, используют систему частотных фильтров. Они вносят поправки на показания прибора с тем, чтобы обеспечить регистрацию зву-

ка, субъективно сравниваемого со звуком, который может воспринимать человеческое ухо. Для этого в большинстве современных шумомеров встроены специальные фильтры для **шкал А, В, С**, характеризующих **кривые соответствия** (рис. 4).

Первоначально предполагали, что характеристика А, соответствующая кривой равной громкости (рис. 4), проходящей через частоту **1 кГц при 40 дБ**, должна использоваться для уровня звукового давления **до 55 дБ**, характеристика В - для уровня звукового давления **от 55 до 85 дБ**, характеристика С - для более высокого уровня. Однако в настоящее время, шкала **А** используется для всех звуков независимо от уровня звукового давления, так как установлено, что между субъективной реакцией и уровнем звукового давления по характеристике **А** существует довольно хорошая согласованность, независимая от уровня почти всех наиболее распространенных источников звука.

Сейчас большинство стандартов производственного шума основано на шкале **А**.

В особых случаях приходится применять и другие характеристики. Например, шум от двигателей самолётов следует измерять на шкале **С**, которая предназначена для измерения очень громких звуков и приведения их результатов к приближённому субъективному ощущению.

Поэтому запись "дБА" – означает, что звук измерен на шкале А. Точно также и в отношении записей "дБВ", "дБС".

Оценка шумового режима в производственных помещениях зависит от расположения технологического оборудования, его назначения и применения, а также времени использования.

Разные машины и механизмы могут создавать разные уровни зашумления, которые суммируются человеческим ухом в соответствующий звук. Поэтому, если в помещении размещено два и более источников шума, то возникает вопрос об их суммарном действии (оценка зашумлённости помещения).

Кроме того, уровни громкости шума и его воздействия могут значительно меняться во времени. Поскольку, **уровни звукового давления, измеряемые шумомером, выражены в децибелах (логарифмах), то суммирование этих уровней подчиняется обычным правилам арифметических действий над логарифмами.**

Есть и другой путь - перевод децибел в единицы звукового давления (Па) с последующим их суммированием. *

Обсудим действия над логарифмами (децибелами). Из курса арифметики известно, что в логарифмической системе возможны сложение, вычитание, умножение и деление. При этом по специальным таблицам определяются соответствующие добавки (поправки) к логарифмическим уровням, над которыми производится арифметическая операция. Поэтому, представление уровней шума в этой системе, позволяет производить указанные действия.

Возникают следующие задачи:

1. Как определить средний уровень шума в помещении с несколькими источниками шума?

2. Источник шума действует во времени непостоянно, меняя свои уровни. Как определить средний уровень шума за заданное время?

Таблица 2 предназначена для получения поправок при сложении разных уровней шума от нескольких источников. Порядок определения среднего уровня следующий. На первом этапе вычисляется разность между наибольшим и наименьшим уровнем, на втором – поправка из таблицы 2 (графы 1 и 2) прибавляется к наибольшему уровню.

Например, разность между двумя уровнями в **78 и 81 дБ равна 3**. Следовательно, к большему уровню (именно к "81 дБ" !!!) надо прибавить 1.8 дБ (по графе 2) и округлить:

а) 81 дБ - 78 дБ = 3 дБ, поправка по таблице 2 равна +1,8 дБ

* О порядке преобразования децибел в единицы давления расскажем в разделе 4.2 (дозные оценок шумов).

б) $81 \text{ дБ} + 1,8 \text{ дБ} = 82,8 \text{ дБ} \approx 83 \text{ дБ}$.

Округление необходимо потому, что в реальных производственных условиях точность измерений зависит не только от чувствительности штатных приборов, но и от множества переменных и постоянных причин и обстоятельств (импеданс распространения волны Z), а также от некоторых несоответствий восприятия результатов физических измерений.

Пример: в помещении три источника звука с уровнями **78 дБ, 80 дБ и 84 дБ**.

Таблица 2

**Зависимость величин поправок к уровням звукового давления
от разности складываемых уровней**

Разность двух складываемых уровней	Величины поправок (добавок)	Группировка поправок (добавок)
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
0	+ 3	= +3
1	+ 2,5	
2	+ 2,0	= +2
3	+ 1,8	
4	+ 1,5	
5	+ 1,2	
6	+ 1,0	= + 1,0
7	+ 0,8	
8	+ 0,6	
9	+ 0,5	
10	+ 0,4	= + 0,0
15	+ 0,2	
20	0,0	

1. Вычислим разность наибольших и наименьших значений:

$84 \text{ дБ} - 78 \text{ дБ} = 6 \text{ дБ}$, поправка Δ по таблице 2 равна **1 дБ**.

2. Добавим к наибольшей величине поправку: **$84 \text{ дБ} + \Delta = 84 \text{ дБ} + 1 = 85 \text{ дБ}$** ,

3. Вычислим разность между полученной величиной 86 дБ и оставшимся уровнем: **$85 \text{ дБ} - 78 \text{ дБ} = 7 \text{ дБ}$** , из таблицы 2 поправка $\Delta = 0.8 \text{ дБ}$,

4. Прибавим поправку к **86дБ**:

86 дБ + 0.8 дБ = 86.8 дБ. Округлив, получим **87 дБ**, что и характеризуют средний уровень шума в помещении.

В практической работе расчёт средних уровней шума в помещении с большим количеством источников звука требует много времени. Зачастую встречаются ситуации, когда надо сложить на экране десятки уровней шума, измеренных в децибелах. Поэтому, рекомендуем способ приблизительного расчёта – устного счёта. Для этого поправки по таблице 2 мысленно разбиваются на четыре группы (как показано в графе 3 обсуждаемой таблицы – разными оттенками серого цвета): **разность 0 - поправка $\Delta = + 3$, разность от 1 до 3 - поправка $\Delta = + 2$, разность от 4 до 8 - поправка $\Delta = + 1$.**

Разность больше 9 предполагает нулевую поправку, поскольку дробной величиной меньше 0.5, можно пренебречь.

Указанные интервалы следует запомнить вместе с поправками и, затем применять для устного сложения логарифмов характеризующих шум.

Так, например, устно сложив уровни 87 и 89 дБ, получим 91 дБ, поскольку поправка для разности в интервале от 1 до 3 равна 2. Сложение по таблице с последующим округлением даст тот же результат:

а) 89 дБ - 87 дБ = 2 дБ, поправка по таблице 2 равна +2 дБ

б) 89 дБ + 2 дБ \approx 91 дБ.

В стандартах измерения шума прошлых лет и действующих документах содержится примечание, смысл которого заключён в возможности вычисления средней величины слагаемых уровней при разности до 5-7 дБ. Это ошибочное утверждение, что и покажем на следующем примере.

Даны два уровня звука **80 дБ и 84 дБ**. Разность в 4 дБ требует поправки +1. Следовательно, суммарный уровень шума **84 дБ + 1 = 85 дБ**.

Сложим уровни как рекомендует примечание, а затем вычислим среднюю величину: **80 дБ + 84 дБ = 164 дБ, среднее: 164 дБ : 2 = 82 дБ,**

что не соответствует результату общепринятого способа.

Шум, в зависимости от технологического процесса, может изменяться по интенсивности своего энергетического воздействия, во времени (экспозиции). Для этого также существуют поправки, которые представлены в **таблице 3.**

Определив время действия фактора, следует отнять от результата измерения соответствующую поправку. Данный приём позволяет производить суммирование разных уровней шума воздействующих на работника в разное время.

Таблица 3

**Значение поправок к измеренным величинам уровней звука
в зависимости от их продолжительности**

Экспозиция, час	8	7	6	5	4	3	2	1	0.5	0.25	0.1
Поправки, - дБ	0	- 0.6	- 1.2	- 2	- 3	- 4.2	- 6	- 9	- 12	-15.1	- 19

Например, на работника в течение 0,5 часа воздействовал уровень шума равный **95 дБ**, в течение **5 часов - 85 дБ**, и в течение **2 часов - 76 дБ**. Расчёт для получения суммарной характеристики влияния фактора за рабочий день, следующий:

- а) для 0,5 часа поправка равна - 12: 95 дБ - 12 = 83 дБ**
- б) для 5 часов поправка равна - 2: 85 дБ - 2 = 83 дБ**
- в) для 2 часов поправка равна - 6: 76 дБ - 6 = 70 дБ.**

Суммирование произведём по ранее обсуждённой схеме: разность между 83 дБ и 70 дБ равна 13 (чем можно пренебречь). Разность между двумя уровнями 83 дБ равна нулю. Поэтому к этой величине следует добавить 3 дБ:

$$83 \text{ дБ} - 70 \text{ дБ} = 13 \text{ поправка} + 0,3: \quad 83 \text{ дБ} + 0,3 = 80,3 \text{ дБ} \approx 80 \text{ дБ}$$

$$83 \text{ дБ} - 83 \text{ дБ} = 0 \text{ поправка} + 3: \quad 83 \text{ дБ} + 3 \text{ дБ} = 86 \text{ дБ}$$

Следовательно, на работника в течение работы воздействовал шум с суммарным звуковым давлением (интенсивностью) **86 дБ**.

В данном примере, каждый измеренный уровень шума вначале корректировался на поправку по экспозиции, и только после этого производили суммирование полученных значений. Если попытаться вначале произвести суммирование измеренных уровней, а затем сделать поправку на время к вычисленному суммарному уровню, то получим ошибочный результат.

Пользователь может убедиться в этом самостоятельно, если возьмёт в вычисления среднее от заданной экспозиции: **0.5 час + 5 час + 2 часа \Rightarrow (12 + 2 + 6) : 3 = 6 часов**.

Средний уровень для перечисленных исходных значений шума **95 дБ, 85 дБ, и 76 дБ равен 95 дБ** (расчёт по таблице 2). Поправка на 6 часов из таблицы 3 равна – **1.2 дБ**. Следовательно, **95 дБ – 1.2 дБ \approx 94 дБ**. Данная величина **ошибочна** из-за недоучёта конкретной экспозиции каждого уровня шума.

Кроме сложения, логарифмы (децибелы) можно перемножать. Оно может быть полезно, например, в ситуации, когда в помещении несколько одинаковых источников равных по своим уровням. Так, в комнате размещено пять токарных станков, на которых обрабатывается один и тот же материал. Они создают поодиночке один и тот же шум, интенсивностью **90 дБ**. Тогда, если уровень звуковой мощности одного звукового источника равен **90 дБ**, общий уровень звуковой мощности пяти таких же источников может быть определён в следующем расчёте.

Определим, что один источник шума равен **90 дБ**:

$$L = 10 \text{ Lg } P = 90 \text{ дБ} \quad (13).$$

Выполним умножение:

$$L = 10 \text{ Lg } (P - 5) - 10 (\text{Lg } P + 5) \quad (14).$$

Произведя вычисления, получим:

$$10 (\text{Lg } P + 0.7) = 10 \text{Lg } P + 7 = 90 + 7 = 97 \quad (15).$$

Таким образом, в данной главе попытались обновить знания курсантов (слушателей, студентов) по акустике в объеме необходимом для гигиенического осмысления влияния производственного шума на работающих людей. Подробно обсудили физические представления о природе звука, особенности распространения звуковых волн в воздухе, рассмотрели физические единицы измерения и вопросы субъективного восприятия звука. Арифметические действия над децибелами будут полезны в практических исследованиях и соответствующих расчётах.

2.4. Контрольные тесты

В заключение раздела представим для самоконтроля пользователя и контроля усвоения материала слушателей (студентов) на занятиях несколько вопросов.

Поскольку первый и второй разделы настоящего пособия предназначены для ознакомления с терминологией и физическими представлениями о производственном шуме, то посчитали возможным объединить узловые вопросы этих глав в нижеследующих 16 тестах.

Каждый тест предполагает вопрос и три-четыре ответа. Из них могут быть верными все четыре или один, два и три ответа. Каждый ответ имеет номер. Правильные ответы даны в приложении Б.

В конце следующих глав также будут представлены контрольные тесты, построенные по вышеописанным принципам.

1. ОПРЕДЕЛИТЕ РАЦИОНАЛЬНУЮ ДЕФИНИЦИЮ ТЕРМИНА: "ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ ВРЕДНОСТИ":

1. Профессиональные вредности - то, что влияет на здоровье работника.

2. Профессиональные вредности - факторы трудового процесса и производственной среды, которые могут прямо или косвенно являться причиной нарушения здоровья работающих.

3. Профессиональные вредности - устаревшее понятие "условий труда".

4. Профессиональные вредности - условное обозначение неблагоприятного влияния труда на человека, характерные для той или иной профессии.

2. ВЫБЕРЕТЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОНЯТИЯ: "ВРЕДНЫЙ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ФАКТОР" ПО РУКОВОДСТВУ Р 2.2.2006-05:

1. Фактор среды и трудового процесса, воздействие которого на работающего может вызвать профессиональное заболевание, временное или стойкое снижение работоспособности, повысить частоту соматических и инфекционных заболеваний, привести к нарушению здоровья потомства.

2. Фактор среды и трудового процесса, который может быть причиной острого заболевания или внезапного резкого ухудшения здоровья, смерти.

3. Совокупность производственных элементов, являющихся причиной развития производственно-обусловленных и профессиональных болезней.

3. ВЫБЕРЕТЕ КЛАССИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОНЯТИЯ: "ВРЕДНЫЙ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ФАКТОР":

1. Вредный производственный фактор - это воображаемое действие от неблагоприятных условий труда, приводящее к нарушению здоровья.

2. Вредный производственный фактор - фактор, способный оказать отрицательное влияние на работоспособность и состояние здоровья работающих вплоть до возникновения профессиональных заболеваний.

3. Вредный производственный фактор - то, что может привести к заболеванию и травме.

4. Вредный производственный фактор - параметры физических и химических характеристик производственной среды.

4. МОЖНО ЛИ ИЗМЕРИТЬ "ФАКТОР":

1. Да, потому что на работника влияет многофакторное производственное воздействие.

2. Нет, поскольку фактор - абстрактное наименование совокупности действующих причин и обстоятельств.

5. УКАЖИТЕ ПОНЯТИЕ “РАБОЧЕГО МЕСТА” ПО ГОСТ 12.1.005-88:

1. Место постоянного или временного пребывания работающих.
2. Место, где производятся работы.
3. Место работ, куда направил работодатель.

6. ВЫБЕРИТЕ КЛАССИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОНЯТИЯ: "СОЧЕТАННОЕ ДЕЙСТВИЕ":

1. Одновременное или последовательное воздействие на организм вредных факторов различной природы (химических, физических и т. п.).

2. Одномоментное или последовательное воздействие на организм однородных (физических или химических и т. п.) вредных факторов при одном и том же пути поступления в организм.

3. Воздействие на организм одного и того же вредного фактора из различных сред (различным путём) в условиях производства и вне его.

7. ВРЕДНЫЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ФАКТОРЫ МОГУТ ДЕЙСТВОВАТЬ В ОДИНОЧКУ ИЛИ ВМЕСТЕ. ВЫБЕРИТЕ КЛАССИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОНЯТИЯ: "КОМБИНИРОВАННОЕ ДЕЙСТВИЕ":

1. Одномоментное или последовательное воздействие на организм вредных факторов различной природы (химических, физических и т. п.).

2. Одномоментное или последовательное воздействие на организм однородных (физических или химических и т. п.) вредных факторов при одном и том же пути поступления в организм.

3. Воздействие на организм одного и того же вредного фактора из различных сред (различным путём) в условиях производства и вне его.

8. ВРЕДНЫЕ И ОПАСНЫЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ФАКТОРЫ МОГУТ ДЕЙСТВОВАТЬ В ОДИНОЧКУ ИЛИ ВМЕСТЕ. ВЫБЕРИТЕ КЛАССИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОНЯТИЯ: "КОМПЛЕКСНОЕ ДЕЙСТВИЕ"

1. Воздействие на организм одного и того же вредного фактора из различных сред (различным путём) в условиях производства и вне его.

2. Одномоментное или последовательное воздействие на организм однородных (физических или химических и т. п.) вредных факторов при одном и том же пути поступления в организм.

3. Одновременное или последовательное воздействие на организм вредных факторов различной природы (химических, физических и т. п.).

9. ВЫБЕРИТЕ ПРИМЕРЫ КОМПЛЕКСНОГО ДЕЙСТВИЯ ВРЕДНЫХ ФАКТОРОВ

1. Шум и вибрация.

2. Одновременное воздействие нескольких химических соединений при одном и том же пути поступления в организм.

3. Воздействие одного и того же химического соединения при разных путях поступления в организм (ингаляционное и накожное действие кислоты).

4. Нагревающий микроклимат и тяжёлый физический труд.

10. ВЕДУЩИЙ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ФАКТОР, ЭТО:

1. Тот фактор, который определяет суть влияния условий труда.

2. Тот фактор, специфическое действие которого проявляется в наибольшей мере при комбинированном или сочетанном воздействии ряда факторов на организм.

3. Тот фактор, который вызывает болезнь и травму со смертью.

4. Тот фактор, который влияет на потомство.

11. ФИЗИЧЕСКАЯ ОСНОВА ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ШУМА:

1. Колебание частиц упругой среды (газы, жидкости, твёрдая среда).

2. Колебание механических предметов.

3. Колебание частиц воздушной среды.

4. Колебание проводящей среды.

12. ОСНОВНОЙ ЕДИНИЦЕЙ ИЗМЕРЕНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ ЗВУКА И ЗВУКОВОГО ДАВЛЕНИЯ ЯВЛЯЕТСЯ БЕЛ. УКАЖИТЕ ПРАВИЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОНЯТИЯ ЭТОЙ ВЕЛИЧИНЫ:

1. Отношение силы звука к логарифму пороговой величины ощущения.

2. Отношение двух энергий.

3. Отношение двух произвольных логарифмических уровней.

13. КАКИЕ, ИЗ НИЖЕ ПЕРЕЧИСЛЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК, ОТНОСЯТСЯ К СУБЪЕКТИВНЫМ ПАРАМЕТРАМ ШУМА:

1. Плотность и поток звуковой энергии.
2. Звуковое давление.
3. Высота, тембр, громкость звука.
4. Акустические физические величины.

14. В КАКИХ ЕДИНИЦАХ ИЗМЕРЯЕТСЯ ЧАСТОТА КОЛЕБАНИЙ?

1. В герцах (Гц).
2. В секундах (Сек).
3. В метрах (М).
4. В децибелах (ДБ).

15. УКАЖИТЕ ЧАСТОТНЫЙ ИНТЕРВАЛ ЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ:

1. От 16 Гц до 15-20 КГц;.
2. Меньше 16 Гц.
3. Более 16 КГц.
4. От 100 Гц до 300 МГц.

16. ЗАМЕРЫ УРОВНЕЙ ШУМА В ТРЁХ ТОЧКАХ ПОМЕЩЕНИЯ ОБНАРУЖИЛИ УРОВНИ ЗВУКА: 75, 82 И 78 ДБА. УКАЖИТЕ ИХ СРЕДНЕЕ ЗНАЧЕНИЕ:

1. 82 дБа.
2. 88 дБа.
3. 78 дБа.
4. 84 дБа.

3. ВЛИЯНИЕ ШУМА НА ОРГАНИЗМ

Научно-технический прогресс, определяющий современный характер производства, развивается в направлении создания и внедрения машин и оборудования большой производительности, с высокими рабочими скоростями и значительными динамическими нагрузками. Развитие техники

обуславливает рост количества источников зашумления производственной среды при одновременном увеличении интенсивности шума. Широкое распространение получают новые виды шумовибрационной техники, в которой колебания генерируются специально для достижения определенного технологического эффекта. В результате операторы, непосредственно обслуживающие машины, оборудование и технологические процессы, подвергаются воздействию значительных по уровню шумов, а развивающаяся специализация труда ведет к увеличению времени их воздействия на человека.

3.1. Интенсивность и спектральные характеристики звука

Звуковые волны переносят, как уже установили, энергию. Эта энергия затухает при распространении в той или иной среде.

Существует закон обратной пропорциональности затухания звука квадрату расстояния от источника. Его суть сводится к следующему. При увеличении расстояния от точечного источника* шума, площадь фронта распространения волн соответственно увеличивается, вследствие этого уменьшается интенсивность (мощность) звуковой энергии.

Практически происходит расширение энергетической сферы, из-за чего слабеет, теряется энергия звука. В случае сферического излучения уровень звукового давления снижается на 6 дБ при каждом удвоении расстояния от источника.

Напомним, что интенсивность или сила (звук) шума – это средняя энергия, переносимая за единицу времени звуковой волной через единичную площадку, перпендикулярную направлению распространения волны.

Интенсивность звука измеряется в ватт на квадратный метр (Вт/м^2) или в децибелах. Кроме того, шум распространяется на разных частотах.

* Точечный источник в физике – излучатель волны, длина которой меньше его геометрических размеров. Акустический центр – совокупность разных источников звука, создающих общую шумовую волну.

Звуковая волна, при этом, несёт разную энергию на той или иной частоте. Такие обстоятельства послужили основой для создания представлений о спектральном составе шума (звуков).

Шум, являясь общебиологическим раздражителем, может влиять на все органы и системы организма, вызывая разнообразные физиологические изменения. Клинические проявления влияния шума можно условно разделить на две категории:

1. Специфические изменения, наступающие в звуковом анализаторе (профессиональная тугоухость).

2. Неспецифические изменения, возникающие в других органах и системах.

Основная роль в развитии шумовой патологии принадлежит силе воздействия (интенсивности шума). Наряду с другими физическими характеристиками шумового воздействия, этот параметр следует считать "ведущим". От него зависят изменения в слуховом анализаторе, в центральной нервной системе. Описаны так называемые "акустические удары" – моментальное развитие тугоухости, вплоть до потери слуха, при разрывах снарядов, взрывах и пр.

Изменения в центральной нервной системе появляются значительно раньше, чем нарушения в звуковом анализаторе. При этом шум, воздействуя как стресс-фактор, вызывает изменение реактивности центральной нервной системы, следствием чего являются расстройства регулируемых ею функций органов и систем организма.

К биологически агрессивному шуму относят импульсный шум, источниками которого являются ударные процессы (клепка, обрубка, ковка, штамповка и пр.), а также шум, в спектре которого имеются слышимые интенсивные дискретные тона.

Считается, что действие постоянного шума более благоприятно, чем действие непостоянного шума. Однако, такие представления несколько не корректны, поскольку вредность действия фактора определяет средняя

мощность акустического процесса (энергетика звуковой волны) в единицу времени.

Для измерения постоянного шума, который мало меняется во времени, достаточно определить уровень звукового давления, в то время как для любого непостоянного шума необходимы свои методы измерений или расчеты. Для иллюстрации рассмотрим рисунок 5.

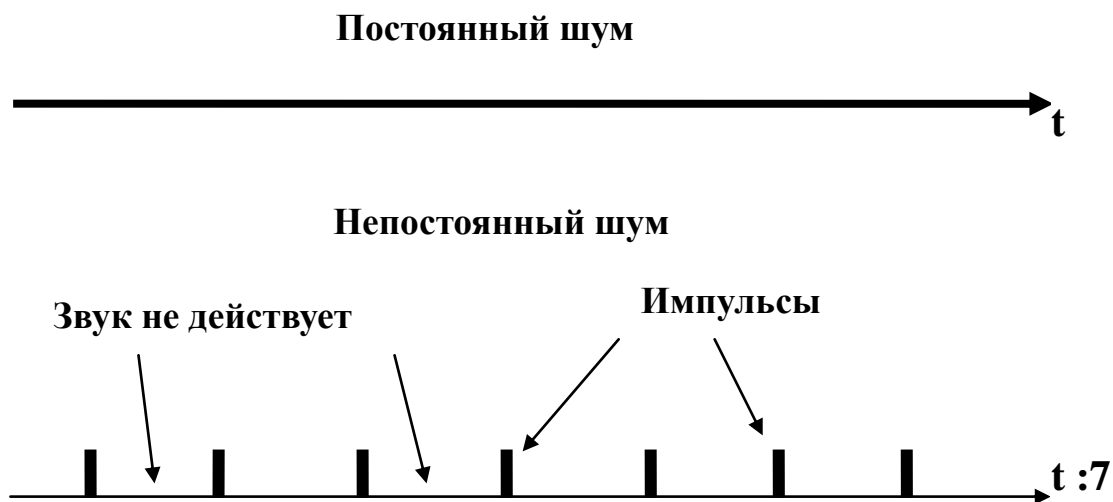


Рис. 5. Разница в энергетическом воздействии постоянного и непостоянного шума по экспозиции (времени действия).

Рисунок сравнивает время действия постоянного и непостоянного (импульсного шума). Видно, что длительность действия импульсного шума во много раз меньше, чем при постоянном шуме за счёт того, что импульсы влияют только 7 раз в течение действия постоянного шума.

Из рисунка следует понятие об эквивалентном (равном) уровне непостоянного шума. Напомним, что эквивалентный (по энергии) уровень звука, **LA экв., дБА**, непостоянного шума - уровень звука постоянного широкополосного шума, который имеет такое же среднеквадратичное звуковое давление, что и данный непостоянный шум в течение определенного интервала времени.

В большинстве современных шумомеров имеются соответствующие фильтры для шкал **A, B, C**, характеризующие кривые соответствия физи-

ческой регистрации и субъективного восприятия звука. Поэтому записи типа "дБА" означают, что измерения проводились на шкале А шумоизмерительного прибора.

Спектральный состав шума по среднегеометрическим октавам частот также характеризует особенности действия шума на человека. Покажем формализованными кривыми на рисунке 6 распределение спектров шума от некоторых источников.

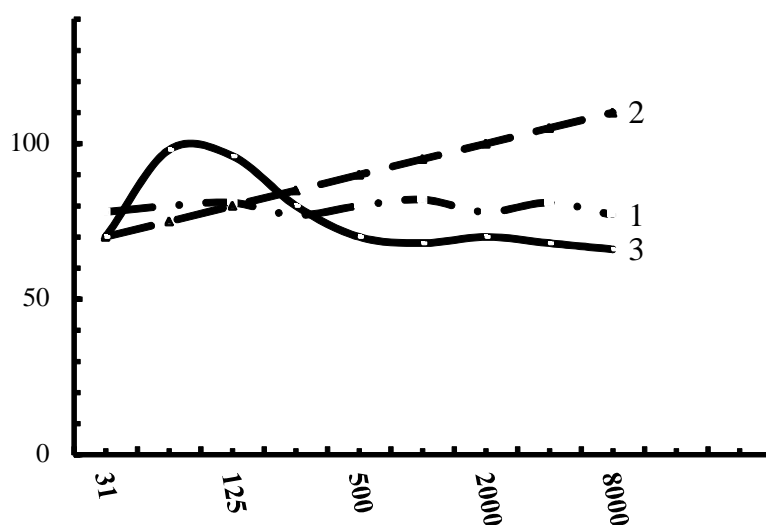


Рис. 6. Спектры шума от следующих источников:

- 1 - от электрогазосварки, мягкого железа, обрабатываемого, на токарном станке,
- 2 - от стали-55, обрабатываемой на токарном станке,
- 3 - от двигателей внутреннего сгорания.

(По вертикальной оси – проставлены значения интенсивности звука в дБ, по горизонтальной – среднегеометрические частоты октавных полос, Гц)

Распределение энергий (интенсивностей звуков) по среднегеометрическим октавам зависит от обрабатываемого материала и характеристик источников. Для шума двигателя внутреннего сгорания (автомобиля, например), не зависимо от его мощности, энергетический всплеск приходится на низкие частоты. Более или менее равномерное распределение зву-

ковой энергии в спектрах характерно для сварочных работ, обработки мягкого железа. Особый вид спектра принадлежит очень твёрдым материалам (металлам) при обработке резанием. Наибольшие энергии концентрируются в области высоких частот с переходом в ультразвуковую область.

В большинстве практических исследований ограничиваются замерами общего уровня шума по шкале ДБА, особенно если шум – постоянный во времени. Однако, изучение спектрального состава шума полезно во многих ситуациях:

1. Изучение спектрального состава шума необходимо для диагностики профессиональной тугоухости, поскольку в улитке происходит первичный анализ звука. Каждый простой звук (одно изолированное колебание) имеет свой участок на мембране (базиллярной основе) улитки. Низкие звуки вызывают колебания ворсинок базиллярных участков улитки ее верхушки, а высокие - ее основания.

2. Изучение спектрального состава шума также необходимо для проектирования систем шумопоглощения. Наибольшие трудности представляет борьба с низкочастотным шумом. Подбор материала для обеспечения полного звукопоглощения в этом диапазоне представляет трудно разрешимую задачу. На практике встречаются случаи, когда расчёты звукопоглощения не соответствуют натурным измерениям. Превышение расчётных значений на 2-4 дБ объясняется возможностью энергетической подпитки затухающих низкочастотных волн от высоких частот.

3. Изучение спектрального состава шума представляет интерес и в плане поиска источников зашумления территории, помещений. Сравнительный анализ спектрального состава может обнаружить источник шума.

Из собственной практики опишем следующий случай. В жилом массиве расположена квартальная котельная. В одной части котельной вытяжка направлена на капитальную кирпичную дымовую трубу. От двух котлов (№№ 8 и 9) выброс был направлен на железные дымовые трубы распо-

женные своим основанием на крыше котельной (на уровне пятых этажей). Высота верхней кромки труб над уровнем грунта – 36 м, диаметр – 3,5 м.

Котельная расположена на расстоянии до 100 м от окрестных домов, жильцы которых предъявляли жалобы на гудящий звук от котельной. Однако, этот звук на поверхности земли, рядом с котельной не прослушивался.

Существовали разные предположения. Многие считали, что под котлами находится бетонная панель, забытая строителями. От неё вибрация передаётся на соседние дома, и реализуется в виде звука, исходящего от отопительных устройств. Руководство теплосетей однозначно отвергало вину котельной в зашумлении жилого массива.

Мы обратили внимание на то, что жалобы предъявляли в основном жильцы квартир выше пятого этажа. Следовательно, мощным источником зашумления должен быть источник, размещённый на высоте пятого этажа.

В связи с этим провели измерения в пяти точках:

1. В помещении котельной (у котла 8).
2. На крыше котельной в одном метре от дымовой трубы котла 8.
3. На территории между котельной и жилым ближайшим домом.
4. У подъезда этого дома.
5. В квартире пятого этажа, в комнате, окна которой выходили на трубы котельной.

Частотное содержание шумовой волны зависит от источника и препятствий на пути её распространения. Преобразованная различными препятствиями - предметами, сопротивлением воздуха, исходная звуковая волна преобразуется в волну содержащую, по крайней мере, две “категории энергии”: зависимую от источника и изменённую.

Рисунок 7 показывает, как изменился спектральный состав шума от работающего котла. Видно, что спектр шума от котла 8 отличается от остальных кривых всплеском до 90 ДБ на высоких частотах.

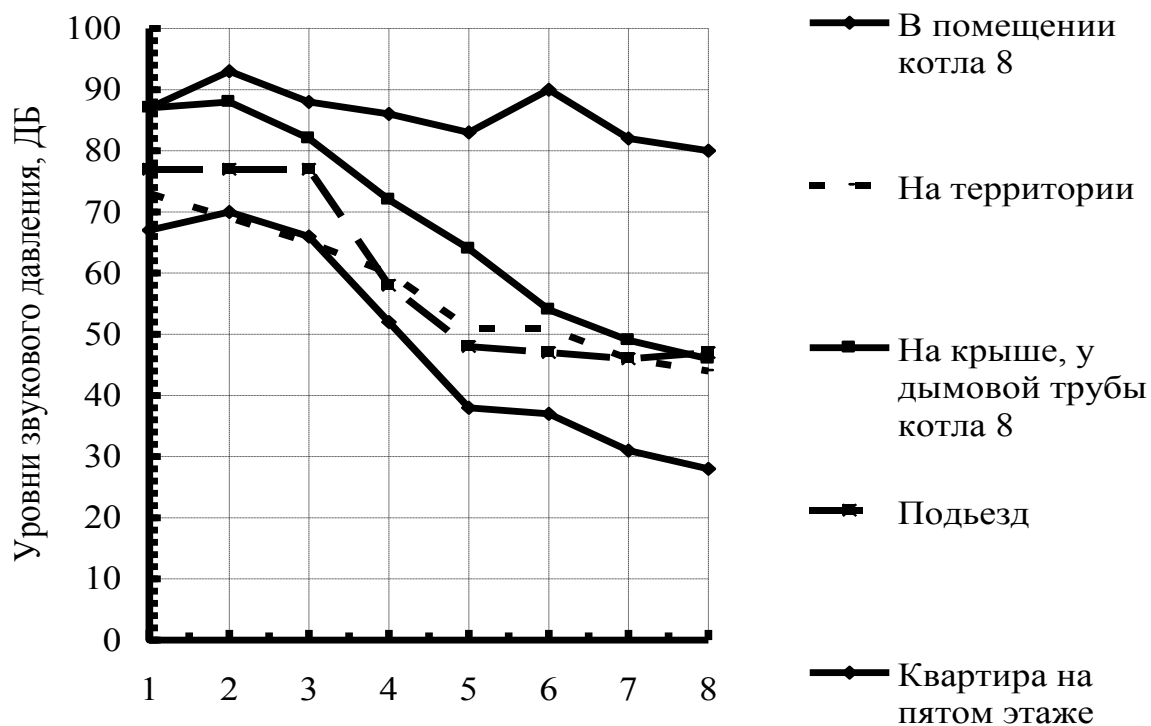


Рис. 7. Спектральные характеристики шума от котельной.

Поскольку вытяжка от котла была запланирована на перепад температур (без применения дымососов), то энергетическое содержание шумовой волны в железной трубе значительно изменяется, что видно из сравнения спектральных кривых. На крыше, рядом с дымовой трубой, спектр шума выглядит в виде падающей под углом линии. В других точках обнаруживаются аналогичные линии, но в целом, меньшие по энергетическим характеристикам. Понятно, что звук с расстоянием ослабляется, и в комнату квартиры проникают уже остатки изначальной энергии.

Доказательствами того, что котельная оказалась источником зашумления, являются:

1. Отличие спектров шума в помещении котельной и в остальных точках замеров.
2. Сходство спектров шума на крыше, территории, у подъезда и в квартире.

3. Снижение звука регистрируемой волны в направлении от котельной к дому.

Ведущей причиной зашумления квартир оказался звук от трубы котла 8 (аналогично и для трубы котла 9). Эти устройства оказались хорошими усилителями звуковой энергии, поскольку выполнены из железа. Эти трубы можно рассматривать как “рупор” - устройство, применяемое для усиления звука голоса человека.

Ситуацию иллюстрирует рисунок 8. Видно, что источник шума расположен на уровне пятых этажей и поэтому, почти не слышен на поверхности земли. Условные обозначения: КТ – помещение котельной, Мз – “Мёртвая зона” – звук от дымовых труб не слышен, Дт – дымовые трубы, “***” – точки измерений. Стрелками показано направление звуковой волны от источников.

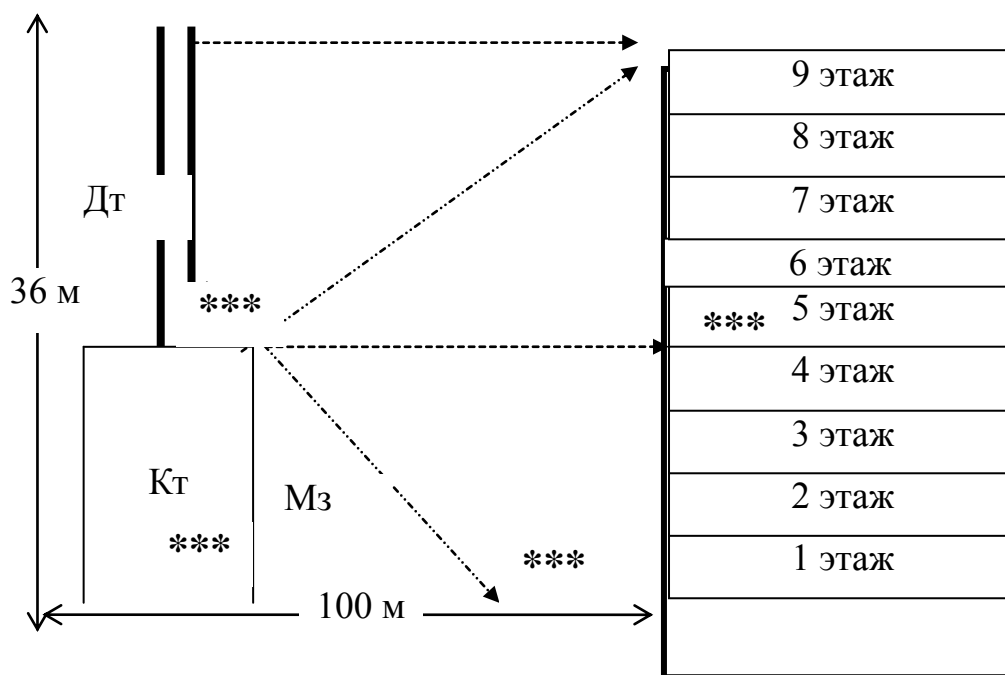


Рис. 8. Зашумление жилых домов фонда и территории от дымовых труб котельной.

В заключении ещё раз определимся с понятиями.

Интенсивность или сила шума (шумового воздействия) – это уровень энергии, передаваемой звуковой (шумовой) волной.

Спектральный состав звука (шума) – распределение энергии по отдельным волнам разной частоты, составляющих шум (звук).

В природе чистые тона, состоящие только из звука одной частоты (например, 15 Гц, или 112 Гц и т.д.) встречаются не часто. Но любой звук, шум, состоящий из волн различной частоты (длины) всегда можно квантифицировать (разложить) до отдельного тона.*

3.2. Производственные источники шума

Производственный шум обусловлен работой машин и разного технологического оборудования. Именно они являются источником шума. Но, как технологическое оборудование генерирует шум? Шум создаётся от соударения движущихся частей машин, механизмов, от движения жидкостей, газов по трубопроводам и т.д. Например, в вышеприведённом примере, дымовые трубы оказались усилителями звука, своеобразным рупором (динамиком), от которого и происходило зашумление всей окрестности.

Более подробно рассмотрим механический источник шума. Если движение газа, жидкости по трубам создаёт чаще всего тональный, постоянный шум, то механические устройства – создают шумы очень сложного дискретного состава. Эти шумы в основном относятся к источникам не постоянного звука. К ним следует отнести и двигатели внутреннего сгорания, и электродвигатели, и передаточные механизмы, и движение мостовых, козловых кранов, шумы от лифтов.

Отметим, что работа обычных двигателей (электрических и/или внутреннего сгорания) не может создавать каких-то значимых ультразвуков

* Преобразования волновых процессов по Фурье хорошо описаны в книге "В.П. Дьяконов. Энциклопедия MathCAD 2001i и MathCAD 11. – М.: СОЛОН-Пресс, 2004 – 632 с."

или инфразвуков. Конечно, компоненты таких звуков могут присутствовать в таком шуме. Однако, для их неблагоприятного воздействия необходимы соответствующие мощности.

Общей причиной механического шума являются колебаниями деталей машин и их взаимное перемещение. Эти колебания вызывается силовыми взаимодействиями неуравновешенных вращающихся масс, ударами в сочленениях деталей, стуками в зазорах и т.п.

Поскольку возбуждение механического шума обычно носит ударный характер, а излучающие его конструкции и детали представляют собой распределенные системы с многочисленными резонансными частотами, спектр механического шума занимает широкую область частот. Наличие высокочастотных составляющих в механическом шуме приводит к тому, что обычно он субъективно очень неприятен.

Колебания движущихся деталей передаются корпусу (станине, кожуху), который меняет спектр колебаний излучаемого шума (как и вышеприведённом примере).

Процесс возникновения механического шума весьма сложен, так как определяющими факторами здесь являются формы, размеры, обороты, конструкция, механические, акустические свойства материала, способ возбуждения колебаний, а также состояние поверхностей взаимодействующих тел, в частности трущихся поверхностей, степень их смазки. Расчетным путем определить излучаемое звуковое поле обычно не удастся.

Обсудим особенности образования механического шума от некоторых устройств.

Наибольшее распространение во всех двигателях (от внутреннего сгорания до электрических) самого разного назначения получило применение зубчатых передач. Они обычно представлены несколькими шестернями, зубцы которых тесно соприкасаются. Шум зубчатых передач вызывается колебаниями колес и элементов конструкций, сопряженных с ними. Причинами этих колебаний являются: взаимное соударение зубьев при

входе в зацепление, переменная деформация зубьев, вызванная непостоянством сил, приложенных к ним, кинематические погрешности зубчатых колес, переменные силы трения.

Спектр шума от зубчатых передач занимает широкую полосу частот, особенно значителен он в диапазоне 2000-5000 Гц. На фоне сплошного спектра имеются дискретные составляющие, основными из которых являются частоты, обусловленные взаимным соударением зубьев, действием ошибок и зацеплении и их гармониками.

Даже, если зубцы шестеренок будут идеально подогнаны с весьма жёстким микронным допуском, то всё равно внешние и внутренние силы вызовут какое-то рассогласование в их взаимодействии. Так, составляющие вибрации и шума от существующей деформации зубьев при нагрузке имеют дискретный характер с основной частотой, равной частоте пересопряжения зубьев:

$$F_z = Z \cdot N \quad (16),$$

где: F_z - частота пересопряжения, Z – число зубьев колеса, N – частота оборотов (об/с).

Однако имеются случаи, когда накопленная ошибка окружного шага не совпадает с частотой вращения. В этой ситуации будет существовать еще одна дискретная частота, равная частоте действия этой ошибки. Частота действия накопленной ошибки зубчатого колеса кратна частоте вращения:

$$F_i = i \cdot \frac{N}{60} \quad (17),$$

где: F_i - частота действия накопленной ошибки, $i = 1, 2, 3 \dots$

Колебания возбуждаются также с частотами, определяемыми погрешностями зубчатой пары (перекос осей, отклонение от межцентрового расстояния и т. п.). Так, надломленные зубья выжимного подшипника в ав-

томобиле, создают характерный дополнительный шум при включении передачи.

Зубчатое зацепление представляет собой систему с распределенными параметрами и с большим количеством собственных частот колебаний. Это приводит к тому, что практически на всех режимах работа зубчатого зацепления сопровождается возникновением колебаний на резонансных частотах.

Снижение уровня шума может быть достигнуто различными мерами. Например, заменой материала шестерён. Для изготовления зубчатых колес традиционно используются углеродистые или легированные твёрдые стали. В тех же случаях, когда необходимо обеспечить менее шумную работу передачи, для зубчатых колес используются неметаллические материалы. Раньше для этого применяли зубчатые колеса из дерева. В настоящее время их делают из текстолита, древопластиков, полиамидных пластмасс (в том числе из капрона).

Зубчатые колеса, изготовленные из пластмасс, имеют ряд преимуществ по сравнению с металлическими шестернями. Это сравнительно высокая износостойкость, бесшумность в работе, способность восстанавливать форму после деформации (при невысоких нагрузках), более простую технологию изготовления и т. п. Недостатки пластмассовых изделий заключены в ограниченной области их применения из-за относительно низкой прочности зубьев, низкой теплопроводности, больших коэффициентах линейного и термического расширения.

Наибольшее применение для изготовления зубчатых колес нашли терморезистивные пластмассы на основе фенолформальдегидной смолы.

Источниками механического и гидродинамического шума могут быть такие устройства, как редукторы. Они предназначены для преобразования давления в трубопроводах, снижения (увеличения) частоты вращения и прочих целей. В случае механического шума эти устройства представляют собой различные передаточные механизмы (в том числе, и зубчатые), оде-

тые в кожух. Шум редукторных систем складывается из шума, излучаемого кожухом, колеблющимся под действием шума внутри него и вследствие передающихся на него вибраций, а также воздушного шума, проходящего через отверстия и неплотности ограждения.

Промышленные вентиляторы состоят из двигателя, лопастей и кожуха (коробки), в котором крутятся лопасти. Существуют стандарты, регламентирующие материал кожуха в зависимости от числа оборотов. В нашей практике был случай, когда одно предприятие наладило выпуск вентиляторов с частотой 30 000 об / мин. Конструкторы, в целях снижения цены, кожух "улитки с лопастями" выполнили из жести толщиной 15 мм. Из-за этого кожух оказался своеобразным барабаном – усилителем звука (рупор).

Уровень звукового давления от вентилятора на расстоянии 1 м был более 90 ДБА. Изделие выпускалось по незарегистрированным техническим и не утверждённым техническим условиям, в которых нормировались самые разные показатели, в том числе и вибрация оси двигателя, но не было норматива на шум. Ошибка состояла в том, что для указанных оборотов двигателя, материал коробки согласно техническому стандарту должен быть выполнен из чугуна.

Кулачковые механизмы представлены различными шарнирными соединениями, передающими механическое движение. Шум и вибрация от кулачковых механизмов являются доминирующими при работе машин полиграфической, текстильной и пищевой промышленности. Возникновение шума от кулачковых механизмов связано с переменными силами в зоне контакта "пары кулачок-ролик", которые вызывают колебания деталей, приводящих к излучению шума.

Возмущающие силы в кулачковых механизмах определены:

- 1) силами, определяемыми технологическими нагрузками;
- 2) силами трения;

3) инерционными и ударными силами, определяемые кинематикой закона периодического движения кулачка;

4) динамическими силами, обусловленными неточностью изготовления профиля или деталей кулачкового механизма.

Для снижения уровней излучаемого шума необходимо купировать действие перечисленных сил самыми различными мероприятиями – от оградительных кожухов до снижения скоростей.

Таким образом, проблема уменьшения уровней производственного шума должна решаться уже на стадии проектирования машин, механизмов, промышленных зданий. К сожалению, в проектных институтах, в настоящее время отсутствуют должности конструкторов, отвечающих за расчёты шумоизлучений. Гигиеническая экспертиза проектов по шумовому фактору за последние десять-пятнадцать лет, практически, не проводится. Заграничные изделия, оборудование, которое поставляется в страну, зачастую выполнены по иным нормативам, чем в нашей стране, поскольку рассчитаны на другие условия. Так, ручная электродрель немецкой фирмы BOSCH излучает шум до 95-100 ДБА. Однако это изделие предназначено для эпизодических работ – не более чем 30 минут в день. В наших условиях, зачастую с этим инструментом работают полный рабочий день.

Поэтому проблема производственного шума в российском производстве остаётся до сих пор актуальной. Особенно на фоне роста случаев профессиональной тугоухости, которая диагностируется чаще всего "по обращению", а не в процедуре профессиональных осмотров.

Таким образом, в этом подразделе содержится краткая информация о причинах производственного шума. Знание конкретных причин образования шума может оказать помощь в разработке санитарно-технических мероприятий по предотвращению его неблагоприятного действия на работающих.

3.3. Острое и хроническое действие шума. Шумовая болезнь

Орган слуха выполняет две функции: обеспечивает организм сенсорной информацией, что позволяет ему приспособиться к окружающей обстановке, и самосохранение, т.е. противостоит повреждающему действию акустического сигнала.

В условиях повышенного шума обе эти функции вступают в противоречие. С одной стороны, слух должен обладать высокой разрешающей чувствительностью к несущим информацию сигналам, с другой, с целью приспособления к шуму, слуховая чувствительность должна снижаться. Исходя из этого, организм вырабатывает **"компромиссное решение"**, выражающееся в виде снижения слуховой чувствительности - временного смещения порога слуха (ВСП). Это смещение следует считать "внутренним приспособлением" органа слуха. При этом происходит снижение адаптационной способности организма к воздействию окружающей среды, в целом.

Поэтому, шумовое воздействие может нарушать не только трудовую деятельность, но и отдых, сон, мешать речевому общению, повреждать слух и вызывать другие негативные физиологические реакции человека.

У каждого из нас существует свой постоянный порог слышимости, который образуется индивидуально, и зависит от множества причин: от заболеваний до мощных акустических воздействий. Этот порог слышимости изменяется не только с возрастом, но и в течение суток. Во многом он связан с биологическими ритмами, психофизиологическим напряжением организма и другими обстоятельствами. В условиях шума изменение порогов слышимости приобретают векторность, что и проявляется в формах снижения показателя ВСП.

Кроме того, следует отметить, в производственном шуме существует так называемая "информационная компонента". Например, водитель авто-

машины и пассажиры ощущают шум самым разным образом.* Для водителя шум двигателя является дополнительной информацией и вместе со зрительным восприятием, сообщает о правильности выполняемых действий. Пассажиры не замечают изменений звука двигателя, который для водителя может быть сигналом о поломке, об аварийной ситуации и прочих обстоятельствах.

Сравнительное исследование адаптации органа слуха интактных людей и работающих в условиях шума в течение нескольких лет показало, что сдвиги показателей временных смещений порога слуха (ВСП) у последних менее выражены, но наступают раньше.

Нормально функционирующая система с хорошей подвижностью нервных процессов должна реагировать на звуковую нагрузку выраженным сдвигом порога. В этом плане низкие параметры временного порога (ВСП) у лиц, впервые попавших в условия мощного шума, можно рассматривать как признак недостаточности или истощения нервной системы.

Подобные явления отмечены у некоторых работающих длительное время в условиях шума, когда, наряду с изменением слуха, у этих лиц диагностируются все ведущие симптомы шумовой патологии (астено-вегетативный синдром, астеническое состояние и т.п.). Интенсивный шум при ежедневном воздействии медленно и необратимо влияет на незащищенный орган слуха, и приводит к развитию тугоухости.

Механизм развития тугоухости при острой акустической травме и хроническом действии шумов не одинаков. При мощном шумовом ударе происходит механическое повреждение органа слуха.

При длительном акустическом воздействии, еще до появления морфологических изменений в разветвлениях и окончаниях кохлеарного нерва,

* Колганов А.В. Гигиеническое обоснование нормативов информационно - энергетической модели непостоянного шума // Гигиена и санитария. - 1989. - № 10. - С.15 – 17.

наступает падение ферментативной активности, как результат продолжительного нарушения обмена веществ в нервной ткани.

Снижение слуха при длительном акустическом воздействии многие исследователи связывают с повышением проницаемости сосудов внутреннего уха, при этом временное понижение слуха рассматривается как результат сосудистых изменений. Систематический спазм сосудов способствует возникновению необратимых процессов в кортиево-м органе.

Через волокна слуховых нервов раздражение от шума передается в центральную и вегетативную нервную системы, а через них воздействуя на внутренние органы, приводит к значительным изменениям в функциональном состоянии организма, влияет на психическое состояние человека, вызывая неблагоприятные ощущения.

Производственный шум способствует более быстрому развитию утомления, что, в свою очередь, ведет к снижению производительности труда, повышению общей и профессиональной заболеваемости. Человек, подвергавшийся воздействию интенсивного шума, затрачивает в среднем на 10-20 % больше физических и нервно-психических усилий, чтобы сохранить выработку, достигнутую им при уровне звука ниже 70 ДБА. Шум может повысить общую заболеваемость рабочих на 10-15 %.

Воздействие шума на вегетативную часть нервной системы проявляется даже при небольших уровнях звука (40-70 ДБА – таб. 1) и не зависит от субъективного восприятия шума человеком. Из вегетативных реакций наиболее выраженным является нарушение периферического кровообращения за счет сужения капилляров кожного покрова и слизистых оболочек, что проявляется в повышении артериального давления (чаще всего, при уровнях звука выше 85 ДБА).

В то время как для вегетативной системы характерно четкое соответствие между шумом и реакцией, в области психики такая корреляция отсутствует. Установлено, что выраженные психические реакции могут по-

явиться на шум с уровнем звука 30 ДБА. Решающую роль в психической оценке неприятности шума играет личное отношение человека к этому шуму. Воздействие шума на психику возрастает с увеличением частоты звука, его уровня и уменьшением ширины частотной полосы (тональный шум переносится хуже, чем широкополосный). *

Действие шума на центральную нервную систему весьма вариабельно. Шум вызывает увеличение латентного (скрытого) периода зрительно-моторной реакции, приводит к нарушению подвижности нервных процессов, изменению электроэнцефалографических показателей, нарушает биоэлектрическую активность головного мозга с проявлением общих функциональных изменений в организме. Также изменяются динамика биопотенциалов мозга, обнаруживаются биохимические изменения в структурах головного мозга.

При импульсных и нерегулярных шумах степень воздействия шума повышается. Изменения в функциональном состоянии центральной и вегетативной нервных систем наступают гораздо раньше и при меньших уровнях шума, чем снижение слуховой чувствительности.

До сих пор некоторые авторы не признают термин "шумовая болезнь", мотивируя тем, что знание патологических механизмов её развития, ещё не достаточно полное, законченное. Тем не менее, накоплен огромный материал клинических наблюдений и периодических медицинских обследований больших групп работающих в условиях шума. Наблюдения позволяют утверждать правомерность термина и дают основание считать шумовую болезнь самостоятельной формой профессиональной патологии.

Шумовая болезнь - это общее заболевание организма с преимущественным поражением органа слуха, центральной нервной и сер-

* Эти сведения могут быть теоретической основой при расследовании жалоб жителей на зашумление квартир от посторонних источников.

дечно-сосудистой систем, развивающееся в результате длительного воздействия интенсивного шума*.

Формирование патологического процесса при шумовом воздействии происходит постепенно. Напомним, что для развития болезни необходимо несколько стадий. На первой стадии происходит развитие комплекса патологических реакций на болезнетворный агент. В патогенезе развития шумовой болезни этой стадией является ответ организма в виде временного смещения порога слуха (ВСП). На второй стадии формируется комплекс патологических процессов, начинаются изменения в периферическом и центральном анализаторе. Смещение ВСП приобретают стойкий характер. На третьей стадии развивается патологическое состояние.

При шумовой болезни это состояние характеризуется соответствующей общей симптоматикой, но нарушения в органе слуха ещё мало выражены.

Приобретённый патологический статус в результате длительного воздействия шума переходит в стадию болезни, которая начинается с неспецифических проявлений в виде вегетативно-сосудистой дисфункции.* В дальнейшем развиваются сдвиги невротического характера, которые укладываются в картину вегетоастенического или астеновегетативного синдрома с отчетливыми проявлениями синдрома нейроциркуляторной дистонии. И только после этого начинается стойкое снижение слуха.

Особо следует отметить, что **функциональные сдвиги со стороны центральной нервной и сердечно-сосудистой систем предшествуют развитию специфических изменений в слуховом анализаторе.**

Шумовая болезнь характеризуется сочетанием различных клинических симптомов с неодинаковой степенью выраженности. Исследования, проведенные в НИИ медицины труда РАМН, показали, что у рабочих

* Андреева-Галанина Е.Ц., Алексеев С.В., Кадыскин А.В. и др. Шум и шумовая болезнь. – Л.: Медицина, 1972. – 303 с.

* При этом временное снижение слухового порога переходит в постоянное!

"шумных" профессий, таких, как ткачи, на ранних стадиях заболевания (до 7 лет) нейродинамические и нейроциркуляторные изменения преобладают над частотой кохлеарных невритов, которые при этом стаже встречаются в единичных случаях.

С увеличением стажа работы возрастает число лиц, у которых диагностируются нарушения со стороны нервной и сердечно-сосудистой систем при продолжающемся ухудшении слуха. При стаже работы 10 лет процент лиц, у которых диагностируются нарушения слуха и функциональные нарушения нервной системы, примерно одинаков.

В дальнейшем, с увеличением стажа работы (более 10-15 лет), частота нарушений слуховой функции возрастает в значительно большей степени, чем частота вегетативно-сосудистых дисфункций. Рост случаев вегетативно - сосудистой дисфункции взаимосвязан с величиной потери слуха. С увеличением сдвига постоянных порогов слуха (более 10 дБ) и дальнейшим прогрессированием тугоухости отмечается стабилизация неспецифических шумовых нарушений.

Шум определяют как звук, оцениваемый негативно и наносящий вред здоровью. Проявление вредного воздействия шума на организм человека, как убедились, весьма разнообразно и зависит от множества причин и обстоятельств.

Длительное воздействие на человека интенсивного шума (выше 80 дБА) приводит вначале к общим изменениям, а затем к частичной или полной потере слуха. В зависимости от длительности и интенсивности воздействия шума происходит большее или меньшее снижение чувствительности органов слуха, выражающееся временным смещением порога слышимости (ВСП). Оно исчезает после окончания воздействия шума, а при большой длительности и/или высокой интенсивности шума происходят необратимые потери слуха (тугоухость), характеризующиеся снижением постоянного порога слышимости (ПСП).

Таким образом, временное снижение порога слышимости (ВСП) при длительном действии шума может перейти (и переходит) в постоянное снижение порога слышимости (ПСП). Эта зависимость носит линейный характер, поскольку отражает снижение слуха в зависимости от стажа работы в зашумлённой рабочей зоне. Следовательно, воздействие производственного шума на организм человека может проявляться в следующих формах: острой акустической травмы и шумовой болезни.

Развитие шумовой болезни начинается с сосудистой реакции в органе слуха, в глазном дне и развитием общих изменений в центральной нервной системе, а затем наступает повреждение слухового аппарата. Неблагоприятное воздействие шума заканчивается значительными расстройствами нервной и сердечно-сосудистой системы (гипертония и др., например), развитием тугоухости, потерей слуха.

При попытках прогноза сроков развития тугоухости и/или шумовой болезни в целом, следует учитывать, что решающим моментом в патогенезе повреждения является доза шума, получаемая человеком не только на работе, но и в бытовых условиях. Вопрос о дозной оценке шумов рассмотрим в следующих разделах.

3.4. Контрольные тесты

17. ЧТО ТАКОЕ ТОЧЕЧНЫЙ ИСТОЧНИК ВОЛНОВЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ:

1. Источник, расположенный в данной точке пространства.
2. Это излучатель волны, длина которой меньше его геометрических размеров.
3. Это излучатель волны, длина которой больше его геометрических размеров.
4. Любая излучающая единица оборудования.

18. АКУСТИЧЕСКИЙ ЦЕНТР – ЭТО:

1. Совокупность разных источников звука, создающих общую шумовую волну.

2. Излучатель шума на местности.
3. Двигатель внутреннего сгорания, трубопровод и т.д.
4. Устройство, предназначенное для создания звука заданных параметров.

19. УКАЖИТЕ ВЕДУЩИЙ ПАРАМЕТР ШУМА, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЙ РАЗВИТИЕ ШУМОВОЙ ПАТОЛОГИИ:

1. Тембр.
2. Громкость.
3. Экспозиция.
4. Интенсивность.

20. АКУСТИЧЕСКИЙ УДАР – ЭТО:

1. Громкий звук, вызывающий шумовую болезнь.
2. Высокие звуки, снижающие временный порог слышимости.
3. Моментальное развитие тугоухости, вплоть до потери слуха, при разрывах снарядов, взрывах и пр.
4. Интенсивное воздействие шума в течение длительного периода, приводящее к шумовой болезни.

21. КАКИЕ ШУМЫ ОТНОСЯТСЯ К БИОЛОГИЧЕСКИ АГРЕССИВНЫМ:

1. Все шумы являются биологически агрессивными.
2. Импульсный и тональный шум.
3. Громкие и высокие.
4. Шумы не обладают биологической агрессивностью.

22. ЭКВИВАЛЕНТ НЕПОСТОЯННОГО ШУМА – ЭТО:

1. Точка, в которой уровни непостоянного и постоянного шума, равны.
2. Эквивалентный (по энергии) уровень звука, **LA, экв., дБА**, непостоянного шума – это равенство постоянного и непостоянного шума по громкости и высоте.
3. Уровень звука постоянного широкополосного шума, который имеет такое же среднеквадратичное звуковое давление, что и данный непостоянный шум в течение определенного интервала времени;.
4. Точка, в которой уровни непостоянного и постоянного шума, не равны.

23. ДЛЯ ЧЕГО НЕОБХОДИМО ИЗУЧАТЬ СПЕКТРАЛЬНЫЙ СОСТАВ ШУМА:

1. Для уточнения диагноза, расчётов шумопоглощения и поиска источников зашумления.
2. Для диагностики тугоухости.
3. Для конструкторских решений.
4. Для собственного удовольствия.

24. ОБЩАЯ ПРИЧИНА МЕХАНИЧЕСКОГО ШУМА:

1. Работа дизеля под водой;
2. Движение газов и жидкостей по трубопроводам под давлением;
3. Колебания деталей машин и их взаимное перемещение;
4. Движение по неровной поверхности.

25. ОТ ЧЕГО ЗАВИСИТ ВРЕМЕННОЕ ИНДИВИДУАЛЬНОЕ СНИЖЕНИЕ ПОРОГА СЛЫШИМОСТИ У ЧЕЛОВЕКА НЕ ПОДВЕРГАЮЩЕГОСЯ ВОЗДЕЙСТВИЮ ИНТЕНСИВНОГО ШУМА:

1. От заболеваний;
2. От возраста;
3. От биоритмов;
4. От психофизиологического напряжения.

26. ПРИ ДЕЙСТВИИ ШУМА НА ОРГАНИЗМ ВОЗНИКАЮТ ИЗМЕНЕНИЯ ОБЩИЕ И МЕСТНЫЕ. ЧТО ВОЗНИКАЕТ РАНЬШЕ:

1. Общие;
2. Местные.

27. ДВЕ ОСНОВНЫЕ ФУНКЦИИ ОРГАНА СЛУХА:

1. Слышать и ориентироваться в пространстве;
2. Обеспечить организм сенсорной информацией и противостоять повреждающему действию акустического сигнала;
3. Принимать звуковую информацию и проводить её анализ;
4. Наблюдать за акустической обстановкой и принимать решения.

4. ГИГИЕНИЧЕСКОЕ НОРМИРОВАНИЕ ШУМОВ

Нормирование вредных факторов предполагает научное обоснование и законодательное признание безопасных и безвредных уровней для человека и экологических систем вредных факторов в окружающей среде. Гигиенический норматив, по сути, означает: все, что ниже нормативного уровня – должно быть безвредно и безопасно.

Отечественное гигиеническое нормирование в отличие от “западного”, прежде всего, обосновано изучением биологических эффектов. За рубежом принято нормирование условий труда по “технической достижимости”, что нельзя признать рациональным в реальной профилактике болезней трудоспособного возраста. Поэтому в Российской промышленной гигиене есть понятие о гигиеническом нормативе обоснованным биологической реакцией, что и отличает его от зарубежной гигиены.

4.1. Особенности дифференцированного нормирования

Нормирование производственного шума предполагает разработку единого критерия - предельно-допустимых уровней (ПДУ) для рабочих мест. Как известно, допустимая мера воздействия предусматривает некоторое ухудшение и изменение внешних показателей деятельности (эффективности и производительности) при обязательном возврате к прежней (исходной) системе гомеостатического регулирования функционального состояния работника с оценкой адаптационных изменений.

Нормирование шума проводится по комплексу показателей с учётом их гигиенической значимости. Действие шума на организм оценивается по обратимым и необратимым, специфическим и неспецифическим реакциям, снижению работоспособности или дискомфорта. Для сохранения здоровья, работоспособности и самочувствия человека оптимальное гигиеническое нормирование должно учитывать вид трудовой деятельности, в частности, физические и нервно-эмоциональные компоненты труда.

Выбор критерия нормирования по допустимому уровню для многих факторов, в том числе и шумового, заключён в следующем. При воздействии совокупности производственных причин и обстоятельств должно быть такое состояние физиологических функций, при котором данный уровень (фактор) не вносит своей доли в их напряжение, и последнее целиком определяется выполняемой работой.

Воздействие шумового фактора на человека состоит из двух составляющих. Во-первых, это нагрузки на орган слуха как на систему, воспринимающую звуковую энергию. Во-вторых, это воздействие на центральные звенья звукового анализатора, как на систему приема, анализа информации и выработки соответствующего решения.

Для оценки первой составляющей (по изменению функции слуха) обоснован специфический критерий утомления, который выражается в смещении порогов восприятия (ВСП) тонов. Это смещение пропорционально экспозиции и величине звукового давления.

Вторая составляющая получила название "неспецифического действия шума". Её оценка осуществляется по интегральным физиологическим показателям. Практически, кроме изучения изменения психофизиологических реакций, исследуется и так называемая "информационная (профессиональная) компонента" воздействия. Напомним ситуацию, в которой водитель автомобиля и его пассажиры ощущают шум двигателя по-разному. У водителя напряжена профессиональная доминанта, заставляющая его прислушиваться к шуму двигателя. Поэтому при поломке машины специалист сразу же скажет, в чём дело. Пассажир не сможет ответить на вопрос, какая поломка произошла.

Известно, что существуют безусловные и условные рефлексы и вся деятельность центральной нервной системы и всего организма в целом - суть рефлекторная деятельность. Каждый рефлекс состоит из трёх звеньев. Рефлекторная дуга состоит из рецепторной части (приёмника раздражения), анализатора и передатчика решения. Различные воздействия переда-

ются на анализаторы центральной нервной системы по нервным афферентным волокнам (восходящим). Решения высшего анализаторного звена рефлекторной дуги спускаются к нижним органам и системам по нервным эфферентным волокнам.

Шум является условно-безусловным раздражителем. Воспринимаемый шум анализируется органом слуха, затем результаты анализа передаются в слуховой центр, где суммируются вместе с другими сопутствующими воздействиями.

Анализ в нервной системе всех возможных эфферентных влияний - обстановочных, информационных и поисковых предназначен для выработки наиболее адекватной ответной реакции. Действие интенсивного производственного шума является эфферентным раздражителем из внешней среды. Он влияет на нервную систему, воздействуя на процесс формирования рефлекторной реакции именно в стадии эфферентного синтеза.

Особенность влияния шума заключена в том, что эфферентная система расценивает, обозначает его, как обстановочный фактор. При этом результат воздействия обстановочного и пускового влияния зависит от суммарной силы раздражителей.

В случаях установки на деятельность, обстановочная информация должна являться элементом стереотипа и, следовательно, не может вызвать неблагоприятных изменений в организме из-за соответствующих адаптационных механизмов. Так, динамический рабочий стереотип формируется в результате упражнений, в его основе лежат механизмы приспособления и адаптации. При этом надо помнить, что адаптация не вызывает перенапряжения организма, привыкание (приспособление) наоборот, вызывает перенапряжение регуляторных процессов и приводит к заболеванию.

Привыкание человека к шуму в физиологическом смысле не наблюдается. Выраженность утомления и частота неспецифических нарушений здоровья (симптомов шумовой болезни) возрастают с увеличением стажа работы в зашумленной обстановке.

Действие запредельного шума вызывает приспособительную реакцию с соответствующим перенапряжением, поэтому механизм действия шумового фактора нельзя ограничивать только его участием в обстановочном афферентном синтезе. Но, перенапряжение может вызвать и трудовая деятельность (хотя бы в той же приспособительной реакции).

Напряжение (утомление) и перенапряжение в организме может быть вызвано сотнями причин и обстоятельств. При этом механизмы развития указанных состояний одинаковы: воздействие (раздражитель) – анализ, синтез, реакция. Считается, что влияние шумовой нагрузки и напряжённости труда на нервную систему аналогично из-за единства процессов утомления и в том, и в другом случае.

Нервная напряженность труда складывается из элементов, входящих в биологическую систему рефлекторной деятельности. Анализ информации, объем оперативной памяти, эмоциональное напряжение, функциональное напряжение анализаторов - все эти элементы оказываются загруженными в процессе трудовой деятельности и, естественно, их активная нагрузка вызывает развитие утомления.

Как и в любом случае, ответ на воздействие будет складываться из компонентов специфического и неспецифического характера. Какова доля каждого из этих элементов в процессе утомления - вопрос нерешенный.* Однако нет никаких сомнений в том, что воздействие шума и напряженности труда нельзя рассматривать отдельно.

В связи с этим, эффекты, опосредованные через нервную систему (утомление, снижение работоспособности), как для шума, так и для напряженности труда, имеют качественное сходство. Производственные и экспериментальные исследования с использованием социально-гигиенических, физиологических и клинических методик позволяют сформулировать следующие теоретические положения.

* В наших работах такое решение найдено: Красовский В.О., Максимов Г.Г. Физиолого-гигиеническая диагностика безвредного стажа по условиям труда. Уфа, 2003 – 237 с.

Влияние шума можно оценить по двум критериям:

1. По специфическому измерению сдвигов порогов слышимости.
2. По физиологическим реакциям.

Шум является не только раздражителем, но и информационным элементом в совокупности всех действующих компонентов окружающей среды. В реальной производственной среде шум не может действовать изолированно и, воспринимается вместе с остальными эфферентными воздействиями. Шум, как и другие производственные воздействия, формируют динамический рабочий стереотип. Процессы утомления при воздействии факторов производственной среды и трудовой деятельности аналогичны таким же процессам, вызванных шумом.

Напомним теорию И.П. Павлова о "мозаике тормозных и возбуждающих процессов" в коре головного мозга. Клетки коркового анализатора звука приспособлены (настроены) на генетически обоснованные уровни восприятия. При допустимом воздействии, выполняя анализаторную функцию, одна группа клеток отдыхает (синтезирует аденозинтрифосфорную кислоту - АТФ), другая работает (расходует аденозинтрифосфорную - АТФ). При несоответствии звукового воздействия настройке анализатора по частотному составу, по интенсивности, по длительности, в работу вовлекаются все клетки – им просто некогда отдыхать (заниматься ресинтезом АТФ). В результате развивается не только утомление, но и перенапряжение анализатора. Аналогичные процессы лежат в основе физического переутомления, нервно-эмоционального перенапряжения.

В настоящее время развивается теория дифференциального нормирования производственных шумов - нельзя нормировать шум только по снижению работоспособности человека, его физиологическим реакциям, сдвигам порога чувствительности. Убеждены, что дальнейшее развитие этой теории приведёт к новым, дифференциальным гигиеническим нормативам. Попробуем обсудить основные положения этой концепции.

1. На примере изучения влияния трудовой деятельности в разных профессиях была установлена **величина физиолого-гигиенического эквивалента (равенства) шума и напряженности нервно-эмоционального труда**, которая оказалась в пределах **7-13 ДБА** - в среднем **10 ДБА** на одну категорию напряженности.

Чем больше напряжённость деятельности – тем сильнее действует шум. При одном и том же уровне шумового воздействия, но разной напряжённости труда, шум будет оказывать разное воздействие.

По нашим наблюдениям, шум при вводе информации в компьютер занимает в утомлении оператора от 25 до 30%. При менее напряжённой деятельности - проверки ввода информации, доля посторонних шумов составляет от 3 до 5% в утомлении. При этом на первый план выходят обстановочные воздействия. Так, действие температуры воздуха на процесс развития утомления оператора, достигает 20 %.

2. Пределы **допустимой физической нагрузки** определены видом выполняемой работы. Для общей работы этот предел равен 245 Вт. При региональной физической нагрузке предел составляет 175 Вт. Для локальной работы оптимум не более 105 Вт.

Величина физиолого-гигиенического эквивалента (равенства) шума и физической тяжести работы не установлена. Но известно, что мышечный, физический компонент работы создаёт существенно меньший вклад в эффекты влияния шума на целостный организм человека. Поэтому чисто условно, в концепции принято: на каждую ступень повышения тяжести труда действие шума усиливается на 5 ДБА.

Для количественной оценки увеличения напряженности и тяжести труда при воздействии шума необходимо:

а) основываться на эргономических критериях, которые унифицируют подход к действию различных компонентов труда;

б) рассматривать разность уровней в 10 ДБА, как эквивалентную разность на одну категорию напряженности нервно-эмоционального труда;

в) оценить превышение величины физического напряжения (тяжести труда) к пределу оптимума.

При этом количественную оценку тяжести и напряженности трудового процесса следует проводить по действующему Руководству 2.2.2006-05.

Таблица 4 показывает теоретические зависимости характеристик напряжённости, тяжести труда и интенсивности шумового воздействия. В этом суть нового дифференциального подхода к нормированию шума, предложенного школой виднейшего отечественного гигиениста – профессора Г.А. Суворова. В таблице по строкам проставлены значения классов вредности для физического труда, а по столбцам – значения классов нервно-напряжённого труда.

Определив класс вредности тяжести и напряжённости труда, производим выбор норматива шума. Так, если тяжесть труда относится к классу 3.1, а напряженность труда – к классу 2.0, то искомый норматив (на перекресте столбцов и строк) будет равен **65 ДБ**.

Поскольку целью дифференцированного нормирования шума является оптимизация условий труда, встречающиеся сочетания напряженной и очень напряженной интеллектуальной деятельности с тяжелым и очень тяжелым физическим трудом (классы 3.1, 3.2) на рабочих местах не нормируются, исходя из необходимости их ликвидации как недопустимых. Поэтому при напряжённости и тяжести труда вредных классов в таблице 4 проставлен прочерк, поскольку эти ситуации уже не совместимы с сохранением здоровья работающих и зависимость 10 или 5 ДБА на одну категорию повышения напряжённости или тяжести работы не выполняется. Тем не менее, люди продолжают работать в недопустимых с теоретических позиций условиях. Например, сцепщики вагонов на железной дороге. Уровни шума в их **рабочих зонах**, зачастую превышают нормативы на 10-15 дБА. Тяжесть труда обусловленная передвижением на значительные расстояния, определяется классами 3.1 - 3.2. Напряжённость труда, обусловленная

опасностью для собственной жизни и ответственностью за жизнь других людей, также укладывается во вредные классы 3.1 - 3.2.

Состояние здоровья сцепщиков на железной дороге по возрасту и стажу изменяется так же, как и у других специалистов. Поэтому с одной стороны приходится сомневаться в практической правомерности теории дифференциального гигиенического нормирования производственных шумов, с другой - необходимо разрабатывать и предлагать какие-то паллиативные мероприятия по оздоровлению труда на таких рабочих местах.

По этим причинам универсальное применение обсуждаемой таблицы 4, включённой в СанПин не во всех случаях отвечает запросам практики. Опасность заключена в привычке отечественных пользователей (исполнителей) к абсолютизации любых документов (подзаконных актов, инструкций), бездумного их применения.

Таблица 4

Учёт показателей тяжести и напряженности труда при выборе нормативов и нормировании производственных шумов

Категории напряженности трудового процесса	Класс вредности	Катёгории тяжести трудового процесса				
		Лёгкая физическая нагрузка	Средняя физическая нагрузка	Тяжёлая физическая 1 степени	Тяжёлая физическая 2 степени	Тяжёлая физическая 3 степени
<i>Класс вредности</i>	<i>X</i>	<i>1.0</i>	<i>2.0</i>	<i>3.1</i>	<i>3.2</i>	<i>3.3</i>
Напряжённость лёгкой степени	1.0	80	80	75	75	75
Напряжённость средней степени	2.0	70	70	65	65	65
Напряжённый труд 1 степени	3.1	60	60	-	-	-
Напряжённый труд 2 степени	3.2	50	50	-	-	-

В целом, внедрение таблицы 4 в практику, тормозится по причине того, что при проектировании предприятий и в ходе текущего

контроля уровней шума на действующих производствах, серьезной проблемой является приведение установленных нормативов по шуму в соответствие с категориями тяжести и напряженности труда, видами трудовой деятельности и рабочих помещений.

Поэтому теория дифференциального нормирования исходя из особенностей биологического действия фактора, пока ещё не нашла практических механизмов своего полноценного применения.

В приложении 2 представим таблицы действующих нормативов допустимых уровней шума на рабочих местах.

4.2. Нормирование импульсных шумов и концепция дозы

Шумовое воздействие на работающих людей, как правило, является непостоянным по уровню шума и/или времени его действия. Из-за этого для оценки непостоянных шумов введено понятие эквивалентного уровня. Обратимся к рисунку 5, как иллюстрации пересчёта непостоянной звуковой энергии на уровни постоянного шума. Вспомним, определение: эквивалентный (по энергии) уровень звука (**LA экв., дБА**) непостоянного шума – **это уровень звука постоянного широкополосного шума, который имеет такое же среднеквадратичное звуковое давление, что и данный непостоянный шум в течение определенного интервала времени.**

Эквивалент – означает равенство. И, эквивалентный уровень непостоянного шума, это равенство передаваемой непостоянной энергии той звуковой энергии, которую получает организм при постоянном воздействии.

Измерение непостоянного шума предполагает особую методику, которая описана в специальном стандарте системы безопасности труда (ГОСТ 12.1.050 – 86). Согласно требованиям документа необходимо провести в одной точке не менее 360 замеров в течение не менее чем 30 минут, далее следует пересчёт по таблицам ГОСТ. Однако, в связи с распростра-

нением интегрирующих шумомеров фирмы "Октава" и других производителей, актуальность методики постепенно снижается.

Весь вопрос заключён в пересчёте (преобразовании) непостоянного по времени и интенсивности энергетического воздействия на организм к постоянному, принятому за эталон. Из определения эквивалента непостоянного шума и рисунка 5 следует, что для того чтобы добиться равенства постоянной и непостоянной звуковой волны по соответствующим характеристикам, требуется произвести пересчёт на изменение уровней звукового давления и/или времени действия.

Существует "правило равной энергии", которое заключается в установлении соотношения энергетического воздействия по биологическому эффекту. Из этого правила, оценка непостоянных шумов производится пересчётом **усреднённого энергетического воздействия** по времени и интенсивности к постоянному воздействию. Обобщённая формула усреднения с интегрированием звукового давления по времени имеет вид:

$$L_{\text{ЭКВ}} = K \cdot L_g \cdot \frac{1}{T} \cdot \left(\int_0^T \frac{10 \cdot L(t)}{K} dt \right), \text{ дБ.} \quad (18),$$

где: $L_{\text{ЭКВ}}$ - эквивалентный уровень шума за время действия T ; $L(t)$ - изменение звукового давления во времени; K - коэффициент пересчёта (усреднения) уровней.

В разделе 2.3 обсуждали арифметические действия над децибелами. При этом пользовались таблицами 2 и 3, позволяющими суммировать уровни шума по времени и по источникам. Эти таблицы являются практическим выходом из формулы 18. Содержащийся в равенстве 18 коэффициент пересчёта K определён особым способом – через параметр усреднения q , который также называют "параметр эквивалентности" – то есть "параметром равенства", поскольку "эквивалент – это равенство".

$$K = \frac{q}{Lg2} = 3,3 \quad (19),$$

где: **K** – коэффициент пересчёта непостоянного шума на постоянный, **q** - параметр усреднения, равный числу децибел, прибавляемых к уровню шума при уменьшении времени его действия в 2 раза для получения той же дозы.

Вопрос о сравнительной опасности постоянного и непостоянного шума в указанных равенствах решается формально, поскольку не полностью учитываются психологическое, физиологическое и иное восприятие шума в зависимости от вида трудовой деятельности. Простой пересчёт по времени действия и/или изменения силы воздействия задачу полностью не решает.

Для уменьшения степени формализации учитывают, что звуковая волна усваивается организмом особым образом. Во-первых, происходит усвоение энергии звука слуховой функцией. Во-вторых, производится оценка разности давлений слуховым анализатором. В-третьих, организм воспринимает шум по его громкости, в первую очередь. Поэтому параметр эквивалентности **q** исходит из основных методов (принципов) определения и восприятия уровней шума и характеризуется тремя значениями:

- измерение по энергии: **q = 3;**
- измерение звуковому давлению: **q = 6;**
- измерение по громкости: **q = 10.**

В гигиенических нормах США по стандарту OSHA для громкости принята величина **q = 5**. Основанием для этого послужило не простое уменьшение экспозиции: учитывается длительность обеденных перерывов. При этом остальные коэффициенты соразмерности постоянного и непостоянного шума по энергии и давлению, соответственно равны **q = 3** и **q = 6**.

В целом, стандарт OSHA учитывает усвояемость шума слуховой функцией (энергия), органа слуха (давление) и восприятие шума в произ-

водственных условиях (громкость).*

С параметром эквивалентности $q = 3$ связана и доза шума определяемая, по формуле:

$$D = \int_0^T (P_A)^2 \cdot (t) dt \quad (20),$$

где: P_A - мгновенное значение звукового давления по шкале А измерительного прибора (в Паскалях); T - время измерения (в часах); D - единица измерения дозы ($\text{Па}^2 / \text{час.}$).

Прежде чем переходить к изложению сути **дозной оценки шума** отметим, что развитие **дозной концепции** обусловлено необходимостью учёта биологического влияния непостоянных шумов.

В отношении физических замеров, постоянные и непостоянные шумы по энергетическому воздействию могут быть равны (формулы 18, 19), но, в отношении влияния на человека это две большие разницы. Прерывистый, колеблющийся, импульсный шум, в частности, психологически воспринимаются не так, как постоянный. Попытаемся обсудить проблему на примере нормирования им-пульсного шума.

Отметим, что за какое-то время работы, человек может получить определённую дозу звуковой энергии. Как и в радиационной гигиене, доза шума или доза энергии может быть: действующей и поглощенной. Разница между ними будет определяться разностью двух энергий – воздействующих и усвоенных. В гигиенической акустике это соотношение представляется более сложным, чем в радиационной гигиене.

Понятие импульсного шума (ИШ) не является строго определенным. Так, в действующих санитарных нормах к этому виду относят шумы, состоящие из одного или нескольких звуковых сигналов, каждый длительно-стью менее 1 сек. При этом уровни звука в дБА, измеренные по характеристикам "импульс" и "медленно", должны отличаться не менее чем на 7 дБ.

* См. таблицу 6.

Импульсный шум представляет собой поток импульсов звуковой волны различной формы. Во времени эти импульсы могут представлять всплески, пря-моугольники, треугольники (подобно электрокардиограмме, если такое сравнение уместно). Наибольшая энергия скапливается на верхушке импульса, называемого "пиком". В целом, понятие импульсного шума (пики которого меньше одной секунды) до сих пор определено недостаточно, чётко.

Основной причиной, определяющей биологическое (психологическое) различие реакций человека на постоянный и импульсный шум, является величина пикового уровня шума (звука).

Зарубежные авторы (США, Канада) различают два вида импульсных шумов:

- тип А - взрывная волна, пик которой измеряется от 1 до 8-10 миллисекунд;
- тип В - шум возникающий за счет реверберации (эха) в помещении и импульс которого длится нескольких секунд.

Международная группа исследователей, работающая по единой программе Европейского союза, предлагает использовать в качестве критерия импульсных шумов - разности уровней звука в дБА по характеристикам "импульс" и "медленно" в 4 дБА.

В скандинавских странах для оценки импульсности используют разность пикового и среднеквадратического уровня более 15 дБ. Любой шум оценивают по степени импульсности с учётом процентов от времени воздействия.

Существует представление о критическом действии шума - пределе шумового воздействия, после которого развиваются нарушения в слуховом анализаторе и коре головного мозга. В соответствии с этой концепцией, шумы с уровнями выше допустимого, даже очень кратковременные, могут вызывать непосредственную травматизацию органа слуха, что подтверждается морфологическими данными. При уровне ниже критического, дей-

ствие шума на слух определяется параметрами усреднения (энергетическим эквивалентом) воздействия по $q = 3$, а выше критического – усредненным эквивалентом $q = 1,5 - 2$. Разные авторы указывают различные значения критического уровня: от 100 - 105 дБА до 145 дБА. Такие уровни шума встречаются на производстве, например, в кузнечных цехах шум от молотов достигает 146 и даже 160 дБ.

На концертах известных современных певцов (Б. Гребенщиков) пиковые уровни громкости музыки достигают 120 дБА, а оаций – 117 дБА. *

Полагают, что опасность импульсного шума определяется не только высокими эквивалентными энергетическими, физическими и громкостными уровнями, но и дополнительным вкладом временных характеристик, вероятно, за счет травмирующего эффекта высоких пиковых энергий (уровней).

При дозной оценке импульсных шумов высоких уровней, ряд авторов рекомендует использовать правило "равной энергии", т.е. по $q = 3$. Другие исследователи рекомендуют более жесткую оценку. Так, для оценки действия до двух выстрелов в день из стрелкового оружия рекомендуют использовать $q = 1,5 - 2$. Считается, что при этом коэффициенте критерильный уровень повреждения слуха должен быть ниже допустимого.

Исследования распределения уровней импульсных шумов показали что, несмотря на малое суммарное время действия пиков выше 115 дБА, их вклад в общую дозу может достигать 50%. Поэтому уровень 115 дБА был рекомендован как дополнительный критерий при оценке непостоянных шумов к ПДУ по действующим санитарным нормам. Из-за этого в регламентирующих отечественных документах (Приложение 2) существуют поправки на импульсный шум – требуется снижение норматива на 5 дБ.

В отечественном документе (СанПиН 2.2.4./2.1.8.526-96) дополнительно ограничивают максимальный уровень звука 125 дБА "импульс".

* По собственным данным (концерт 17.03.07 г.)

Однако, норматив не регламентирует пиковые значения, поскольку он ориентирован на громкостные эффекты шума из-за того, что характеристика "импульс" от 1 мс до 40 мс адекватно усваивается верхними частями улитки. Возможно, что в таком нормировании существует ошибка: травмирующее действие принадлежит не самим импульсам, а их пикам.

Учитывая сложную амплитудно-временную структуру импульсных шумов, их характеризуют разными показателями, из которых наиболее практичными являются:

- энергетические показатели - энергия, поток энергии, доза, эквивалентный уровень и др.;
- временные показатели - количество импульсов, пиковые уровни, эффективные длительности по шкалам А, В, С и D;
- вероятностные показатели - эксцесс, статистические и иные характеристики.

Таблица 5 сравнивает санитарные нормы импульсного шума в разных странах. Из неё следует, что в последнее время отмечается тенденция к нормированию этого вида шума по пиковому звуковому давлению с учетом количества импульсов за смену. Кроме того, она свидетельствует об относительной аналогичности отечественных нормативов с зарубежными стандартами.

Критериальным считается уровень 140 дБ (200 Па – таб.1, с. 22). Он рассматривается, как объективный физический критерий различения "ударных" шумов (ниже 140 дБ) от "импульсных" (выше 140 дБ), поскольку при интенсивности шума более 140 дБ нелинейные эффекты начинают изменять профиль звуковой волны.

С физиологической точки зрения уровень 140 дБ также является критическим. Например, при пиках до 135 дБ правило "равной энергии" ($q = 3$) сохраняется. При пиках выше 150 дБ отмечается большая потеря слуха и более выраженное повреждение волосковых клеток у животных. Поэтому

величина импульсного шума 145 дБ становится в последнее время, международным критерием.

Таблица 5

Сравнение нормативов импульсного шума в разных странах

Страна и нормы	ПДУ пикового уровня	Количество импульсов	ПДУ шума	Примечание
1	2	3	4	5
Россия, СН 2.2.4 /2.1.8.562-96	125 ДБА (I) *	х	80 ДБА при $q = 3$, но не выше 110 ДБ по шкале "медленно"	Поправка на импульсный шум $\nabla = - 5$ ДБ
США, Рекомендации АССИН 1990-1991	140 ДБ 130 ДБ 120 ДБ	100 1000 10000	85 ДБА при $q = 5$, но не выше 115 ДБ по шкале "медленно"	Пиковые уровни выше 140 ДБ не допускаются
Англия, Проект Руководства № 198-1987	100 Па (140 ДБ)	х	Уровни действия: 1) до 85 ДБА, 2) до 90 ДБА, 3) Пиковый до 200 ПА (140 ДБА)	При уровнях больше 120 ДБ необходимо измерение пиков
Франция, Декрет № 88-405 (1988)	100 Па (140 ДБ)	х	85 ДБА при $q = 3$, но не более $L_{экв}, d = 105$ ДБА	
Стандарт ИСО 1999.2 (1990)	Применение стандарта к мгновенным звуковым давлениям свыше 200 па (140 ДБ) определяется экстраполяцией		Вместо ПДУ используется моделирование риска тугоухости	Допускается оценивать импульсный шум с поправкой $\nabla = - 5$ ДБ

В отечественных нормативах используют наиболее простой метод определения и нормирования импульсных шумов. Достаточно определить присутствие в производственных условиях интенсивность шума, не превышающую пиковый уровень 125 дБА по импульсу ДБА(I) и внести поправку минус 5 дБ к ПДУ.

Вернёмся к основным понятиям дозной оценки шума. Сложившиеся

* Индекс I в скобках означает, что ДБА принадлежит импульсному шуму.

представления о влиянии шума на людей содержат утверждение, что звуковая энергия, получаемая человеком за некоторый промежуток времени, вызывает кумуляцию изменений в слуховом анализаторе и в органе слуха. Эти изменения накапливаются до определённого критериального уровня, после которого происходит поломка слуха, развивается общее нарушение здоровья. Дозная оценка может быть альтернативой и/или дополнением к действующим нормативам, а также поправкой к развиваемому направлению по дифференцируемому нормированию.

Эквивалентный уровень и доза шума находятся в функциональной (математической) взаимосвязи. С физической точки зрения они отражают колебательный процесс с энергетической стороны. Вместе с тем существуют различия:

- эквивалентный уровень выражает значение за некоторое время, усредненное по правилу "равной энергии", тогда как доза шума учитывает не только уровень, но и время его действия, т.е. кумуляцию воздействия за более длительное время;

- эквивалентный уровень измеряют по логарифмической шкале в децибелах (отражая, прежде всего, специфику восприятия шума, описываемую законом Вебера-Фехнера), а дозу шума - по линейной шкале в долях от допустимого значения (которое можно выбирать по разным критериям вредности).

С физической точки зрения доза шума отражает количество переданной энергии и тем самым, может служить мерой воздействия.* Поэтому важным является такой гигиенический аспект применения дозы, как строгость оценки шума в сравнении с действующей системой оценки по уровням в децибелах.

В целом, несмотря на сложность ряда вопросов, дозная оценка имеет одно неоспоримое преимущество - она учитывает переданную энергию за

* Доза, действующая и доза поглощённая!!!

время действия шума, что позволяет оценивать суммарную шумовую нагрузку (по аналогии с пылевой нагрузкой) и соотносить ее с возбуждаемыми биологическими эффектами. В связи с этим дозный подход помогает выявлению качественно-количественных связей фундаментального соотношения "доза-эф-фekt".

В дозной концепции считается, что удобнее пользоваться величиной дозы в долях от допустимой:

$$D_{ш} = D : D_{доп}, \quad \text{или:} \quad D_{доп} = P_{АЭКВ}^2 \times T = 1 \text{ Па}^2 \text{ час.},$$

где: $D_{ш}$ – доза шума, $D_{доп}$ – допустимая доза, $P_{АЭКВ} = 0.2 \text{ Па}$ – допустимое значение давления по коррекции "А" шумомера, соответствующее ПДУ шума, равному **80 дБА**, $T_{доп} = 8 \text{ час}$.

При $P_{АЭКВ} = 0.2 \text{ Па}$ и $T_{доп} = 8 \text{ часов}$ получаем:

$$D_{доп} = 0.04 \times 8 \text{ час} = 0.32 \text{ Па}^2 \text{ час.}$$

Таким образом, величина минимальной допустимой дозы (порог слышимости) равна **0.32 Па² час**.

Представляется актуальным для настоящего пособия проанализировать физические основы дозиметрии шума в гигиенической оценке. Количество переданной человеку энергии шума определяется по формуле:

$$E = W \cdot t \quad (21),$$

где: E - переданная энергия (Дж), W - мощность шума (Вт), t - время действия (сек.). В свою очередь, мощность шума:

$$W = I \cdot S \quad (22),$$

где: $I = p^2 / \rho c$ - интенсивность воздействующего шума (**Н/м * сек**); p - звуковое давление, (**Па**); ρc - волновое сопротивление воздушной среды (**Н * с/м³**); S - площадь барабанной перепонки (**м²**).

Объединяя равенства (21) и (22), получаем:

$$E = \left(\frac{P^2}{P \cdot C} \right) \cdot S \cdot t \quad \text{или} \quad E = kP^2 \cdot t \quad (23),$$

где: $k = S/\rho c = 3 * 10^{-7} \text{ м}^5/\text{Н} * \text{с}$, считая что $\rho c = 420 \text{ Н} * \text{с}/\text{м}^3$ и $S = 1.3 * 10^{-4} \text{ м}^2$ для двух ушей при диаметре барабанной перепонки 9 мм. *

Из формулы (23) видно, что энергия передаваемого (усвояемого) шума, пропорциональна квадрату звукового давления шума и времени его действия.

Величина передаваемой энергии остаётся постоянной, если уменьшить время воздействия в **2 раза** и увеличить звуковое давление в **1,4 раза**. Практически, при снижении экспозиции необходимо увеличить уровень звука на 3 дБ, что и дает $q = 3$. Понятно, что для случаев при $q = 5$ и $q = 6$ соотношения будут иными.

Интересно отметить, что для допустимого уровня шума $D_{\text{доп}} = 85$ дБ (А) (чему соответствует звуковое давление $P_{\text{доп}} = 0,35 \text{ Па}$), мощность шума равна $W = 4 * 10^{-8} \text{ Вт}$, а энергия, переданная за 8-часовую рабочую смену, будет равна 10^{-3} Дж . При этом за 40-летнюю трудовую деятельность, т. е. порядка 10^4 рабочих часов, переданная акустическая энергия составит около **10 Дж**. *

Повторим, что практический интерес представляет не абсолютное значение воспринимаемой энергии, а относительная оценка в процентах от допустимых значений, то есть "доза шума". Исключив в формуле (23) постоянный множитель k , можно определить дозу шумовой энергии, как:

$$D = \frac{E}{k} = P^2 \cdot t \quad (24),$$

где: P - среднее значение звукового давления за время t (сек).

Общий случай для непостоянных шумов описывает интегральная формула эквивалентного уровня (20).

Считая для практических целей изменение уровня шума "ступенча-

* Читатель может провести самостоятельный расчёт энергетической нагрузки на барабанную перепонку в зависимости от интенсивности действующего шума.

* Данный расчёт учитывает ранее действующее ПДУ шума равное 85 дБА по ГОСТ 20445-75.

тым" и переходя к относительной величине дозы шума (**D**) в долях от допустимой, получаем:

$$D = \sum_{i=1}^n (P_i)^2 \cdot \frac{t_i}{DD} \quad (25),$$

где: P_i – звуковые давления, соответствующие действующим непостоянно уровням шума, n – число периодов воздействия; **DD** - допустимая доза, принимаемая за 100% и соответствующая действию шума с уровнем **D = 80 дБ (А)** в течение 8-часовой рабочей смены (по ГОСТ 12.1.003 - 83), t_i - время действия уровня шума.

Принимая значение **DD** $\approx 0,35 \text{ Па}$ и **t доп.** = 8 часов, по формуле (24), получаем: **DD** = $(0,35 \text{ Па})^2 * 8 \text{ ч} = 1,0 \text{ Па}^2 * \text{ч}$.

Входящее в дозное представление понятие **мощности дозы** является по существу уровнем шума. При этом мгновенное значение уровня мощности дозы соответствует мгновенному значению действующего уровня шума. Соседнее значение уровня мощности дозы адекватно эквивалентному (по энергии) уровню шума. Разность этих показателей логично отражает степень импульсности как меру отличия мгновенного значения от среднего (по энергии) за время действия, которая в свою очередь является важным показателем биологической активности непостоянных шумов.

Формула 25 показывает принципиальную совместимость традиционной (кинематической) и дозовой (энергетической) оценки шума с общих методологических позиций. Вторая оценка более предпочтительна, однако необходимо учитывать ее применимость для гигиенических целей. Поскольку с физической точки зрения доза шума отражает количество переданной энергии и тем самым, может служить мерой воздействия, то важным является такой гигиенический аспект ее применения, как строгость оценки шума в сравнении с действующей системой оценки по его уровню в децибелах.

Представляет интерес сравнения оценок шума по энергии, давлению и громкости по отношению к расчётной дозе шума.

Рассмотрим таблицу 6. Поскольку энергия звука пропорциональна квадрату звукового давления, то дозная оценка очень чувствительна к изменению уровня шума. Так, при действии шума с уровнем 95 дБА превышение нормы (85 дБА) по уровню составляет 10 дБА. Этому уровню соответствует превышение нормы:

- а) по громкости в 2 раза,
- б) по звуковому давлению в 3,16 раза,
- в) по энергии - в 10 раз (пересчёт по параметру эквивалентности q).

Таблица 6

Сравнение методов оценки дозы шума

Закон усреднения шумов	Доза шума (ДШ)	Разность уровней, дБ						
		0	1	2	5	10	20	40
		Кратность отношений						
По энергии ($q=3$)	$P^2 * t$	1,0	1,25	2,0	3,16	10,00	100,0	1000
По давлению ($q = 6$)	$P * t$	1,0	1,12	1,41	1,78	3,16	10,00	100
По громкости ($q=10$)	$P^{0.6} * t$	1,0	1,07	1,15	1,40	2,00	4,00	16

При шуме с уровнем 105 дБ (А) – при превышении на 20 дБ (А), норма громкости превышена в 4 раза, звукового давления – в 10 раз, энергетического воздействия в 100 раз. Поэтому, дозная оценка обладает повышенной чувствительностью к изменению уровней звука, что является её **позитивной отличительной особенностью**.

На практике существует два метода оценки дозы шума. Первый – инструментальный, второй – расчётный.

Используют дозиметры шума самых разных конструкций. Недостаток их применения в субъективном отношении испытуемых к измерениям. Так, практика нашего применения дозиметров обнаружила ситуацию, когда

работник в шутку, получив дозиметр, оставил его в вентиляционной камере. Естественно, результат оказался впечатляющим.

В действующих отечественных санитарных документах в качестве нормируемого параметра шума используют эквивалентный по энергии уровень. Отсутствие нормативов учитывающих "дозу шума" объясняется рядом причин.

В нашей стране шумовые дозиметры не производят. Кроме того, для некоторых профессий, у которых орган слуха является рабочим органом (информационная компонента), энергетическая концепция дозы требует поправки на параметр q . Данное обстоятельство не учтено в конструкциях соответствующих измерительных приборов. Их шкала описывает уровни звукового давления, но не величины субъективной громкости. Практически, не учитывается информационная компонента воздействия.

В дополнение к прямому инструментальному методу определения доз индивидуальным дозиметром разработан ряд расчетных методик. Их наличие дает возможность, с одной стороны, оценить корректность показаний дозиметра, шумоизмерительного прибора, а с другой - получить дозиметрические данные при отсутствии соответствующих приборов.

Предложим читателю две пересчётные **таблицы 7 и 8** предназначенные для вычислений доз шума, получаемых работником при данном уровне воздействия. Для расчета дозы по таблице 7 (формула 25) следует:

1. Перевести уровни звука в децибелах в единицы звукового давления – Па².

2. Полученные квадраты звуковых давлений следует умножить на соответствующее время действия шума данного уровня и результаты просуммировать.

Например, на работника А. действовали три уровня шума: 99 ДБА – в течение 1 часа, 85 ДБА – в течение 4 часов, 81 ДБА – в течение 2 часов.

Что надо сделать?

1. Перевести децибелы в квадраты Паскалей. В таблице 7, уровень

шума 99 ДБА равен 3 Па^2 , уровень 85 ДБА – 0.125 Па^2 , уровень 81 ДБА – 0.05 Па^2 .

2. Умножить полученные квадраты паскалей на время действия, результаты суммировать:

$$X = (3 \text{ Па}^2 * 1 \text{ час}) + (0.125 \text{ Па}^2 * 4 \text{ часа}) + (0.05 \text{ Па}^2 * 2 \text{ часа}) = \dots$$

$$\dots = 3,725 \text{ Па}^2 \text{ час}$$

Величина $3,725 \text{ Па}^2 \text{ час}$ свидетельствует о том, что работник за семь часов работы получил указанную дозу.

Таблица 7

**Перевод уровней звукового давления (дБ)
в величины квадратов звукового давления (Па^2)**

Десятки децибел	Единицы децибел									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
80	0,04	0,05	0,083	0,08	0,1	0,125	0,18	0,2	0,25	0,3
90	0,4	0,5	0,83	0,8	1,0	1,25	1,8	2	2,5	3
100	4	5	8,3	8	10	12,5	18	20	25	30
110	40	50	83	80	100	125	180	200	250	300

Для приближенных расчетов служит таблица 8, по которой для каждой экспозиции уровня и времени находят частную дозу и, затем их суммируют. Дозы шума можно рассчитывать для каждой октавы и получать соответствующий спектр оценок.

Таблица 8

**Связь между длительностью шума, его уровнем и дозой шума $D_{ш}$
(в долях от допустимой)**

Доза шума ($D_{ш}$)	Длительность действия шума						
	8 час	4 час	2 час	1 час	30 мин	15 мин	7 мин
	Эквивалентные уровни, дБ (А)						
0,25	79	82	85	88	91	94	97
0,5	82	85	88	91	94	97	100
1	85	88	91	94	97	100	103
2	88	91	94	97	100	103	106
4	91	94	97	100	103	106	109
8	94	97	100	103	106	109	112
16	97	100	103	106	109	112	115
32	100	103	106	109	112	115	118

Из таблицы 8 следует, что при 8-часовом влиянии шума с уровнем 79 ДБ, доза шума, получаемая человеком, составит 0.25 допустимой. Правила пользования таблицей, следующие.

1. Определить дозу шума для каждого действующего уровня. Так, для уровня шума 82 ДБА действующего 4 часа, доза шума равна 0.25. Для шума 85 ДБА, действующего 2 часа, доза также равна 0.25.

2. Суммарная доза для 6 часов воздействия (82 и 95 Дб) составит 0.5 допустимой дозы. При необходимости учитывать экспозицию, отсутствующую в таблице, следует сделать пересчёт по соответствующей пропорции.

Обсудим вопрос о соотношении дозы шума и биологическом эквиваленте шума. Практически, проблема в следующем: имеет ли доза шума, как универсальная его оценка, какие-то биологические эквиваленты? Можно ли учитывать дозой шума биологические реакции?

Так, указанные в таблице 6 особенности разных методов оценки шума объективизируются спецификой влияния шумов разных уровней.

В таблице 9 на основании литературных данных систематизированы закономерности влияния шума при разных его уровнях, что позволяет дифференцированно оценивать особенности влияния шумов разных параметров введением поправок на их относительную биологическую эффективность. Из таблицы следует, что дозные оценки весьма перспективны для учета физических параметров шума (уровень, время действия, частотный спектр) и вида жизнедеятельности (работа, отдых, сон), что позволяет надеяться на выявление коррелятов “доза-эффект” по всем значимым проявлениям неблагоприятного влияния шума.

Таблица 9, несмотря на условность градаций, выделяет четыре диапазона: малых, средних, высоких и очень высоких уровней шума. Если уровень 40 ДБА лежит в середине диапазона громкостного восприятия и адаптации, то 80 ДБА, как уровень нулевого риска потерь слуха по стан-

дарту ИСО 1999 (1971) является пределом адаптации. Выше отмечается быстрый рост вероятности потери слуха.

Весь диапазон уровней (от 0 до 160 ДБ) также можно разделить на 2 поддиапазона:

1) малых и средних уровней, для которых типичны психофизиологические реакции, а при напряженном характере труда возможны и неспецифические проявления шумового воздействия;

2) высоких и очень высоких уровней, при которых выражено вредное и возможно травмирующее действие шума на слуховую функцию, поскольку эти уровни превышают адаптационные возможности слухового анализатора.

Таблица 9

Систематизация закономерностей влияния шумов

Диапазон уровней, ДБА	Физические характеристики адекватности оценок		Относительная биологическая эффективность	Психофизиологические и биологические эффекты
	закономерность влияния и биологически эффективная доза шума (БЭДШ)	параметр эквивалентности q , ДБ / удвоение времени		
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
0-40 ДБА (низкие уровни)	Громкость БЭДШ $\approx P^{-0.6} * t$	10	0.33	Громкостное восприятие сигналов
40-80 ДБА (средние уровни)	Звуковое давление, БЭДШ $\approx P * t$	6	0.5	Мешающее, раздражающее действие (неспецифические проявления)
80-120 ДБА (высокие уровни)	Интенсивность, БЭДШ $\approx P^2 * t$	3	1	Вредное действие (потери слуха, неспецифические проявления)
120-160 ДБА (очень высокие уровни, только для импульсов)	Квадрат интенсивности БЭДШ $\approx P^4 * t$	1.5	2	Травмирующее действие (потери слуха, риск акустической травмы)

Из этой таблицы следует определённая зависимость трёх характеристик (громкости, давления и интенсивности) шума от его биологического эквивалента (БЭДШ). Понятно, что дозный подход является общей концепцией учета уровня шума и времени его действия, но вид зависимости физических характеристик и биологического действия должен быть уточнен.

Понятие биологически эффективной дозы шума (БЭДШ) заключено в учёте преобладания того или иного первичного механизма влияния шума конкретного диапазона. Например, в зависимости от уровня шума изменяются первичные механизмы его влияния и при измерении и оценке дозы шума необходимо принимать соответствующую корректировку, отражающую относительную биологическую эффективность воздействия. Если при малых и средних уровнях ведущим является громкостное восприятие шума по рекомендации ИСО Р 131 (1959), то при очень высоких и высоких уровнях травмирующее действие шума резко нарастает с увеличением уровней.

В диапазоне высоких уровней 80-120 дБ (А) общепринятой в настоящее время является оценка действия шума по интенсивности или энергии, т. е. по дозе в строгом смысле при $q = 3$. Для шумов очень высоких уровней, например выстрелов, адекватным является параметр эквивалентности $q = 1,5 - 2$, а не $q = 3$.

Возможен и другой подход к классификации шумов. Он основан на приоритете биологических эффектов с выделением 2 механизмов: аурального (слухового) и рефлекторного (экстрааурального).

Этим механизмам соответствуют 2 группы эффектов. Первая – это специфические воздействия на слуховую функцию (энергетическое влияние). Вторая – неспецифические эффекты в виде преобразования акустической энергии в высших отделах слуховой системы в информацию. Тогда первый механизм будет преобладать при высоких (выше 80 ДБА), а второй – при средних уровнях с суммированием эффектов в общем случае.

Из 3 фундаментальных характеристик шума — уровень, время действия и частотный состав, для первых двух уже было показано различие

биологической эффективности по показателю степени звукового давления или параметру q . Что касается спектра, то здесь биологическая эффективность учитывается более наглядно:

$$L_{\text{экв}}(f) = L(f) - \text{ВСП}(f) \quad (26),$$

где: $L_{\text{экв}}(f)$ - уровень шума, скорректированный с учетом биологической эффективности разных частот; $L(f)$ - уровень шума на данной частоте f ; $\text{ВСП}(f)$ - временное смещение порога слуха на данной частоте f .

Такая же закономерность была установлена для временного снижения порога (ВСП) вибрационной чувствительности при локальной вибрации. Этот принципиально важный результат можно представить иначе: кривая равной громкости шума (а именно так выбирались кривые предельных спектров (ПС) Международной организацией по стандартизации) совпадает с кривой равной эффективности по специфическому влиянию.

Таким образом, анализ биологической эффективности по частоте на основе дозного подхода показывает тождественность частотных характеристик восприятия (громкости) и действия (вредности) по реакции слуховой системы. Этот результат, по-видимому, объясняется фундаментальным единством соответствующих физиологических механизмов и важен практически, так как позволяет оценивать дозу одночисловым показателем, единым во всем диапазоне уровней шума: от малых до высоких уровней.

Применительно к целям дозиметрии биологическая эффективность по уровню и длительности действия определяет параметр эквивалентности q , а эффективность по частоте, как однозначную оценку. Первый параметр определяет физический вид дозы, а второй - выражение в децибелах по шкале "А". Поэтому можно говорить о биологической корректировке дозы по уровню и частоте.

Если в таблице 9 выражение для биологической эквивалентной дозы шума (БЭДШ) перевести в логарифмическую форму, то после преобразований получим:

$$L_{\text{БЭДШ}} = k \cdot L_{\text{ЭКВ}} + Lt \quad (27),$$

где $L_{\text{БЭДШ}}$ - уровень биологически эффективной дозы; $L_{\text{ЭКВ}}$ - эквивалентный (по энергии) уровень звука, дБ (А); k - коэффициент относительной биологической эффективности, равный **0,33; 0,5; 1 и 2** для диапазонов уровней низкого, среднего, высокого и очень высокого действия (табл. 9), Lt – уровень времени [$Lt = 10 Lg (T : T_0)$].

В случае $L_{\text{БЭДШ}} \approx P * t$, при $k = 1$, выражение (27) переходит в формулу эмиссии – распространения энергии в пространстве. Однако обобщенное равенство (27) имеет то преимущество, что позволяет применять концепцию дозы шума во всем диапазоне с учетом различных эффектов.

В заключение подраздела, обсудим концепцию суммарной суточной дозы шума, как качественного преимущества дозных оценок. Этот подход позволяет оценивать кумуляцию шумового воздействия на работе и во время отдыха (ночного и дневного).

В настоящее время эти 2 воздействия нормируются отдельно, хотя их взаимное влияние совершенно очевидно. Согласно современным представлениям о нервной регуляции жизнедеятельности человека, действие шума на организм следует рассматривать как опосредованное через центральную нервную систему влияние на разные органы и системы, а не только как прямое действие на звуковой анализатор. Поэтому нельзя согласиться с предлагаемым в США критерием ограничения лишь ауральных эффектов шума для населения - эквивалентный уровень за сутки не более 70 ДБА.

Разным видам жизнедеятельности соответствуют различные уровни бодрствования, которые являются проявлением соответствующих уровней активации центральной нервной системы. С практической точки зрения удобно выделить 3 уровня, соотносимые с 3 видами жизнедеятельности - работой, отдыхом (активным или пассивным) и сном.

Шум как сенсорный раздражитель может повышать уровень активации нервной системы в зависимости от своих параметров. Для каждого из указанных видов жизнедеятельности, вероятно, существует свой предельный уровень шума, еще не вызывающий чрезмерных для данного уровня бодрствования активации и напряжения адаптивных механизмов с переходом на следующий, более высокий уровень. На этой основе формулируется концепция интегральной оценки производственных и коммунальных шумов по суммарной суточной дозе, исходя из кумуляции их эффектов с учетом вида жизнедеятельности человека (работа, отдых, сон). Такая оценка необходима для обеспечения физического и умственного здоровья, нормальной работоспособности и полноценного отдыха. Эта концепция может быть обобщена и на большие интервалы времени - неделю, месяц, год, что позволяет оценивать не только непосредственные, но и отдаленные эффекты шумового воздействия.

На основании физической концепции дозы шума выражение для суммарной суточной дозы ДШ сут. имеет вид:

$$\text{ДШ}_{\text{сут}} = \sum_{i=1}^n \text{ДШ} \quad (28),$$

где ДШ - парциальные дозы; $n = 1, 2$ и 3 -индексы, соответствующие работе, отдыху и сну. Парциальные дозы нормированы согласно формуле (25) относительно допустимых уровней шума 80, 60 и 40 дБ (А) для физической работы, отдыха и сна соответственно, а допустимые длительности равны 8 ч (3 x 8 часов = 24 часа). При $\text{ДШ}_{\text{сут}} \leq 3$ акустический комфорт не нарушен.

Следует отметить, что выбор и обоснование ПДУ для этих видов жизнедеятельности, а также параметра эквивалентности уровня и времени является самостоятельной задачей, однако указанные выше значения уровней можно рассматривать как базовые ориентиры.

Поскольку парциальные дозы нормированы относительно соответствующих ПДУ, то использование суточной дозы позволяет не только оценивать суммарный эффект, но и оптимизировать общее шумовое воздействие снижением той или иной компоненты, при проведении санитарно-гигиенических и иных мероприятий.

Предложенная концепция может служить основой при проведении работ по обеспечению акустического комфорта населения, а изложенный метод - алгоритмом для расчета или измерения суммарной дозы шума. В настоящее время имеются экспериментальные доказательства правомерности такого подхода для оценки воздействия шума при вахтовой организации труда у моряков.

Перспективы дозиметрии шума состоят в совершенствовании гигиенического нормирования производственного шума. Предполагается разработка новых, более адекватных и обоснованных физических и физиолого-гигиенических критериев. В этом отношении дозный подход принципиально улучшает не только метрологию фактора, но и оценку степени неблагоприятного его действия с учетом условий его воздействия, таких, как вид трудовой деятельности, временные параметры воздействия (среднесменные и стажевые дозы) и др.

Указанные особенности дозиметрии (усреднение по времени и пространству, а также одночисловая оценка уровня шума и времени его действия) являются принципиальными ее преимуществами перед обычными методами измерения шума. В целом, дозная концепция может обеспечить постепенный переход от оценки по эквивалентному уровню к оценке по дозе, так как дозиметр определяет оба параметра. Кроме того, на базе дозных подходов возможно и дальнейшее развитие дифференцированного нормирования, которое даст более корректные предложения, чем таблица 6.

4.3. Регламенты допустимого шума в международных стандартах

Степень повреждения органов слуха зависит от уровня звука, продолжительности действия и от индивидуальной чувствительности человека. В предыдущих подразделах частично обсуждали некоторые аспекты нормирования шума в других странах (особенно, в отношении нормирования импульсных шумов).

Принято, что каждая страна формирует свои национальные нормы шума с учётом международных стандартов и рекомендаций. При их разработке учитывают рекомендации и стандарты международных организаций: Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), Международной организации труда (МОТ), Международной организации по стандартизации (ИСО), Международной электротехнической комиссии (МЭК).

Среди наиболее важных документов следует упомянуть Конвенцию 148 и Рекомендацию МОТ "Конвенция о защите трудящихся от профессионального риска, вызываемого загрязнением воздуха, шумом и вибрацией на рабочих местах".

ИСО разрабатывает рекомендации и стандарты нормативов и методов их контроля, а МЭК - технические требования к приборам (шумомерам, аудиометрам, дозиметрам и др.).

В международных стандартах применяются различные методики оценки воздействия производственного шума. Чаще всего в них используется так называемая "модель Робинсона". Эта математическая модель основана на линейной зависимости между уровнем звука, длительностью его воздействия и процентом людей, у которых можно ожидать ухудшение слуха. В качестве исходных данных модель использует: возраст, пол, стаж работы. Преимущество такого нормативного моделирования заключено в прогнозировании потерь слуха в зависимости от времени работы.

Ухудшение слуха можно выразить количественно через смещение постоянного порога слуха на различных частотах. Однако в большинстве случаев отсутствуют сведения об исходных аудиометрических данных ин-

дивидуума (до воздействия шума). Поэтому повреждение слуха оценивают через изменения его порогов.

В стандартах ИСО предел допустимых порогов слуха используется, как признак способности понимать разговорную речь. Методика оценки воздействия производственного шума предполагает, что слух считается ухудшившимся (поврежденным), если среднеарифметическая величина постоянного смещения порогов слуха для трех частот 500, 1000 и 2000 Гц составляет 25 дБ или более по сравнению с соответствующим средним уровнем.

Анализ международных стандартов выявляет основное различие с отечественными нормативами шума. Оно заключено в том, что за рубежом господствует концепция профессионального риска, как вероятностно-математическая модель частоты и/или тяжести неблагоприятных последствий от работы в соответствующих условиях.

Статистика ущерба здоровья работников на конкретном предприятии (в должности, профессии) позволяет рассчитывать размер отчислений в фонды социального страхования, в медицинские и иные фонды. Конечно, такой подход нельзя признать гуманным, но на основании модели Робинсона можно предупредить работника о проценте потери слуха за время работы по контракту и предусмотреть необходимую оплату за риск здоровью.

Отличие Российских нормативов производственных шумов в том, что они не предусматривают прогноз последствий, и требуют безвредных и безопасных условий труда, что более гуманно. Недостаток такого подхода в невозможности достижения абсолютной безопасности человека в ближайшие годы. Поэтому, национальное нормирование производственного шума требует новых методических обоснований.

Сравнения международных и отечественных гигиенических нормативных документов в области шума позволяет сформировать рабочую концепцию совершенствования отечественных нормативов.

Обсудим и попытаемся перевести на отечественные стандарты основной международный документ ИСО - 1999.2 "Акустика. Определение профессионального воздействия шума и оценка нарушения слуха, вызванного шумом". Он посвящен анализу вероятности специфических нарушений слуха в зависимости от экспозиции. Стандарт ИСО – 1999.2 позволяет прогнозировать вероятность возникновения профессиональной тугоухости и оценивать эффективность мер профилактики.

На основе математической модели документа попробуем рассчитать риски развития профессиональной тугоухости в процентах по отечественным критериям профессиональной тугоухости.

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

Снижение слуха I степени с довольно большой вероятностью может развиваться и без шумового воздействия в результате возрастных изменений. Поэтому воспользуемся более высокими степенями потери функции.

В **таблице 10** представлены вычисленные значения рабочего стажа, в течение которого могут развиваться потери слуха II и III степени в зависимости от уровня шума на рабочих местах и в рабочих зонах.

Оценку степеней потерь слуха произведём в фрактилях. Фрактиль в нашем расчёте - это вероятность потери слуха для коллектива работников или для отдельного работника. Условие вычислений по стандарту ИСО с учётом наших нормативов (80 ДБА) следующее: фрактиль 0.1 соответствует 10 % лиц со снижением слуха или 10 % потери слуха у отдельного работника (первая графа таблицы).

В обсуждаемой таблице представлены данные для мужчин. У женщин из-за более медленного, чем у мужчин нарастания возрастных изменений слуха, потери слуха слегка отличаются: для стажа более 20 лет у

женщин безопасный стаж на 1 год больше, чем у мужчин, а для стажа более 40 лет — на 2 года.

Таблица 10

**Стаж работы до развития потерь слуха
(при 8-часовом воздействии – модель Робинсона) ***

Фрактиль	Стаж работы (лет) при уровне шума (ДБА)						
	80	85	90	95	100	105	> 105
	Критерий: 2 степень снижения слуха (до 20 ДБ)						
0,1 (10%)	40	39	35	25	8	3	1
0,25 (25%)	-	-	-	39	19	5	5
0,5 (50%)	-	-	-	-	39	18	10
	Критерий: 3 степень снижения слуха (до 30 ДБ)						
0,1 (10%)	-	-	-	44	24	8	3
0,25 (25%)	-	-	-	-	39	16	8
0,5 (50%)	-	-	-	-	-	35	16

Из таблицы следует, что модель Робинсона (риска развития тугоухости) действует и для отечественных нормативов. Вместе с тем следует отметить, что стандарт ИСО не учитывает характер трудовой деятельности.

Попытка предусмотреть дифференциацию деятельности по категориям тяжести и напряженности труда в нормировании для учёта неспецифического действия шума была обсуждена в подразделе 4.1 (таб. 6).

Таблица 10 построена следующим образом. В первой графе показаны обсуждаемые размеры фрактилий, а в скобках даны проценты поражений среди коллективов или для отдельного работника.

В строке напротив "фрактиля" даны уровни звука в ДБА. В строках с размерами фрактилей показаны сроки трудовой деятельности, при которых будет снижение слуха. Например, коллектив из 100 человек работает при действии уровней шума 80 ДБА. Через 40 лет работы в этом коллективе следует ожидать, что у 10 человек (10% или 0.1 фрактиль) снижение слуха на 20 ДБ.

* Примечание: прочерки в таблице означают, что стаж работы составляет более 45 лет.

Другой пример: коллектив из 100 человек работает при уровне шума 95 ДБА. На 25 году работы у 10 из них будет указанное снижение слуха, а при стаже 39 лет – у 25 (25 % или 0.25 фрактиль). Поражение слуха после 44 лет третьей степени может ожидаться для 10 человек.

В таблице 11 даны принципиальные отличия международного стандарта ИСО-1999.2 от отечественных нормативов. Некоторые различия в нормировании шума имеют место в ряде стран Европы и Америки. Прежде всего, это относится к выраженным непостоянным шумам - ударным, импульсным и пр.

Таблица 11

Принципиальные отличия международного стандарта ИСО-1999.2 от отечественных нормативно-методических документов

ИСО-1999.2	Отечественные нормативы
А. Параметры оценки	
Уровень звука и эквивалентный уровень звука в дБ (А)	Уровень звукового давления в дБ в октавных полосах частот (31,5- 8000 Гц) Уровень звука и эквивалентный уровень звука в дБ(А)
Звуковая экспозиция ЕАТ в Па ² • с	Доза шума в Па ² • ч и относительная доза шума в долях от допустимой (безразмерная величина)
Уровень экспозиции ЕХ-Т в дБ	Нет аналога
Суточная экспозиция ЕАД за 24 ч	Суточная доза с учетом вида жизнедеятельности
Б. Критерии оценки	
Вероятность и величина потерь слуха в зависимости от стажа, пола и возраста при разных уровнях шума	Дифференцированные ПДУ от 50 до 80 дБ (А) с учетом вида трудовой деятельности Максимальные уровни звука 110 дБ (А) или 125дБ(А1) Критерии оценки потерь слуха Медосмотры с периодичностью в зависимости от уровней шума (в соответствии с нормативами Госкомсанэпиднадзора и Минздрава России)

В таблице два раздела. Первый – характеризует принятые параметры оценки уровней звука по физическим и дозным величинам. Второй объясняет соответствующие биологические эффекты действия шумовой энергии. В целом, таблица охватывает физическое, дозное нормирование и результат

воздействия.

Анализ таблицы позволяет утверждать, что основное отличие принципов отечественного нормирования заключено в регламентации спектрального состава шумов и развиваемой концепции дозной оценки. Актуальность анализа спектра шума была подробно рассмотрена в разделе 3.1.

Кроме того, по мерам гигиенической оценки, Российские регламенты отличаются попыткой учитывать специфику трудовой деятельности – тяжесть и напряжённость труда.

Возможно, что национальное нормирование производственных шумов будет развиваться в двух направлениях – дозы и дифференциации нормативов по видам труда.

4.4. Контрольные тесты

28. УКАЖИТЕ ТРИ ЗВЕНА РЕФЛЕКТОРНОЙ ДУГИ:

1. Восприятие, анализ и решение.
2. Восходящие нервные волокна, центральная нервная система, нисходящие нервные волокна.
3. Афферентные импульсы, центральная нервная система, эфферентные импульсы.
4. Раздражитель – ответ – решение.

29. ОПРЕДЕЛИТЕ ДОПУСТИМЫЙ УРОВЕНЬ ШУМА (таб. 5, с. 68), ЕСЛИ ТЯЖЕСТЬ ТРУДА ОПРЕДЕЛЯЕТСЯ КЛАССОМ ВРЕДНОСТИ 3.1, А НАПРЯЖЁННОСТЬ – КЛАССОМ 2.0.

1. = 75 дБ.
2. = 80 дБ.
3. = 56 дБ.
- 4 = 74 дБ.

30. ЭКВИВАЛЕНТНЫМ (РАВНЫМ) УРОВНЕМ ЗВУКА НЕПОСТОЯННОГО ШУМА НАЗЫВАЕТСЯ:

1. Уровень звука постоянного, широкополосного шума, который имеет такое же среднеквадратичное звуковое давление, что и данный непостоянный шум в течение определенного интервала времени.

2. Уровень звука тонального шума, измеренного по шкале "импульс".
3. Уровень звука колеблющегося шума, измеренного на шкале В.
4. Уровень звука импульсного шума.

31. В ЧЁМ СУТЬ "ПРАВИЛА РАВНОЙ ЭНЕРГИИ":

1. В эквиваленте действующей и поглощённой звуковой энергии.
2. Устанавливается соотношение энергетического воздействия по биологическому эффекту.
3. В дозо-эффективной взаимосвязи окружающего мира.
4. В отсутствии эквивалента действующей и поглощённой звуковой энергии.

32. КАКОЙ ШУМ БОЛЕЕ ОПАСЕН ДЛЯ ЧЕЛОВЕКА – ПОСТОЯННЫЙ ИЛИ НЕПОСТОЯННЫЙ?

1. Постоянный.
2. Непостоянный.
3. Вопрос задан не корректно, поскольку нет указаний на параметры шума.
4. Оба вида шума опасны для человека.

33. ЧТО ОЗНАЧАЕТ ПАРАМЕТР УСРЕДНЕНИЯ q В Пересчёте Характеристик Непостоянных Шумов На Постоянные?

1. Только энергетическая характеристика, используемая в расчётах.
2. Число децибел, прибавляемых к уровню шума при уменьшении времени его действия в 2 раза для получения той же дозы.
3. Количество децибел прибавляемых к разности уровней шума.
4. Мощность звуковой энергии.

34. ОПАСНОСТЬ ТРАВМИРОВАНИЯ СЛУХОВОГО АНАЛИЗАТОРА ИМПУЛЬСНЫМ ШУМОМ, ОПРЕДЕЛЯЕТСЯ:

1. Последовательностью чередования импульсов.
2. Формой импульсов, громкостью.
3. Частотой следования импульсов, тембром.
4. Высокой энергией пиковых импульсов.

35. ОСОБЕННОСТЬ НОРМИРОВАНИЯ ИМПУЛЬСНОГО ШУМА В ОТЕЧЕСТВЕННЫХ РЕГЛАМЕНТИРУЮЩИХ ДОКУМЕНТАХ:

1. До уровня 125 дБА производится снижение норматива на 5 дБ.
2. До уровня 125 дБА производится снижение норматива на 15 дБ.
3. До уровня 125 дБА производится снижение норматива на 25 дБ.
4. До уровня 125 дБА производится снижение норматива на 10 дБ.

36. ОПРЕДЕЛИТЬ ДОЗУ ШУМА ПО ТАБЛИЦЕ 6, КОТОРУЮ ПОЛУЧИТ РАБОТНИК, ЕСЛИ НА НЕГО ДЕЙСТВОВАЛИ ЧЕТЫРЕ УРОВНЯ ШУМА: 90 дБА – 3 часа, 83 дБ – 1 час, 85 дБ – 2 часа, 80 дБ – 2 часа.

1. = 1.61 Па² час.
2. = 5.60 Па² час.
3. = 3.70 Па² час.
4. = 4.20 Па² час.

37. ОПРЕДЕЛИТЬ ДОЗУ ШУМА ПО ТАБЛИЦЕ 7 (СТР. 82) КОТОРУЮ ПОЛУЧИТ РАБОТНИК, ЕСЛИ НА НЕГО ДЕЙСТВОВАЛИ ЧЕТЫРЕ УРОВНЯ ШУМА: 90 дБА – 3 часа, 83 дБ – 1 час, 85 дБ – 2 часа, 80 дБ – 2 часа.

1. = 6,21 от допустимой дозы.
2. = 8,00 от допустимой дозы.
3. = 2.19 от допустимой дозы.
4. = 4,00 от допустимой дозы.

38. ОПРЕДЕЛИТЬ ПРОЦЕНТ РАЗВИТИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ТУГОУХОСТИ ВТОРОЙ СТЕПЕНИ У 100 ЧЕЛОВЕК, РАБОТАЮЩИХ В ТЕЧЕНИЕ ТРИДЦАТИ ПЯТИ ЛЕТ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ 90 дБА (табл. 10, с. 92):

- 1 = 10 %.
2. = 35 %.
3. = 23 %.
- 4 = 55 %.

5. САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ

Измерение шума производят на рабочих местах (или в рабочих зонах по маршрутам работников) в типичных условиях эксплуатации оборудования.

Общую санитарно-гигиеническую задачу при измерениях производственных шумов можно разделить на три части:

1. Оценка производственного шума, как вредного фактора рабочей среды.
2. Оценка машин и оборудования как источников производственного шума.
3. Разработка мероприятий по борьбе с шумом и оценка их эффективности.

Замеры шума на производстве могут быть инженерно-технические и санитарно-гигиенические.

Инженерно-технические замеры предназначены для проверки соответствия фактических параметров машин и механизмов заданных технологическими документами. Санитарно-гигиенические измерения предполагают изучение и неблагоприятного воздействия на работников. Постановка задач исследования в инженерно-технических и санитарно-гигиенических исследованиях отличается. В одном случае измеряется "машина", для этого требуются технические знания по устройству, принципу работы механизма и пр. В другом случае – изучается воздействие на человека, что требует специфических, медицинских знаний. Инженер измерит шум и вибрацию в девяти точках самосвала, в том числе и в кузове. Врач измерит эти параметры в кабине автомобиля.

5.1. Гигиеническая классификация производственных шумов

1. По характеру спектра шумов подразделяются на:
 - 1.1. Широкополосные, с непрерывным спектром шириной более одной октавы.

1.2. Тональные, в их спектре имеются слышимые дискретные (отдельные) тоны.

Практически, тональный характер шума устанавливается измерением в 1/3 - октавных полосах частот и определяется по превышению уровня в одной полосе над соседними не менее чем на 10 дБ.

2. По временным характеристикам шумы подразделяются:

2.1. Постоянные - уровень звука которых изменяется не более чем на 5 дБ (А) на временной шкале шумомера "медленно" за 8-часовой рабочий день.

2.2. Непостоянные - уровень звука которых изменяется более чем на 5 дБ (А) на временной шкале шумомера "медленно" за 8-часовой рабочий день.

2.3. Непостоянные шумы в свою очередь подразделяются:

2.3.1. Колеблющиеся во времени, уровень звука которых непрерывно изменяется.

2.3.2. Прерывистые - уровень звука ступенчато изменяется на 5 дБ (А) и более (при этом длительность интервалов, в течение которых уровень остается постоянным и превышающим уровень фонового шума, составляет 1 с и более).

2.3.3. Импульсные - состоящие из одного или нескольких звуковых сигналов, каждый длительностью менее 1 с.

Диагностика импульсного характера шума проводится сравнением показаний шумомера по шкале "импульс" дБ(И) в режимах "медленно" и "импульс". Для подтверждения импульсности шума замеры должны отличаться не менее чем на 7 дБ (А).

Характеристикой постоянного шума на рабочих местах являются уровни звуковых давлений в ДБА и дБ в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000 и 8000 Гц.

Характеристикой непостоянного звука является эквивалентный уровень.

Замеры производственного шума выполняются на шкале ДБА и по частотному спектру соответственно принятым среднегеометрическим октавам. Замеры постоянного шума производится обычным образом, одномоментно.

Однако, принятый критерий постоянного шума в “неизменности уровня более чем на 5 ДБА за 8 часов” на практике не реален. Можно сказать, что “постоянных шумов” не бывает. Наш опыт показывает, что даже при постоянном шуме, для формирования наиболее полной гигиенической оценки, так или иначе следует проводить не менее трёх измерений: в начале, в середине и в конце рабочего дня (смены). Полученные значения суммируют с соответствующими добавками на разность логарифмов для получения среднего уровня звука, как по октавам, так и по значениям ДБА.

Прерывистый шум рекомендуется измерять несколько раз и результаты замеров суммировать по соответствующей таблице поправок. При этом определяется эквивалентный уровень шума.

Замеры непостоянного (колеблющегося, прерывистого) шума при измерениях не интегрирующими шумомерами (типа ВШВ-003) требуют длительного времени: на одно измерение - не менее 30 мин с 360 отсчётами по шкале прибора (ГОСТ 12.1.050 - 86. ССБТ).

5.2. Устройство шумоизмерительных приборов

Обязательными частями шумомера являются: звуковоспринимающее устройство (микрофон), анализатор сигналов по среднегеометрическим частотам и шкалам А, В, С, D, Lin, цифровой индикатор (амперметр, вольтметр).

Микрофон является преобразователем звуковой энергии в электрические сигналы. Основой принцип работы – замыкающие колебания пластинки между электродами, на которые подаётся электрический ток.

Анализатор сигналов представляет собой весьма сложное устройство, которое усиливает, выпрямляет получаемые сигналы от микрофона. Средняя мощность сигналов измеряется микроамперметром (вольтметром).

На рисунке 9 показана электрическая блок-схема шумомера. Обратим внимание, что анализатор сигналов на схеме представлен усилительным, частотным и выходным блоками.

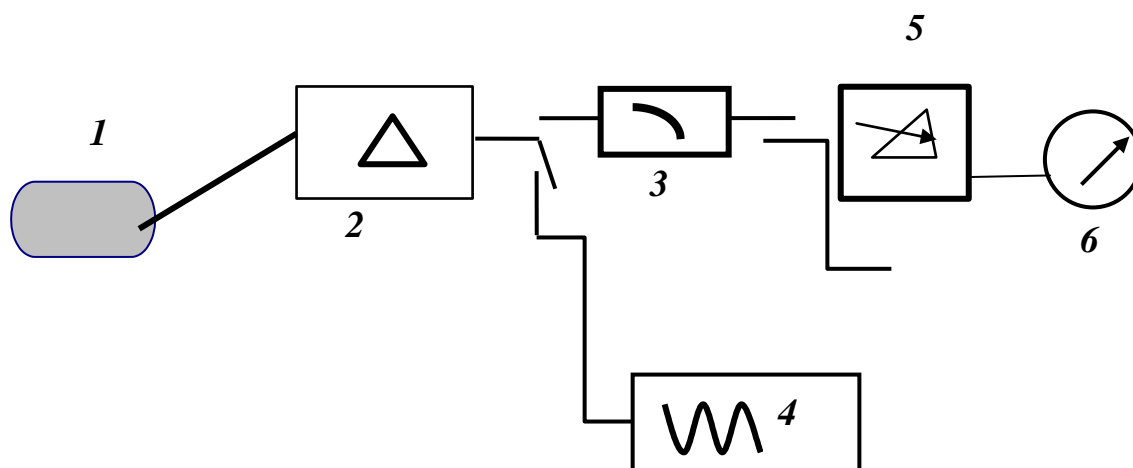


Рис. 9. Блок-схема шумомера.

- 1 - Микрофон;
- 2 - Входной усилитель с регулятором;
- 3 – Блок частотного анализатора (16-16000 Гц);
- 4 - Переключаемые октавные фильтры А, В, С, D, Lin;
- 5 - Выходной усилитель с регулятором;
- 6 - Измеритель-индикатор.

Шумомеры могут выпускаться в двух моделях: без частотного и с частотным (встроенным) анализатором.

Приборы без встроенного частотного анализаторного блока ("Шум-1", Ш-63 и др.) могут измерять только общий уровень звукового давления (дБА). В настоящее время ими почти не пользуются.

Приборы с анализаторным блоком позволяют измерять уровни звука по спектральному содержанию (среднегеометрическим октавам). В качестве примера следует упомянуть уже устаревший шумомер ВШВ-003. В нём предусмотрены следующие шкалы: дБ (А), дБ (В), дБ (С), дБ (Лин), а

также характеристики "медленно" и "быстро". Измеряет звук на указанных шкалах и по среднегеометрическим октавам.

Прибор выполнен в носимом футляре довольно больших размеров, весом до 3 кг. При проведении замеров требуется непосредственная запись показаний индикаторного устройства.

Новейший отечественный прецензионный шумовиброизмеритель - анализатор спектров "Октава-101 АМ" способен измерять интенсивность звука в интервале 22-140 дБ с определением его спектрального состава от 16 до 8000 Гц. Кроме того, прибор измеряет минимальные и максимальные значения шума, импульсные шумы, их пиковые параметры. Также позволяет измерять непостоянные шумы за короткие отрезки времени (до 1 с).

"Октава-101 АМ" изготовлен в виде небольшой коробки размером 30-35 см x 50-55 см, легко умещается на ладони. Прибор снабжён запоминающим устройством, что позволяет проводить измерения без записей показаний в период измерений.

Современные шумомеры, кроме шкалы А, имеют также шкалы В, С, D и линейную, которые характеризуются разным ослаблением низкочастотных составляющих шума. Сравнение показаний шумомера по этим шкалам позволяет ориентировочно оценить характер спектра.

Так, при разности показаний в дБ (С) или дБ (Лин) и дБ (А) более 5 дБ, шум следует считать низкочастотным, а при меньшей разности или равенстве показаний - высокочастотным.

Таблица 12

Разность показаний дБ (А) и дБ (С)	Частотная характеристика шума, в Гц
От 0 дБ до 2 дБ	Высокочастотный (выше 1000 Гц)
От 2 дБ до 5 дБ	Среднечастотный (400 – 1000 Гц)
Более 5 дБ	Низкочастотный (до 400 Гц)

Шумомеры также имеют временные характеристики "медленно", "быстро", "импульс" и "пик", отличающиеся по времени измерения (1с; 0,2 с; 40 мс и 20 мс соответственно).

Характеристику "медленно" используют при измерениях шумов всех видов для их усреднения.

Характеристику "импульс" – применяют для измерения импульсных шумов (оценка их громкости).

Характеристику "пик" – используют для оценки возможного травмирующего действия при одиночных ударах, выстрелах.

5.3. Организация и проведение замеров производственного шума

Проведение санитарно-гигиенических замеров производственного шума требует соответствующего гигиенического мышления, которое в этом случае зависит от знания акустики (физики) и специальной гигиенической подготовки.

У врача по гигиене труда, измеряющего производственные шумы должен быть сформирован рабочий динамический стереотип, позволяющий выполнять исследования с необходимым качеством. Трудовые навыки в измерениях шума следует разделить на два вида: а) навыки работы с приборами; б) рациональное гигиеническое мышление, предназначенное для обеспечения корректного проведения исследования и оценки его результатов.

Обсудим краткий алгоритм работы по измерению производственного шума на рабочих местах.

1. До проведения измерений:

1.1. Ознакомиться с производственным помещением, где находятся обследуемые рабочие места. Составить эскиз помещения с указанием расположения оборудования, рабочих мест. На эскизе следует показать оконные проёмы, вход в помещение, вентиляционные устройства.

1.2. Выяснить режим работы, её содержание, должностные (трудо-вые) обязанности работников, оценить тяжесть и напряжённость труда (для этого следует воспользоваться таблицами "Гигиенических критериев" – Руководство Р 2.2.2006-05).

1.3. При необходимости дать визуальную оценку годности применяемых средств индивидуальной защиты от шума (тип, марка, назначение, техническое состояние).

1.4. Переписать используемые единицы производственного оборудования с указанием двух типов данных. Первый тип: наименование, год выпуска, заводской номер, завод-изготовитель, номер технических условий или стандарта по которому изготовлено оборудование. Второй тип – технические характеристики. Из паспортов на оборудование следует выписать допустимые частоты вращения движущихся частей, нормируемые изготовителем уровни шума, вибрации, правила безопасной эксплуатации.

1.5. При необходимости провести пробный пуск вентсистемы, записать её технические характеристики (двигатель, марка, тип, мощность, частота оборотов вентиляционного насоса и пр.)

1.6. Сформировать визуальную оценку характера шума по гигиенической классификации шумов: постоянный - непостоянный, тональный - широкополосный.

1.7. Составить план исследований (замеров) - наметить точки замеров и нанести их на эскиз.

1.8. Поставить задачу измерения: для чего будут проводиться замеры (экспертиза, санитарно-гигиенический контроль, научные исследования?).

1.9. Проверить работоспособность измерительного прибора, подготовить его к работе (откалибровать, при необходимости), просмотреть (перечитать) инструкцию по эксплуатации прибора.

2. Провести замеры согласно плану замеров.

3. Провести гигиенический анализ результатов замеров с объяснением причин и обстоятельств выявленных превышений (занижений) нормативных уровней.

4. На основании анализа разработать мероприятия по оптимизации шумового фона помещения и по защите работников от неблагоприятного влияния фактора.

Измерения шума проводят по действующим стандартам системы безопасности труда. В частности, по ГОСТ 12.1.050-86 ССБТ "Методы измерения шума на рабочих местах".

На одиночных постоянных рабочих местах измерения производятся в точках, соответствующих постоянному размещению производственного оборудования (источников шума). Если рабочие места не постоянны, то измерения следует проводить в рабочей зоне не менее чем в трех точках маршрута работника. При этом следует выбрать наиболее шумные места.

Замеры и оценка шума в производственных помещениях зависит от расположения технологического оборудования.

При однотипном оборудовании измерение шума производятся не менее чем на трёх постоянных рабочих местах.

При групповом размещении однотипного оборудования - в центре каждой группы оборудования.

При смешанном размещении разнотипного оборудования - не менее чем на трех участках рабочей зоны для каждого типа оборудования.

Измерение шума при осуществлении санитарного надзора должно проводиться при работе не менее 2/3 технологического оборудования, расположенного в данном помещении, а также при включенной вентиляции.

Размещение микрофона зависит от рабочей позы. При рабочей позе сидя - на высоте 1.0 м. При рабочей позе стоя на высоте 1.5 м. В любом случае, микрофон должен быть, размещён на уровне головы работника и, должен быть направлен в сторону источника шума.

При изучении постоянного и импульсного шума измерения следует проводить не менее трех раз в каждой точке и результаты усреднять. Среднюю величину уровней звука (дБА) и звукового давления (дБ) необходимо вычислять и в тех случаях, когда измерение производится в нескольких точках цеха при однотипном, групповом или смешанном размещении оборудования. Вопрос о сложении уровней шума с соответствующими поправками на время действия и разность уровней подробно обсуждён в разделе 2.3.

Особое значение в замерах принадлежит рациональной постановке задачи исследования.

Ситуация, когда задача измерения заключена в оценке шума, только как вредного фактора производственной среды, как правило, не встречается. Измеряя шум на рабочих местах всегда надо знать его источники и их соответствующие оценки.

Так, если в производственном помещении (компрессорные, насосные), размещены шумные устройства, то измерения следует произвести не только на рабочем столе (месте) работника, но и у источников шума.

Например, в котельно-машинном отделении танкера "Волгонефть" источниками шума являются ведущие и вспомогательный двигатели, а также дизель-генератор. Рабочий стол машиниста находится в некотором отдалении от них. В обязанности работника входит периодическая смазка различных частей двигателей, что заставляет его время от времени перемещаться по всему помещению. Поэтому, поставив задачу оценки вредного действия шума на человека, необходимо учитывать его рабочий маршрут, интенсивность шума в отдельных точках помещения (у двигателей) и время нахождения в помещении.

На рисунке 10 покажем план - схему котельно-машинного отделения (КМО) в трюме танкера "Волгонефть".

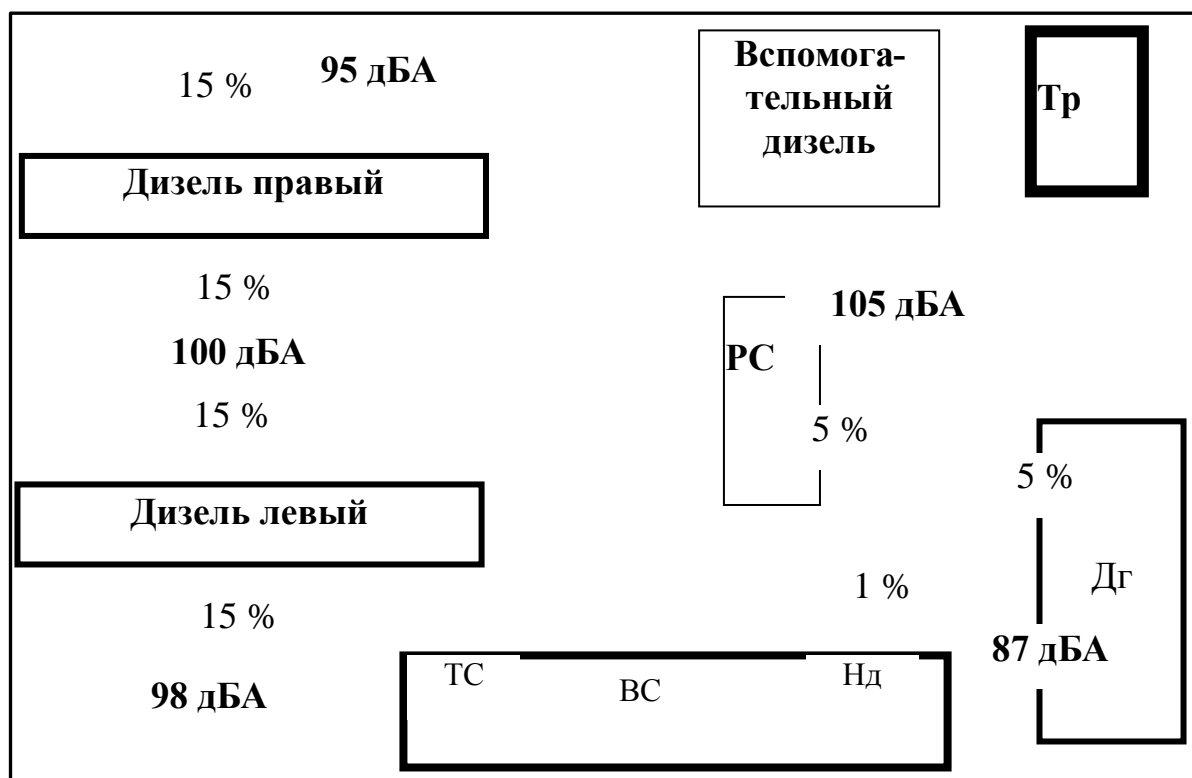


Рис. 10. КМО танкера "Волgoneфть".

Условные обозначения: Дг – дизель-генератор, Вc – верстак, Нд – наждачно-заточной станок МЗ611, Тс – тиски, РС – рабочий стол, Тр – трап на палубу.

Постановка задачи исследований следующая. Провести измерения в разных точках котельно-машинного отделения, установить длительность нахождения работника в этих точках, в самом помещении и оценить реальное воздействие шума на работника с целью оптимизации условий труда машиниста.

Из рисунка следует, что машинист около 71 % времени (170 мин.) 4-часовой вахты (240 мин.) находится в трюме. Остальное время находится на верхней палубе и в других помещениях судна.

Задача его труда в периодическом контроле работы оборудования с обслуживанием работающих дизелей. Из-за высоких уровней шума, работник старается находиться в помещении как можно меньше времени. Как правило, вспомогательный дизель включается только в экстренных случаях. Заточным станком машинист или члены команды пользуются только

эпизодически (в основном при мелких ремонтных работах). Поэтому основными источниками шума являются правый и левый дизель, а также дизель-генератор, обеспечивающий корабль электричеством.

Следует обратить внимание, что суммарные результаты (три измерения) в точках замера шума имеют различия по интенсивности. Наибольший уровень шума оказался на рабочем столе машиниста. Данное обстоятельство определено ошибками в проекте размещения оборудования.

В таблице 13 произведём суммарный подсчёт действующих параметров шума на работника.

Таблица 13

Расчёт суммарных уровней шума, действующих на машиниста

Точки замеров	Время действия		Уровень дБА	Поправка ΔГ	Суммарный уровень	Доза шума Па ² час
	%%	Мин				
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>
1. Дизель правый	15	26	95	- 10	85	
2. Дизель левый	15	26	98	- 10	88	
3. Между дизелями	30	52	100	- 8	92	
4. Рабочий стол	5	9	105	- 11	94	
5. Дизель-генератор	5	9	87	- 11	94	
Всего:					≈ 100 дБА	≈ 1,11 Па² час

Вычисления в таблице проводим на 170 минут фактического пребывания работника в КМО. Пересчёт процентов от времени смены на минуты проводим по обычной пропорции (с округлением до минуты). Поправку на время действия определяем из таблицы 3. Поскольку, в нашей ситуации экспозиционные данные несколько отличаются от табличных значений, то также используем пропорцию. Суммарный уровень шума в итоге графы 6, определён по таблице 2.

Для определения дозы шума использовали значения шума после расчётов с поправкой на время действия шума. По таблице 7 получили значения дозы в Па², а затем их умножили на экспозицию (с переводом минут в доли часа).

Из обсуждаемой таблицы следует, что на машиниста КМО действует уровни шума в 100 дБА и получаемая им доза шума равна $1.11 \text{ Па}^2 \text{ час}$.

Нефтеналивной танкер "Волгонефть" относится к судам типа "река-море". Поэтому воспользуемся пунктом 10 таблицы 2 общих санитарных правил (Сан Пин 2.2.4./2.1.8.526-96 – Приложение Б), которые нормирует уровень шума в этих помещениях "не более 80 дБА". Видно, что уровень шума в КМО превышает норматив на 20 дБА, что относит условия труда машиниста по этому фактору к классу вредности 3.3.

Однако ведомственные санитарные правила по шуму для речных судов различают КМО с постоянной вахтой и без вахты. В первом случае уровень шума не должен превышать 95 дБА, во втором - не должен быть более 100 дБА. Данные требования обоснованы уставом Речного флота, который нормирует время работы экипажа – не более 8 часов на рейс. Поэтому сменно-вахтовый труд на речных судах организован следующим образом: недельный рейс – две недели отдыха.

Тем не менее, уровень шума в КМО танкера превышает и нормативы речного флота на 5 дБА. Общая причина зашумления помещения КМО сверх нормы находится в недостатках проектирования судов проекта 1711 "Волгонефть". Они возникли из-за того, что суда этого типа проектировались, строились в Болгарии - в стране имеющей свои национальные стандарты шума.

Для разработки мероприятий по предупреждению неблагоприятного шумового воздействия следует предусмотреть:

1. Возможность экранизации и других мер по снижению шума от источников, перемещения рабочего стола в наименее шумный участок.
2. Подбор наиболее специфических для данного спектрального состава фактора, средств индивидуальной защиты органа слуха.
3. Пересмотр режима труда: снижение длительности вахты до допустимых доз шума.
4. Другие меры, обусловленные конкретной обстановкой.

При доказательстве своих рекомендаций, врач должен привести не только результаты измерений, но и сведения о заболеваемости работников предприятия, общего состоянии их здоровья. При отсутствии таких данных (например, на танкере "Волгонефть" в штате только три машиниста) можно воспользоваться и литературными данными или же изучением заболеваемости на группе однотипных судов. При этом не следует забывать, что воздух рабочей зоны загрязнён углеводородами (горюче-смазочные материалы), которые способствуют ускорению развития неблагоприятных эффектов от воздействия шума.

Другой пример – рабочее место токаря, работающего на токарно-винто-резных станках марки 1К625. В течение рабочего дня работник может обрабатывать только один вид металла, а на следующий день – другой. Так, сегодня он работает с латунью, завтра – с мягким железом.

Спектральные составы шума при обработке этих металлов имеют существенные различия – раздел 3.1 (рис. 6).

Латунь, как и твёрдые марки сталей, образуют наибольшие интенсивности звука на высоких частотах (влияние на дистальные участки улитки). Обработка железа создаёт почти линейный спектр, с всплесками до 83-85 дБ. Уровни шума в первом случае достигают 90 дБ (А), в другом – 85-86 дБ (А).

Научная задача заключена в изучении уровней зашумления рабочего места при обработке разных сортов металла с хронометражным наблюдением и параллельным физиологическим тестированием функционального состояния работника.

Практическая задача санитарно-гигиенического контроля иная. Представляет интерес техническое состояние станка, который создаёт "постоянный фоновый уровень воздействия". Поэтому постановка задачи заключена в оценке уровней шума на холостых оборотах станка. Результаты следует сравнить с гигиеническими нормативами (приложение Б) и с указанным в техническом паспорте, уровнем шума. В этом случае, рекомен-

дации по снижению шума заключены в оптимизации технического состояния оборудования - восстановить защитный кожух, отцентрировать вращение вала, закрепить на фундаменте, смазать передаточный механизм и прочее. При этом разработка указанных мер должна проводиться совместно со службой охраны труда предприятия. От врача по гигиене труда требуется только указать, что техническое состояние станка создаёт зашумление выше нормативного.

Такая же ситуация возникает и при контроле шума в автомобилях. Отсутствие автодрома со стандартным покрытием, неудовлетворительное состояние покрытия дорог и улиц не позволяет получать реальные сведения о влиянии шума двигателя на водителей. Поэтому, постановка задачи также заключена в оценке технического состояния двигателя и автомобиля. Исправность оборудования гарантирует соблюдение нормативов звука, по которым выпускаются автомашины. Существуют специальные нормы звука и вибрации для автомобилей, которые действуют только, что называется "до ворот завода". Автомобильные заводы отказываются отвечать за соблюдение норм шума в ходе эксплуатации по вполне понятным причинам.

В случае замеров транспортного шума (вибрации) претензии к работодателю на "плохие дороги" не практичны. Замеры на холостых оборотах (2/3 от максимального числа) позволяют оценить лишь техническое состояние автомашины и предъявить необходимые требования к руководству предприятия, а также и к водителю, слесарю по ремонту автомобилей.

Постановка задачи исследований при экспертной оценке зависит от содержания вопросов, поставленных на экспертизу (см. пример в разделе 3.1.: рисунки 7,8). Если это жалобы жителей на предприятие, зашумляющего территорию, то замеры следует планировать у источников шума в самом предприятии, на территории и в квартирах. При этом необходимо измерять не только уровни шума в дБА, но и спектральные уровни. Их сопоставление будет необходимым доказательством вины предприятия.

Например, санитарно-защитная зона от швейных фабрик согласно СанПин 2.2.1/2.1.1.1.200-03 должна иметь радиус не менее 100 м (Текстильные производства и производства лёгкой промышленности). В указанном документе они относятся к классу !V, пункт 4: "Производство и объекты, ведущим фактором которых является шумовое воздействие на население".

Фабрика находится в жилом массиве, среди уличных проездов. Однако в её помещениях уже давно установлены малошумные швейные машинки. Точки измерений в этой ситуации должны быть следующие: замеры шума в цехах, у стены здания, на красных линиях улиц и у стен жилого ближайшего дома. Сопоставление уровней шума, в том числе и по спектральному составу покажет значение предприятия в зашумлении жилого массива.

Таким образом, постановка гигиенической задачи измерения производственного шума может быть разделена на три направления: научные гигиенические исследования, практические измерения в ходе текущего санитарно-гигиенического контроля и экспертные замеры.

Специфичность задач исследования зависит от множества причин и обстоятельств, в каждом конкретном случае врач по гигиене труда должен самостоятельно сформулировать цель исследования, предусмотрев при этом наиболее показательные точки замеров, что позволит с необходимой корректностью обосновать гигиенические рекомендации.

5.4. Контрольные тесты

39. ШУМ КЛАССИФИЦИРУЮТ ПО ХАРАКТЕРУ СПЕКТРА И ПО ВРЕМЕНИ. К КАКОМУ РОДУ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОТНОСЯТСЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ "ШИРОКОПОЛОСНЫЙ" И "ТОНАЛЬНЫЙ":

1. Спектральным показателям.
2. Спектрально-временным показателям.
3. Временным (темпоральным) показателям.

40. ЧЕМ ХАРАКТЕРИЗУЕТСЯ ШИРОКОПОЛОСНЫЙ ШУМ:

1. Непрерывным спектром, шириной более одной октавы.
2. Изменением за смену на 9дБА.
3. Наличием в спектрах отдельных всплесков.

41. КАКИМ СПОСОБОМ МОЖНО ДОКАЗАТЬ, ЧТО ИЗМЕРЯЕМЫЙ ШУМ ОТНОСИТСЯ К ВЫСОКОЧАСТОТНОМУ (ВЧ), СРЕДНЕЧАСТОТНОМУ (СЧ) ИЛИ НИЗКОЧАСТОТНОМУ (НЧ):

1. По субъективному ощущению.
2. По замерам спектра среднегеометрических частот.
3. Сравнить разность показаний по шкалам дБ (А) и дБ (С).
4. Сравнить разность показаний по шкалам дБ (В) и дБ (С).

42. В КАКУЮ ГРУППУ ШУМОВ МОЖНО ОТНЕСТИ: КОЛЕБЛЮЩИЙСЯ, ПРЕРЫВИСТЫЙ И ИМПУЛЬСНЫЙ ШУМЫ:

1. Постоянным.
2. Тональным.
3. Непостоянным.
4. Широкополосным.

43. БОЛЬШИНСТВО ШУМОМЕРОВ ИМЕЮТ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ВРЕМЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ ШУМА. УКАЖИТЕ, ЗА КАКОЕ ВРЕМЯ БУДЕТ ИЗМЕРЕН ЗВУК ПО ШКАЛЕ: "БЫСТРО":

- 1 = 1 сек.
2. = 0.2 сек.
3. = 40 мсек.
4. = 20 мксек.

44. БОЛЬШИНСТВО ШУМОМЕРОВ ИМЕЮТ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ВРЕМЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ ШУМА. УКАЖИТЕ, ЗА КАКОЕ ВРЕМЯ БУДЕТ ИЗМЕРЕН ЗВУК ПО ШКАЛЕ "МЕДЛЕННО":

- 1 = 1 сек.
2. = 0.2 сек.
3. = 40 мсек.
4. = 20 мксек.

45. БОЛЬШИНСТВО ШУМОМЕРОВ ИМЕЮТ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ВРЕМЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ ШУМА. УКАЖИТЕ, ЗА КАКОЕ ВРЕМЯ БУДЕТ ИЗМЕРЕН ЗВУК ПО ШКАЛЕ "ПИК":

1 = 1 сек.

2. = 0.2 сек.

3. = 40 мсек.

4. = 20 мксек.

6. ПРОФИЛАКТИКА НЕБЛАГОПРИЯТНОГО ДЕЙСТВИЯ ШУМА

Планирование профилактических мероприятий по ограничению неблагоприятного действия производственного шума должно исходить из конкретных условий: величины превышения ПДУ, характера спектра и источников излучений. Для эффективной защиты работающих необходимо применение комплекса требований из технических, организационных, гигиенических и иных решений на всех стадиях проектирования, строительства и эксплуатации производственных предприятий, машин, оборудования.

Особое место в профилактике неблагоприятного действия шума принадлежит профилактическим медицинским осмотрам и прогностике расстройства слуха. Вопросы прогнозирования потерь слуха были подробно рассмотрены в разделе 4.3 (стр. 97). Задачи медицинских осмотров работников обсудим в последнем подразделе этой главы.

6.1. Общая схема защиты работника

Основой защиты здоровья трудоспособного населения в настоящее время являются гигиенические регламенты (нормативы) и социально-гигиенический мониторинг.

На рисунке 11 представлена схема общих мер по защите работника в гигиене труда. Они разделены на две группы: радикальные и паллиативные.

Радикальные мероприятия предполагают полное исключение неблагоприятного производственного воздействия. Практически, они означают закрытие существующего производства, его замену новым, менее опасным.

Радикальное устранение технологического процесса, оборудования рабочих мест как источников шума, например, не всегда реально. Особенностью профилактических мер такого порядка является длительность внедрения, зачастую невозможность осуществления в настоящее время.

Согласно ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ. "Оборудование производственное", уровни физических, химических, биологически опасных и вредных производственных факторов, генерируемых производственным оборудованием в рабочую зону должны соответствовать требованиям безопасности, требованиям нормативно-технической документации, утверждённой в установленном порядке.

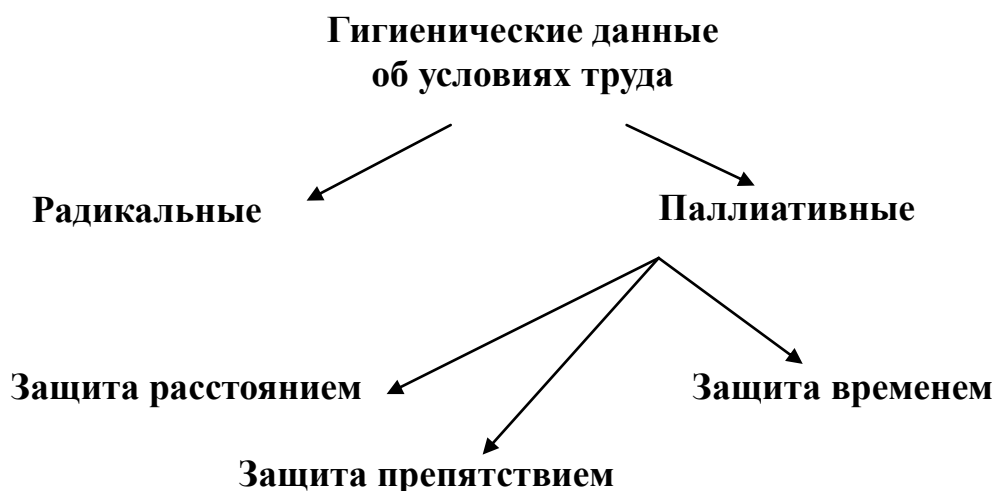


Рис. 11. Классификация общих мер защиты работников в гигиене труда

Если не удаётся полностью исключить неблагоприятное производственное воздействие, то следует применять другие средства – от защитных ограждений до бесплатной выдачи средств индивидуальной защиты. Эти мероприятия называются паллиативными. Их можно разделить на три вида: защита временем, препятствием, расстоянием.

Защита препятствием в шумном производстве реализуется в виде звукоизолирующих кабин, применением звукоизоляционных и звукопоглощающих материалов, что обязательно должно быть обосновано расчётами. К этому виду защиты также следует отнести средства индивидуальной защиты органов слуха.

Дистанционное управление шумными технологическими процессами является весьма важным профилактическим мероприятием, которое относится к категории "защита расстоянием". Практически, оно реализуется в организации пультов управления оборудованием в звукоизолированных помещениях. Однако их эффективность определена двумя обстоятельствами.

Во-первых - необходимостью периодического выхода работника в шумное помещение с целью контроля работы оборудования, устранения неполадок.

Во-вторых – внутренний шум в кабинах управления во многом зависит от уровня наружного.

Производственный шум чаще всего представляет собой низкочастотный шум, бороться с которым очень трудно. Расчёты шумопоглощения при интенсивных уровнях (более 100 дБА) в реальном исполнении оказываются ошибочными, поскольку как установили в специальных исследованиях, существует "энергетическая подпитка низкочастотного шума от высоких частот".

Так, в помещении газетного цеха был установлен звукоизолированный пульт управления машинами цветной печати "Унисет". Расчёт предусматривал обеспечение в помещении пульта уровень звука до 80 дБА при

наружном шуме более 100 дБА. На практике, в пульте уровни шума составляют 82-83 дБА.

Мероприятия по "защите временем" представляют собой организационные, зачастую на государственном уровне, решения. В частности, в шумном предприятии можно ограничить длительность рабочего дня, вахты. Режим работы машинистов, кочегаров и других работников, которые находятся в очень шумном помещении можно организовать таким образом, что получаемые ими дозы шума будут в допустимых пределах.

6.2. Меры по ограничению неблагоприятного действия шума

Комплекс мероприятий по ограничению вредного воздействия шума должен предусматривать (ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ):

- снижение параметров генерируемых шумов в источниках их образования конструктивными и технологическими мерами;
- снижение уровней шума по пути распространения от источника к рабочему месту;
- использование средств медико-биологической профилактики и медицинского обслуживания,
- рационализация режимов труда и отдыха.

Наиболее эффективный путь борьбы с шумом - снижение его в источнике возникновения за счёт применения рациональных конструкций, новых материалов и гигиенически обоснованных технологических процессов. Основными мероприятиями по снижению шума являются:

- звукоизоляция оборудования и инструментов с помощью глушителей, резонаторов, кожухов;
- звукоизоляция ограждающих конструкций, звукопоглощающая облицовка стен, потолков и полов;
- применение глушителей в системах вентиляции и кондиционирования воздуха, в оборудовании;

- акустически рациональные планировочные решения в проектировании зданий, помещений, сооружений;

- конструктивные мероприятия, направленные на уменьшение шума, в том числе от инженерного и санитарно-технического оборудования зданий.

На производственное оборудование, создающее шум, должны быть оформлены технические паспорта, в которых указывают шумовые характеристики этого оборудования, измеренные заводом-изготовителем.

С целью выявления причин повышенной шумности при санитарном обследовании необходимо обращать внимание на следующие моменты:

- изношенность оборудования;

- состояние крепления отдельных узлов и оборудования в целом к фундаменту, полу или ограждающим конструкциям зданий;

- состояние балансировки движущихся деталей агрегатов;

- наличие и состояние звукоизоляции ограждающих конструкций;

- состояние средств глушения при наличии выхлопа газовых или воздушных струй;

- недостаточность использования смазки вязкими веществами в местах трения и соударения деталей.

Когда технические способы не могут обеспечить требований нормативов, необходима правильная организация режима труда, ограничение времени действия шума и применение средств индивидуальной защиты. Действующее "Гигиенические критерии" Р. 2.2.2006-05 рекомендует увеличивать длительность перерывов в зависимости от уровня шума и его спектра, что показано в таблице 13.

До сих пор действует ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ. В нём перечислено до 400 технических мероприятий по снижению неблагоприятного воздействия шума. Приведём некоторые положения документа.

**Рекомендуемые дополнительные перерывы (в минутах)
при работах в шумных производствах**

Характеристика шума		Период рабочей смены			
Эквивалентные уровни звука (ДБА)	Частотная характеристика	Без противошумов		С противошумами	
		До обеда	После обеда	До обеда	После обеда
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
до 95	Низкочастотный	10	10	5	5
	Среднечастотный	10	10	10	10
	Высокочастотный	15	15	10	10
до 105	Низкочастотный	15	15	10	10
	Среднечастотный	15	15	10	10
	Высокочастотный	20	20	10	10
до 115	Низкочастотный	20	20	10	10
	Среднечастотный	20	20	10	10
	Высокочастотный	25	25	15	15
до 125	Низкочастотный	25	25	15	15
	Среднечастотный	25	25	15	15
	Высокочастотный	30	30	20	20

Средства и методы защиты от шума по отношению к защищаемому объекту подразделяются на средства и методы коллективной защиты, и средства индивидуальной защиты.

Средства коллективной защиты по отношению к источнику шума подразделяются на средства: (1) снижающие шум в источнике его возникновения и (2) снижающие шум на пути его распространения от источника до защищаемого объекта.

Средства, снижающие шум в источнике его возникновения, в зависимости от характера воздействия подразделяются на (1) средства, снижающие возбуждение шума и (2) средства, снижающие звукоизлучающую способность источника шума.

Средства, снижающие шум в источнике его возникновения, в зависимости от характера шумообразования подразделяются на:

- средства, снижающие шум вибрационного (механического) происхождения;

- средства, снижающие шум аэродинамического происхождения;

- средства, снижающие шум электромагнитного происхождения;

- средства, снижающие шум гидродинамического происхождения.

Средства, снижающие шум на пути его распространения, в зависимости от среды подразделяются на (1) средства, снижающие передачу воздушного шума и (2) средства, снижающие передачу структурного шума.

Средства и методы коллективной защиты от шума в зависимости от способа реализации подразделяются на (1) акустические, (2) архитектурно - планировочные, (3) организационно-технические.

Акустические средства защиты от шума в зависимости от принципа действия подразделяются на (1) средства звукоизоляции, (2) средства звукопоглощения, (3) средства виброизоляции, (4) средства демпфирования, (5) глушители шума.

Средства звукоизоляции в зависимости от конструкции подразделяются на (1) звукоизолирующие ограждения зданий и помещений, (2) звукоизолирующие кожуха, (3) звукоизолирующие кабины, (4) акустические экраны.

Средства звукопоглощения в зависимости от конструкции подразделяются на (1) звукопоглощающие облицовки, (2) объемные поглотители звука.

Средства виброизоляции в зависимости от конструкции подразделяются на (1) виброизолирующие опоры, (2) упругие (резиновые) прокладки, (3) конструкционные разрывы.

Средства демпфирования в зависимости от характеристики звука подразделяются на (1) линейные, (2) нелинейные. Также они подразделяются на (1) элементы с сухим трением, (2) элементы с вязким трением и (3) элементы с внутренним трением.

Глушители шума в зависимости от принципа действия подразделяются на (1) абсорбционные, (2) реактивные (рефлексные), (3) комбинированные.

Архитектурно-планировочные методы защиты от шума включают в себя:

1. Рациональные акустические решения планировок зданий и генеральных планов объектов.

2. Рациональное размещение технологического оборудования, машин и механизмов.

3. Рациональное размещение рабочих мест.

4. Рациональное акустическое планирование зон и режима движения транспортных средств и транспортных потоков.

5. Создание шумозащищенных зон в различных местах нахождения человека.

Организационно-технические методы защиты от шума включают в себя:

1. Применение малошумных технологических процессов (изменение технологии производства, способа обработки и транспортирования материала и др.).

2. Оснащение шумных машин средствами дистанционного управления и автоматического контроля.

3. Применение малошумных машин, изменение конструктивных элементов машин, их сборочных единиц.

4. Совершенствование технологии ремонта и обслуживания машин;

5. Использование рациональных режимов труда и отдыха работников на шумных предприятиях.

Средства индивидуальной защиты от шума в зависимости от конструктивного исполнения подразделяются:

- противошумные наушники, закрывающие ушную раковину снаружи.

- противошумные вкладыши, перекрывающие наружный слуховой проход или прилегающие к нему.

- противошумные шлемы и каски.

- противошумные костюмы.

Противошумные наушники по способу крепления на голове подразделяются на (1) независимые, имеющие жесткое и мягкое оголовье и (2) встроенные в головной убор или в другое защитное устройство.

Противошумные вкладыши по характеру применения, подразделяются на вкладыши многократного и однократного пользования.

Противошумные вкладыши в зависимости от применяемого материала, подразделяются на твердые, эластичные и волокнистые.

6.3. Особенности медицинского наблюдения за работниками, занятыми на рабочих местах с высокими уровнями шума

Необходимость организации медицинских осмотров, устанавливается статьёй 214 Трудового кодекса РФ - "Обязанности работника в области охраны труда". Работник обязан проходить обязательные предварительные (при поступлении на работу) и периодические (в течение трудовой деятельности) медицинские осмотры (обследования).

Статья 213 указанного документа практически классифицирует медицинские осмотры трудящихся в России:

1. Профессиональный осмотр – предназначен для определения годности к выполняемым обязанностям по должности.

2. Декретированный осмотр – средство профилактики распространения инфекционных заболеваний.

3. Диспансеризация – динамическое, углублённое медицинское наблюдение.

Лица, работающие в контакте с высокими уровнями шума, проходят только профессиональный осмотр, порядок которого в настоящее время обоснован тремя приказами министерства здравоохранения.

1. Приказ МЗ СССР № 555 от 29.09.1989 г. в части приложений № 11,12, которые регламентируют показатели пригодности к труду водителей транспорта.

2. Приказ Министерства здравоохранения и медицинской промышленности Российской Федерации от 14 марта 1996 г. № 90 "О порядке проведения предварительных и периодических медицинских осмотров и медицинских регламентах".

3. Приказ Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации от 16 августа 2004 г. № 83 "Об утверждении перечней вредных и (или) опасных производственных факторов и работ, при выполнении которых проводятся предварительные и периодические медицинские осмотры (обследования), и порядка проведения этих осмотров (обследований)".

Все лица, поступающие на работу или работающие при воздействии производственного шума, не зависимо от действующего уровня подлежат предварительным и периодическим осмотрам в лечебно-профилактических учреждениях с периодичностью не реже, чем 1 раз в 2 года.

Приказ № 90 в пункте 5.4 определяет перечень специалистов и противопоказаний при работе в контакте с производственным шумом. В осмотре участвуют - терапевт, невропатолог, оториноларинголог.

Работник подлежит аудиометрическому обследованию. Обязательно исследование крови (гемоглобин, лейкоциты, скорость оседания эритроцитов), а также рентгенография (флюорография). По показаниям исследуется вестибулярный анализатор. При наличии медицинских показаний к осмотрам следует привлекать и врачей других специальностей.

Противопоказаниями к приёму на работу с шумовым воздействием, служат: стойкое понижение слуха, хотя бы на одно ухо, любой этиологии; отосклероз и другие хронические заболевания с неблагоприятным прогнозом; нарушение функции вестибулярного аппарата любой этиологии, в том числе болезнь Миньера. Кроме того, надо руководствоваться и общими

медицинскими противопоказаниями к допуску на работу, связанную с опасными, вредными веществами производственными факторами.

Профессиональный отбор лиц для работы в шумных цехах является весьма важным профилактическим мероприятием. При профотборе следует учитывать ряд индивидуальных особенностей организма, наличие которых повышает риск возникновения профессиональных заболеваний, способствует их развитию в короткие сроки.

Экспериментальными исследованиями была показана чёткая зависимость между развитием тугоухости и исходным (до начала работы) состоянием слухового анализатора, что обусловило необходимость определения чувствительности слуха к воздействию шума. Как один из параметров, характеризующих индивидуальную чувствительность слухового анализатора к шуму, используется определение кратковременной слуховой адаптации.

Высокая чувствительность слуха к воздействию интенсивного производственного шума зависит от возраста, в котором человек начинает трудиться: наибольшие потери слуха возникают у лиц в возрасте 15-17 лет, а также 30 лет и старше. Поэтому для исключения риска повреждающего действия шума на орган слуха и наиболее правильного и рационального подбора кадров на рабочие места с высокими уровнями фактора не рекомендуется принимать лиц в возрасте моложе 18 лет и старше 35 лет, то есть в период физиологической перестройки слухового анализатора.

При проведении периодического медосмотра следует также учитывать факторы риска развития артериальной гипертонии, в частности, отягощённую наследственность в отношении сердечно-сосудистых заболеваний (артериальная гипертония, инсульт, инфаркт миокарда), избыточный вес, пограничное значение артериального давления. Данные, полученные в ходе периодического осмотра должны учитываться в дальнейшем при проведении диспансеризации.

Количественную оценку потерь слуха следует проводить по действующему ГОСТ 12.4.062-78.

Ведущими признаками для оценки слуховой функции приняты следующие показатели:

- пороги слуха в области восприятия речевых частот (500,1000,2000 Гц);
- потеря слуха в области 4000 Гц.

Критерием для установления профессионального кохлеарного неврита принят показатель средней арифметической величины снижения слуха в области речевого диапазона, равный 11 ДБ и более.

Учитывая, что одним из важнейших путей профилактики профессиональных заболеваний является их ранняя диагностика, следует рекомендовать схему трёхэтапного медицинского обследования работающих в условиях шумового воздействия, направленного на раннее выявление кохлеарного неврита.

В этой схеме первым этапом является периодический медосмотр. Его целью является тщательный отбор лиц с симптомами воздействия шума, нуждающихся в углублённом обследовании.

Второй этап предполагает проведение более глубокого обследования для выявления лиц с подозрением на профессиональную болезнь или нуждающихся в уточнении диагноза.

Третий - предусматривает обследование в специализированном стационаре (профцентр), где проводится экспертиза связи заболевания с условиями труда и установление диагноза профессионального заболевания. На этой же стадии определяются необходимые лечебно-профилактические и реабилитационные мероприятия.

6.4. Контрольные тесты

46. В ЧЁМ СОСТОИТ ОТЛИЧИЕ РАДИКАЛЬНЫХ И ПАЛЛИАТИВНЫХ МЕР ПРОФИЛАКТИКИ В ГИГИЕНЕ ТРУДА:

1. Нет отличий.
2. Радикальные меры решают вопросы профилактики наиболее полным образом, паллиативные – частично.

3. Радикальные и паллиативные меры профилактики неблагоприятного воздействия шума на работников дополняют друг друга.

4. Отличия в объеме проводимых профилактических мероприятий по борьбе с шумом и вибрацией.

47. УКАЖИТЕ ТРИ ГРУППЫ ПАЛЛИАТИВНЫХ ПРОФИЛАКТИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ В ГИГИЕНЕ ТРУДА:

1. Не знаю.

2. Защита работников "временем, препятствием, расстоянием".

3. Защита работников от действия шума санитарно-техническими мероприятиями.

4. Защита работников "временем, препятствием, расстоянием".

48. ИЗ ЧЕГО ДОЛЖЕН СОСТОЯТЬ НАИБОЛЕЕ ПОЛНЫЙ КОМПЛЕКС ПРОФИЛАКТИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ОГРАНИЧЕНИЮ НЕБЛАГОПРИЯТНОГО ВЛИЯНИЯ ШУМА НА РАБОТНИКОВ:

1. Санитарно-технических решений.

2. Архитектурно-планировочных решений.

3. Из снижения интенсивности шума в источниках и на путях распространения, использования средств медико-биологической профилактики и рациональных режимов труда и отдыха.

4. Санитарно-технические решения, акустическая защита и планировочные мероприятия.

49. УКАЖИТЕ СОДЕРЖАНИЕ АКУСТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ ОТ ШУМА:

1. Технические и архитектурные решения;

2. Звукоизоляция, звукопоглощение, виброизоляция, демпфирование, глушители;

3. Вентиляционные глушители, кожуха;

4. Ограждения, кожуха, глушители.

50. УКАЖИТЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОНЯТИЯ АРХИТЕКТУРНО - ПЛАНИРОВОЧНЫХ РЕШЕНИЙ ПО БОРЬБЕ С ШУМОМ:

1. Это ряд мероприятий, состоящих из рациональных режимов труда и отдыха, архитектурно - планировочных решений, санитарно-технических мероприятий.

2. Это рациональная планировка территорий, зданий и производственных помещений с размещением рабочих мест, рациональное планирование транспортных потоков, создание шумозащищённых зон.

3. Это рациональные средства индивидуальной, коллективной защиты работников от высоких уровней производственного шума.

4. Это комплекс мер защиты от шума технического и иного характера предназначенный для проектирования новых производств и реконструкции существующих.

51. УКАЖИТЕ, ИЗ ЧЕГО СОСТОЯТ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИЕ МЕРЫ ПО БОРЬБЕ С ШУМОМ НА ПРОИЗВОДСТВЕ:

1. Замена технологических схем производства на малошумные;
2. Применение малошумных технологий;
3. Применение малошумных технологических процессов, дистанционного управления, малошумных машин, совершенствование технологии и ремонта машин;
4. Замена шумящих блоков машин на малошумные устройства.

52. УКАЖИТЕ СПЕЦИФИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ СЛУХА:

1. Шапки-ушанки, очки-консервы, каски;
2. Рукавицы ХБ, КР, защитные очки;
3. Наушники, вкладыши, противושумные шлемы и каски, костюмы;
4. Сапоги, вяленые русские, кожаные ботинки, телогрейки.

53. КАКАЯ СТАТЬЯ ТРУДОВОГО КОДЕКСА ОПРЕДЕЛЯЕТ ОБЯЗАННОСТЬ РАБОТНИКА ПРОХОДИТЬ МЕДИЦИНСКИЙ ОСМОТР:

1. Статья 219;
2. Статьи 82, 89;
3. Статьи 219, 220, 223;
4. Статья 214.

54. РИСК РАЗВИТИЯ ПОРАЖЕНИЯ СЛУХА НАИБОЛЕЕ ВЕЛИК В СЛЕДУЮЩИХ ВОЗРАСТАХ:

1. Моложе 18 лет, старше 35 лет;
2. Моложе 12 лет, старше 55 лет;
3. Моложе 18 лет, старше 65 лет;
4. Моложе 25 лет, старше 45 лет.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная:

1. Измеров Н.Ф., Суворов Г.А. Физические факторы производственной среды. Гигиеническая оценка и контроль. Учебное пособие для слушателей системы последипломного образования врачей. М., "Медицина", 2003 г, 560 с.
2. Измеров Н.Ф., Суворов Г.А., Куролесин Н.А. и др. Физические факторы. Эколого-гигиеническая оценка и контроль: Практ. рук-во: В 2 т. М., 1999.
3. Красовский В.О., Максимов Г.Г. Гигиена труда при воздействии производственного шума: Учебное пособие – Уфа, Изд. БГМУ, 2008. - 156 с.
4. Ломов О.П. Гигиенические основы обитаемости кораблей и судов. – Л.: Судостроение, 1989 – 160 с.
5. Руководство к практическим занятиям по гигиене труда / Под редакцией профессора В.Ф. Кириллова. Издание второе, переработанное и дополненное. Учебное пособие для студентов медико-профилактических факультетов медицинских вузов. М., "Медицина", 2001 г., 400 с.
6. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда. (Руководство Р. 2.2.2006-05). Утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 29.07. 2005 г.
7. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых и общественных зданий и на территории жилой застройки: Санитарные нормы. - М.: Информационно-издательский центр Госкомсанэпиднадзора России, 1997, 20с. (СанПиН 2.2.4./2.1.8.526-96).

Дополнительная:

1. Андреева-Галанина Е.Ц., Алексеев С.В., Кадышкин А.В. и др. Шум и шумовая болезнь. – Л.: Медицина, 1972. – 303 с.
2. Борьба с шумом на производстве; Справочник /Е.Я. Юдин, Л.Б. Борисов, И.В. Горенштейн и др.; Под общей редакцией Е.Я. Юдина. – М.: Машиностроение, 1985. – 400 с.

3. ГОСТ 12.0.002-80 ССБТ. Термины и определения - Введ. 01.01.82 (Взамен ГОСТ 12.0.002-74) - М., Издательство стандартов, 1982. 5 с.
4. ГОСТ 12.1.005 - 88. ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. - Введ. 01.01.89 (Взамен ГОСТ 12.1.005-76). - М., Издательство стандартов, 1988. 75 с.
5. ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ Средства и методы защиты от шума. Классификация.- Введ. 01.01.81 (Переиздание: Апрель 2001 г.). - М.: Издательство стандартов, 1981. 7 с.
6. ГОСТ 12.1.050 - 86. ССБТ. Методы измерения шума на рабочих местах. - Введ. 01.01.87 (Взамен ГОСТ 20445-75). - М.: Издательство стандартов, 1986. 16 с.
7. ГОСТ 12.1003-83. ССБТ. Шум. Общие требования безопасности Введ. 01.07.84 (Взамен ГОСТ 12.1.003-76). - М.: Издательство стандартов, 1986. 9 с.
8. ГОСТ. 12.2.003-91 ССБТ Оборудование производственное. Общие требования безопасности.- Введ. 01.01.92 (Взамен ГОСТ 12.2.003-74). - М.: Издательство стандартов, 1991. 7 с.
9. Карпов Ю.В., Дворянцева Л.А. Защита от шума на предприятиях химической промышленности. – М.: Химия, 1991. – 120 с.
10. Колганов А.В. Гигиеническое обоснование нормативов информационно-энергетической модели непостоянного шума // Гигиена и санитария. - 1989. - № 10. - С.15 - 17
11. Контроль шума в промышленности: Предупреждение, снижение и контроль производственного шума в Англии: Перевод с английского/Под редакцией Дж. Д. Вебба – Л.; Судостроение, 1981, 312 с.,ил.
12. Приказ МЗиСР РФ от 12 апреля 2011 г. № 302н «Об утверждении перечней вредных и (или) опасных производственных факторов и работ, при выполнении которых проводятся предварительные и периодические медицинские осмотры (обследования), и порядка проведения обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров (обследований) работников, занятых на тяжелых работах и на работах с вредными и (или) опасными условиями труда».
13. Приказ МЗиСР РФ от 27 апреля 2012 г. № 417н «Об утверждении перечня профессиональных заболеваний»

14. Профессиональная гигиена: контроль за состоянием производственной среды и здоровье человека: Доклад комитета экспертов ВОЗ. - (серия техн. докладов, № 535). Всемирная организация здравоохранения, Женева, 1975.
15. Приказ МЗ РФ от 28 мая 2001г. № 176 «О совершенствовании системы расследования и учета профессиональных заболеваний в Российской Федерации» (в редакции приказа МЗиСР РФ от 15 августа 2011 г. № 918н)
16. Санитарно-гигиеническая характеристика условий труда: Учебное пособие / сост. Г.Г.Максимов, В.О.Красовский. – Уфа, Изд. БГМУ, 2003. - 136 с.
1. 17. СанПиН 2.2.2776-10 «Гигиенические требования к оценке условий труда при расследовании случаев профессиональных заболеваний»
17. Солецки Л. Оценка импульсного шума в промышленной кузнице. // Гигиена труда и профессиональные заболевания. – 1988. - № 12. – С. 22 – 24.
18. Старк Ю. Характеристика шума в различных отраслях промышленности и эффективность его ослабления противозумными наушниками. // Гигиена труда и профессиональные заболевания. – 1987. - № 3. – С. 14 – 17.
19. Суворов Г.А., Лихницкий А.М. Импульсный шум и его влияние на организм. – Л.: Медицина, 1975. – 206 с.
20. Суворов Г.А., Шкаринов Л.Н., Денисов Э.И. Гигиеническое нормирование производственных шумов и вибраций. - М.: Медицина, 1984, 240 с.
21. Суворов Г.А., Шкаринов Л.Н., Денисов Э.И., Шинев В.Г. Гигиеническое значение пиков распределения уровней непостоянного шума. // Гигиена труда и профессиональные заболевания. – 1987. - № 3. – С. 17 – 19.
22. Федеральный закон Российской Федерации от 28 декабря 2013 г. N 426-ФЗ "О специальной оценке условий труда"
23. Янг С., Эллисон А. Измерение шума машин: Перевод с английского. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 144 с.

ОТВЕТЫ НА КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ

№№	ОТВЕТ	№№	ОТВЕТ	№№	ОТВЕТ	№№	ОТВЕТ
1	2	1	2	1	2	1	2
1	2	16	4	31	2	46	2
2	1	17	2	32	3,4	47	2,4
3	2	18	1	33	2	48	3
4	2	19	4	34	4	49	2
5	1	20	3	35	1	50	2
6	1	21	2	36	1	51	3
7	2	22	3	37	3	52	3
8	1	23	1	38	1	53	4
9	3	24	3	39	1	54	1
10	2	25	1,2,3,4	40	1		
11	3	26	1	41	3		
12	1	27	2	42	3		
13	3	28	1,2,3	43	2		
14	1	29	1	44	1		
15	1	30	1	45	4		

Нормативы уровней производственного шума

Выписка из СанПиН 2.2.4./2.1.8.526-96 "Шум на рабочих местах, в помещениях жилых и общественных зданий и на территории жилой застройки:

Таблица 2Б - Предельно допустимые уровни звукового давления, уровни звука и эквивалентные уровни звука для основных наиболее типичных видов трудовой деятельности и рабочих мест.

№ №	Вид трудовой деятельности, рабочее место	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Экви- валент- ные уровни звука дБА
		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
/пп		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	дБА
1	Творческая деятельность, руководящая работа с повышенными требованиями, научная деятельность, конструирование и проектирование, программирование, преподавание и обучение, врачебная деятельность. Рабочие места в помещениях дирекции, проектно-конструкторских бюро, расчетчиков, программистов вычислительных машин, в лабораториях для теоретических работ и обработки данных, приема больных в здравпунктах	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50
2	Высококвалифицированная работа, требующая сосредоточенности, административно-управленческая деятельность, измерительные и аналитические работы в лаборатории; рабочие места в помещениях цехового управленческого аппарата, в рабочих комнатах конторских помещений, в лабораториях	93	79	70	68	58	55	52	52	49	60

№ №	Вид трудовой деятельности, рабочее место	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Эквива- лентные уровни звука дБА
		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
3	Работа, выполняемая с часто получаемыми указаниями и акустическими сигналами; работа, требующая постоянного слухового контроля; операторская работа по точному графику с инструкцией; диспетчерская работа. Рабочие места в помещениях диспетчерской службы, кабинетах и помещениях наблюдения и дистанционного управления с речевой связью по телефону; машинописных бюро, на участках точной сборки, на телефонных и телеграфных станциях, в помещениях мастеров, в залах обработки информации на вычислительных машинах	96	83	74	68	63	60	57	55	54	65
4	Работа, требующая сосредоточенности; работа с повышенными требованиями к процессам наблюдения и дистанционного управления производственными циклами. Рабочие места за пультами в кабинах наблюдения и дистанционного управления без речевой связи по телефону, в помещениях лабораторий с шумным оборудованием, в помещениях для размещения шумных агрегатов вычислительных машин	103	91	83	77	73	70	68	66	64	75
5	Выполнение всех видов работ (за исключением перечисленных в п.п. 1-4 и аналогичных им) на постоянных рабочих местах в производственных помещениях и на территории предприятий	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

№ №	Вид трудовой деятельности, рабочее место	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Эквивалентные уровни звука дБА
		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Подвижной состав железнодорожного транспорта											
6	Рабочие места в кабинах машинистов тепловозов, электровозов, поездов метрополитена, дизель-поездов и автомотрис	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80
7	Рабочие места в кабинах машинистов скоростных и пригородных электропоездов	103	91	83	77	73	70	68	66	64	75
8	Помещения для персонала вагонов поездов дальнего следования, служебных помещений, рефрижераторных секций, вагонов электростанций, помещений для отдыха багажных и почтовых отделений	93	79	70	63	58	55	52	50	49	60
9	Служебные помещения багажных и почтовых вагонов, вагонов-ресторанов	100	87	79	72	68	65	63	61	59	70
Морские, речные, рыбопромысловые и др. суда											
10	Рабочая зона в помещениях энергетического отделения судов с постоянной вахтой (помещения, в которых установлена главная энергетическая установка, котлы, двигатели и механизмы, вырабатывающие энергию и обеспечивающие работу различных систем и устройств)	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80
11	Рабочие зоны в центральных постах управления (ЦПУ) судов (звукоизолированные), помещениях, выделенных из энергетического отделения, в которых установлены контрольные приборы, средства индикации, органы управления главной энергетической установкой и вспомогательными механизмами	96	83	74	68	63	60	57	55	54	65

№ №	Вид трудовой деятельности, рабочее место	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Эквивалентные уровни звука дБА
		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
12	Рабочие зоны в служебных помещениях судов (рулевые, штурманские, багермейстерские рубки, радиорубки и др.)	89	75	66	59	54	50	47	45	44	55
13	Производственно-технологические помещения на судах рыбной промышленности (помещения для переработки объектов промысла рыбы, морепродуктов и пр.)	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80
Автобусы, грузовые, легковые и специальные автомобили											
14	Рабочие места водителей и обслуживающего персонала грузовых автомобилей	100	87	79	72	68	65	63	61	59	70
15	Рабочие места водителей и обслуживающего персонала (пассажиров) легковых автомобилей и автобусов	93	79	70	63	58	55	52	50	49	60
Сельскохозяйственные машины и оборудование, строительно-дорожные, мелиоративные и др. аналогичные виды машин											
16	Рабочие места водителей и обслуживающего персонала тракторов, самоходных шасси, прицепных и навесных сельскохозяйственных машин, строительно-дорожных и др. аналогичных машин	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80
Пассажирские и транспортные самолеты и вертолеты											
17	Рабочие места в кабинах и салонах самолетов и вертолетов: допустимые оптимальные	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80
		96	83	74	68	63	60	57	55	54	65

Примечания.

1. Допускается в отраслевой документации устанавливать более жесткие нормы для отдельных видов трудовой деятельности с учетом напряженности и тяжести труда в соответствии с таблицей 1.
2. Запрещается даже кратковременное пребывание в зонах с уровнями звукового давления свыше 135 дБ в любой октавной полосе.

Красовский Владимир Олегович
Максимов Геннадий Григорьевич
Овсянникова Людмила Борисовна

**Гигиена труда при воздействии
производственного шума**
Учебное пособие
(2-е издание, переработанное и дополненное)

Лицензия № 0177 от 10.06.96 г.
Подписано к печати 16.04.2014 г.
Отпечатано на ризографе с готового оригинал-макета,
представленного авторами.
Формат 60x84 ¹/₁₆. Усл.-печ. л. 8,31.
Тираж 35 экз. Заказ № 43

450000, г. Уфа, ул. Ленина, 3,
Тел.: (347) 272-86-31
ГБОУ ВПО БГМУ Минздрава России