

1.3. Техногенные опасности

Техногенные опасности – самый распространенный вид опасностей в современном мире. При анализе их целесообразно классифицировать:

- по времени действия – на постоянно (периодически) и спонтанно (чрезвычайно) действующие;
- по размерам сфер влияния – на местные или локальные (человек, группа людей), региональные и глобальные.

1.3.1. Постоянные локально действующие опасности

Постоянные локально действующие опасности, как правило, возникают от избыточных материальных или энергетических потоков (выбросы вредных веществ, шумы, вибрации, ЭМП и т. п. на рабочих местах, в зоне эксплуатации средств транспорта и связи, других объектов экономики). Их влияние характеризуется длительным, а иногда и сочетанным действием различных факторов.

Вредные вещества

К вредным относят вещества и соединения (далее – вещество), которые при контакте с организмом человека могут вызывать заболевания как в процессе контакта, так и в отдаленные сроки жизни настоящих и последующих поколений. Опасность вещества – это возможность возникновения неблагоприятных для здоровья эффектов в реальных условиях производства или иного применения химических соединений.

Химические вредные вещества (органические, неорганические, элементоорганические) в зависимости от их практического использования подразделяются на следующие виды:

- промышленные яды, используемые в производстве, например органические растворители (дихлорэтан), топливо (пропан, бутан), красители (анилин);
- ядохимикаты, используемые в сельском хозяйстве, например пестициды;
- бытовые химикаты, используемые в виде средств санитарии, личной гигиены;
- биологические растительные и животные яды, которые содержатся в растениях и грибах, у животных и насекомых (змей, пчел, скорпионов);
- отравляющие вещества (ОВ), например зарин, иприт, фосген.

Токсическое действие вредных веществ характеризуется показателями токсикометрии, в соответствии с которыми вещества подразделяют на чрезвычайно токсичные, высокотоксичные, умеренно токсичные и малотоксичные.

Эффект токсического действия различных веществ зависит от количества попавшего в организм вещества, его физических свойств, длительности поступления, химизма взаимодействия с биологическими средами (например, кровью).

Кроме того, эффект зависит от пола, возраста, индивидуальной чувствительности, путей поступления и выведения, распределения в организме, а также от метеорологических условий и других сопутствующих факторов окружающей среды. Общая токсикологическая классификация вредных веществ приведена в табл. 1.4.

Токсический эффект при действии различных доз и концентраций ядов может проявиться функциональными и структурными изменениями или гибелью организма.

Летальные дозы DL при введении в желудок или в организм другими путями и смертельные концентрации CL могут вызывать единичные случаи гибели (минимальные смертельные) или гибель всех организмов. В качестве показателей токсичности пользуются среднесмертельными дозами и концентрациями:

DL₅₀, CL₅₀ – это показатели абсолютной токсичности. Среднесмертельная концентрация вещества в воздухе CL₅₀ – это концентрация вещества, вызывающая гибель 50 % подопытных животных при 2–4-часовом ингаляционном воздействии (мг/м³); среднесмертельная доза при введении в желудок (мг/кг) обозначается как DL₅₀^ж, среднесмертельная доза при нанесении на кожу (мг/кг) – DL₅₀^к.

Таблица 1.4

Токсикологическая классификация вредных веществ

| Токсичные вещества | Общее токсикологическое действие |
|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Фосфорорганические инсектициды (хлорофос, карбофос, никотин, ОВ и др.) | Нервно-паралитическое действие (бронхоспазм, удушье, судороги и параличи) |
| Дихлорэтан, гексахлоран, укусовая эссенция, мышьяк и его соединения, ртуть (сулема) | Кожно-резорбтивное действие (местные воспалительные и некротические изменения с общетоксическими резорбтивными явлениями) |
| Синильная кислота и ее производные, угарный газ, алкоголь и его суррогаты | Общетоксическое действие (гипоксические судороги, кома, отек мозга, параличи) |
| ОВ, оксиды азота | Удушающее действие (токсический отек легких) |
| Пары крепких кислот и щелочей, хлор-пиктин, ОВ | Слезоточивое и раздражающее действие (раздражение наружных слизистых оболочек) |
| Наркотики | Психотическое действие (нарушение психической активности, сознания) |

Отравления (интоксикации) протекают в острой, подострой и хронической формах.

Острый называется интоксикация, развивающаяся в результате однократного или повторного действия веществ в течение ограниченного периода времени (как правило, до нескольких суток).

Подострой называется интоксикация, развивающаяся в результате непрерывного или прерываемого во времени (интермитирующего) действия токсиканта продолжительностью до 90 суток.

Хронической называется интоксикация, развивающаяся в результате продолжительного (иногда годы) действия токсиканта.

Острые отравления чаще бывают групповыми и происходят в результате аварий, поломок оборудования и грубых нарушений требований безопасности труда. Они характеризуются кратковременностью действия токсичных веществ не более чем в течение одной смены; поступлением в организм вредного вещества в относительно больших количествах – при высоких концентрациях в воздухе; ошибочном приеме внутрь; сильном загрязнении кожных покровов.

Например, чрезвычайно быстрое отравление может наступить при воздействии паров сероводорода высоких концентраций и закончиться гибелью от паралича дыхательного центра. Оксиды азота вследствие общетоксического действия могут вызвать развитие комы, судороги, резкое падение артериального давления.

Хронические отравления возникают постепенно, при длительном поступлении яда в организм в относительно небольших количествах. Также отравления развиваются вследствие накопления массы вредного вещества в организме.

Хронические отравления органов дыхания могут быть следствием перенесенной однократной или нескольких повторных острых интоксикаций. К ядам, вызывающим хронические отравления, относятся хлорированные углеводороды, бензол, бензины и др.

Опасность воздействия вредного вещества наступает при превышении его предельно допустимой концентрации – ПДК (дозы) ($C > \text{ПДК}$) во вдыхаемом воздухе (попадание в желудок).

ПДК – это *максимальная концентрация вредного вещества, которая за определенное время воздействия не влияет на здоровье человека и его потомство, а также на компоненты экосистемы и природное сообщество в целом.*

Порог вредного действия (однократного острого Lim_{ac} или хронического Lim_{ch}) – это минимальная (пороговая) концентрация (доза) вещества, при действии которой в организме возникают изменения биологических показателей на организменном уровне, выходящие за пределы приспособительных реакций, или скрытая (временно компенсированная) патология.

На рис. 1.8 показана зависимость вида вредного воздействия вещества от параметров токсикометрии.

О реальной опасности острого отравления можно судить по отношению $\text{CL}_{50}/\text{Lim}_{ac}$: чем меньше это отношение, тем выше опасность острого отравления.

Показателем реальной опасности развития хронической интоксикации является отношение пороговой концентрации (дозы) при однократном воздействии Lim_{ac} к пороговой концентрации (дозе) при хроническом воздействии: $\text{Lim}_{ac}/\text{Lim}_{ch}$. Чем больше отношение $\text{Lim}_{ac}/\text{Lim}_{ch}$, тем выше опасность.

Классификация вредных веществ по степени опасности приведена в табл. 1.5.

Большинство случаев заболеваний и отравлений связано с поступлением токсических газов, паров и аэрозолей в организм человека главным образом через органы дыхания. Этот путь наиболее опасен, поскольку вредные вещества поступают через разветвленную систему легочных альвеол непосредственно в кровь и разносятся по всему организму. Развитие общетоксического действия аэрозолей в значительной степени связано с размером частиц пыли, так как пыль с частицами до 5 мкм (так называемая респирабельная фракция) проникает в глубокие дыхательные пути, в альвеолы, частично или полностью растворяется в лимфе и, поступая в кровь, вызывает интоксикацию.

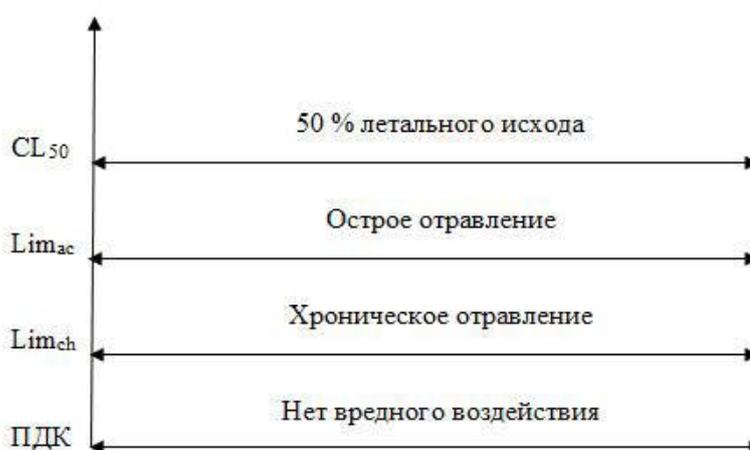


Рис. 1.8. Зависимость вида вредного воздействия вещества от параметров токсикометрии

Таблица 1.5

Классификация вредных веществ

| Показатель | Класс опасности | | |
|--------------------------------------------------------------------------------|-----------------|----------|------------|
| | 1-й | 2-й | 3-й |
| ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зон, мг/м ³ | Менее 0,1 | 0,1–1,0 | 1,1–10 |
| Средняя смертельная доза при введении в желудок, мг/кг | Менее 15 | 15–150 | 151–5000 |
| Смертельная доза при нанесении на кожу, мг/кг | Менее 100 | 100–500 | 501–2500 |
| Средняя смертельная концентрация CL ₅₀ в воздухе, мг/м ³ | Менее 500 | 500–5000 | 5001–50000 |

Попадание ядов в желудочно-кишечный тракт возможно при несоблюдении правил личной гигиены: приеме пищи и курении без предварительного мытья рук. Ядовитые вещества могут всасываться уже из полости рта, поступая 50 % летального исхода сразу в кровь. К таким веществам относятся все жирорастворимые соединения, фенолы, цианиды.

Кислая среда желудка или слабощелочная среда кишечника могут способствовать усилению токсичности некоторых соединений (например, сульфат свинца переходит в более растворимый хлорид свинца, который легко всасывается). Попадание яда (ртути, меди, цезия, урана) в желудок может быть причиной поражения его слизистой оболочки.

Вредные вещества могут попадать в организм человека через поврежденные кожные покровы, причем не только из жидкой среды при контакте с руками, но и в случае высоких концентраций токсических паров и газов в воздухе.

Для гигиенической оценки изолированного действия вредного вещества на человека обычно используется соотношение $C < \text{ПДК}$.

На производстве и в окружающей среде редко встречается изолированное действие вредных веществ. Обычно работающий на производстве подвергается комбинированному влиянию факторов одной природы, чаще – ряду химических веществ. Комбинированное действие – это одновременное или последовательное действие на организм нескольких ядов при одном и том же пути поступления.

Различают три возможных эффекта комбинированного воздействия.

1. **Суммация (аддитивность)** – явление суммирования эффектов, индуцированных комбинированным действием. Аддитивность характерна для веществ однонаправленного действия, когда компоненты смеси оказывают влияние на одни и те же системы организма, причем при количественно одинаковой замене компонентов друг другом токсичность смеси не меняется.

Примером аддитивности является наркотическое действие смеси углеводородов (бензола и изопропилбензола).

Для гигиенической оценки воздушной среды при условии аддитивного действия ядов используют формулу

$$\sum_{i=1}^n \frac{C_i}{\text{ПДК}_i} \leq 1$$

где c_1, c_2, \dots, c_n – концентрации каждого вещества в воздухе, мг/м³; ПДК₁, ПДК₂, ..., ПДК_n – предельно допустимые концентрации этих веществ, мг/м³.

2. **Потенцированное действие (синергизм)**, при котором компоненты смеси действуют так, что одно вещество усиливает действие другого. Эффект комбинированного действия при синергизме выше аддитивного, и это учитывается при анализе гигиенической ситуации в конкретных производственных условиях.

Потенцирование отмечается при совместном действии диоксида серы и хлора.

Алкоголь повышает опасность отравления анилином, ртутью и некоторыми другими промышленными ядами. Явление потенцирования обычно проявляется в случае острого отравления.

3. **Антагонистическое действие** наблюдается, когда эффект комбинированного действия вещества менее ожидаемого. Компоненты смеси действуют так, что одно вещество ослабляет действие другого, эффект – менее аддитивного.

Примером может служить обезвреживающее взаимодействие между эзерином и атропином.

При потенцированном и антагонистическом действии оценку суммарного эффекта можно проводить с учетом коэффициента комбинированного действия X_i по формуле

$$\sum_{i=1}^n \frac{C_i X_i}{\text{ПДК}_i} \leq 1$$

где X_i – поправка, учитывающая эффект; $X_i > 1$ при потенцировании; $X_i < 1$ – при антагонизме; 1, 2, ..., n – номер вещества.

Наряду с комбинированным влиянием ядов возможно их комплексное действие, когда яды поступают в организм одновременно, но разными путями (через органы дыхания и желудочно-кишечный тракт, органы дыхания и кожу и т. д.).

На производстве возможно также сочетанное действие на работающих вредных факторов разной природы (физических, химических). Например, вредных веществ и избыточной теплоты или повышенной влажности.

Зоны воздействия вредных веществ различны. В производственных и бытовых условиях они, как правило, ограничены размерами помещения (цех, участок) или контурами рабочего места. В условиях поступления вредных веществ на производственные площадки, территории селитебных, городских и природных зон их влияние определяется параметрами процесса рассеивания веществ в атмосферном воздухе с учетом реальной территориальной обстановки, изменения мощности выбросов веществ по времени и т. п. Расчет рассеивания вредных веществ в атмосферном воздухе приведен в Методике расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий (ОНД-86).

Вибрации

Вибрации – малые механические колебания, возникающие в упругих телах. В зависимости от способа передачи колебаний человеку вибрацию подразделяют на общую, передающуюся через опорные поверхности на тело сидящего или стоящего человека, и локальную, передающуюся через руки человека.

Вибрация, воздействующая на ноги сидящего человека, на предплечья, контактирующие с вибрирующими поверхностями рабочих столов, также относится к локальной.

Общую вибрацию рассматривают в частотном диапазоне со среднегеометрическими частотами 1–63 Гц, а локальную – 8–1000 Гц. По направлению действия общую вибрацию подразделяют на **вертикальную**, направленную перпендикулярно опорной поверхности, и **горизонтальную**, действующую в плоскости, параллельной опорной поверхности.

Вибрация оказывает на организм человека разноплановое действие в зависимости от спектра, направления, места приложения и продолжительности воздействия вибрации, а также от индивидуальных особенностей человека.

Например, вибрация с частотами ниже 1 Гц вызывает укачивание (морскую болезнь), а слабая гармоническая вибрация с частотой 1–2 Гц вызывает сонливое состояние. Частоты вибрации и соответствующие вредные действия на человека представлены в табл. 1.6.

На рис. 1.9 приведена модель тела человека, состоящая из масс, пружин и демпферов. В такой модели отдельные части тела характеризуются собственными частотами колебаний. При совпадении частоты возбуждения системы с ее собственной частотой возникает явление резонанса, при котором амплитуда колебаний резко возрастает. Так, резонанс органов брюшной полости наблюдается при частотах 4–8 Гц, голова оказывается в резонансе на частоте 25 Гц, а глазные яблоки – на частоте 50 Гц.

Таблица 1.6

Симптомы и частотные диапазоны вредного воздействия вибрации на человека

| Симптомы действия вибрации | Частота, Гц | | | | | |
|------------------------------------------------|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 10^{-1} | 10^0 | 10^1 | 10^2 | 10^3 | 10^4 |
| Укачивание | ■ | | | | | |
| Резонансные колебания тела | | ■ | ■ | | | |
| Затрудненное дыхание | | ■ | ■ | | | |
| Влияние на зрение | | ■ | ■ | | | |
| Влияние на сердечно-сосудистую систему | | ■ | ■ | ■ | | |
| Ухудшение координации рук и опоры на ступни | | ■ | ■ | | | |
| Ухудшение качества работы человека – оператора | | ■ | ■ | | | |
| Нагревание тканей, разрушение клеток | | | | ■ | ■ | |

Во входящих в резонанс органах нередко появляются болезненные ощущения, связанные, в частности, с растягиванием соединительных образований, поддерживающих вибрирующий орган.

Воздействие вибрации на человека имеет негативные последствия, что послужило основанием для выделения вибрационной болезни в качестве самостоятельного заболевания. Симптомы вибрационной болезни многогранны и проявляются в нарушении работы сердечно-сосудистой и нервной систем, поражении мышечных тканей и суставов, нарушении функций опорно-двигательного аппарата.

Колебания сидящего человека на частотах 8–10 Гц являются причиной широкого распространения заболеваний позвоночника. Так, у водителей-профессионалов автомобилей, трактористов, пилотов самолетов грыжи межпозвоночных дисков встречаются в несколько раз чаще, чем у лиц сидячих профессий, не подвергающихся вибрации.

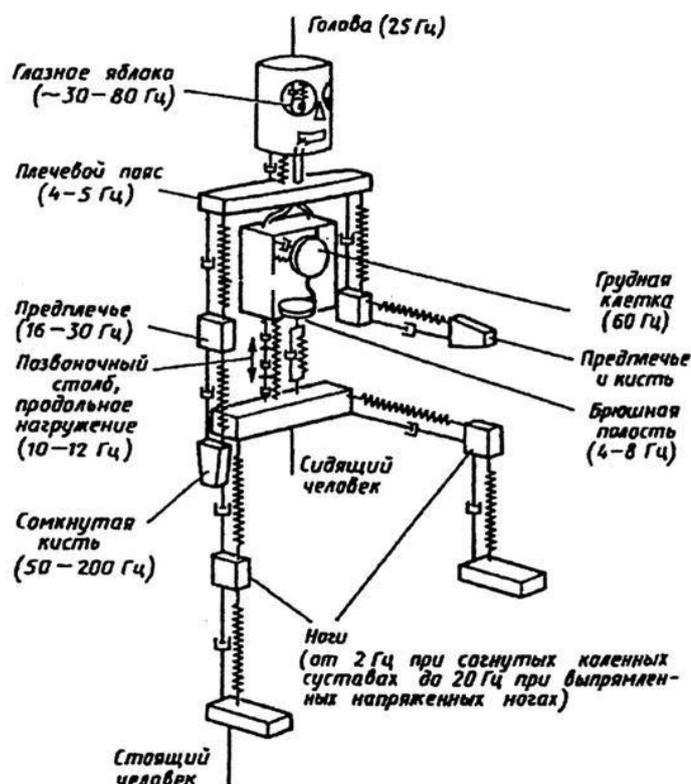


Рис. 1.9. Модель тела человека и резонансы отдельных его частей

При работе с ручными машинами на тело человека через руки передается локальная вибрация. Локальная вибрация может вызывать в организме человека эффекты общего характера типа головной боли, тошноты и т. д., но главное – она воздействует на процесс кровообращения и на нервные окончания в пальцах рук. Это, в свою очередь, вызывает побеление пальцев, потерю их чувствительности, онемение, ощущение покалывания. Данные явления усиливаются на холоде, но на первых порах относительно быстро проходят. При длительном воздействии вибрации патология может стать необратимой и привести к необходимости смены профессии. В особо запущенных случаях может иметь место даже гангрена.

Сроки появления симптомов вибрационной болезни зависят от уровня и времени воздействия вибрации в течение рабочего дня. Так, у формовщиков, бурильщиков, рихтовщиков заболевание начинает развиваться через 8–12 лет работы.

Воздействие ручных машин на человека зависит от многих факторов: типа машины (ударные машины более опасны, чем машины вращательного типа), твердости обрабатываемого материала, направления вибрации, силы обхвата инструмента. Вредное воздействие вибрации усугубляется при мышечной нагрузке, неблагоприятных условиях микроклимата (пониженная температура и повышенная влажность).

С проблемой вибрации сталкиваются и в быту, когда, например, жилой дом располагается у железной дороги, автострады или когда в его подвальных помещениях размещается какое-либо технологическое оборудование.

Механизм, с помощью которого движущийся поезд (рис. 1.10) возбуждает вибрации грунта, основан на возникновении динамических сил между колесом и рельсом из-за неровностей на поверхностях качения. В интервале эксплуатационной скорости движения поездов от 30 до 110 км/ч спектр вибрации, передаваемой грунту, сосредоточен в частотном диапазоне 10–250 Гц.

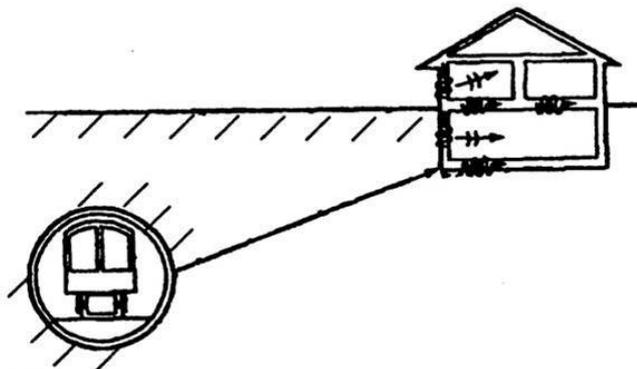


Рис. 1.10. Распределение вибраций от поезда метрополитена по грунту

Вибрирующую систему можно охарактеризовать следующими параметрами:

x – вибросмещение, т.е. наибольшее отклонение колеблющейся точки от положения равновесия; v – виброскорость (dx/dt); a – виброускорение (dv/dt); T – период колебаний; f – частота колебаний.

Смещение точки относительно положения равновесия (x) в любой момент времени для гармонического колебания можно записать в виде

$$x = A \sin(\omega\tau + \varphi),$$

где ω – угловая частота колебаний; τ – время; φ – начальная фаза.

Тогда виброскорость (v) и виброускорение (a) – важнейшие параметры, характеризующие вибрацию, соответственно будут иметь следующий вид:

$$v = dx / dt = A\omega \cos(\omega\tau + \varphi),$$

$$a = dv/dt = -A\omega^2 \sin(\omega\tau + \varphi).$$

Из этих выражений следует, что максимальные значения скорости и ускорения колебательного движения (вибрации) соответственно примут вид

$$v_{\max} = 2\pi fA; \quad a_{\max} = 2\pi f v_{\max}.$$

Если вибрации имеют несинусоидальный характер, то их можно представить в виде суммы синусоидальных (гармонических) составляющих с помощью разложения в ряд Фурье.

При анализе вибрации обычно рассматривают не амплитудные, а средние квадратические значения w , определяемые осреднением по времени колеблющейся величины $w(t)$ на отрезке T :

$$w = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T w^2(t) dt}$$

Поскольку значения параметров вибрации могут изменяться в широких пределах, то на практике часто используются логарифмические уровни вибрации. Логарифмическая единица называется бел (Б), а ее десятая часть – децибел (дБ). При этом логарифмический уровень виброскорости (виброускорения) (дБ) определяется по формулам

$$L_w = 10 \lg (w^2 / w_0^2) = 20 \lg w / w_0,$$

$$L_a = 10 \lg (a^2 / a_0^2) = 20 \lg a / a_0,$$

где w_0 – пороговое значение виброскорости, $w_0 = 5 \cdot 10^{-8}$ м/с; a_0 – пороговое значение виброускорения, равное $a_0 = 10^{-6}$ м/с² при $f = 1000$ Гц.

При анализе вибрации с широким спектром целесообразно разбить ось частот на отрезки (полосы частот) и вычислять уровни вибраций для каждой такой полосы. С этой целью используются специальные фильтры, полоса пропускания которых определяется граничными частотами нижней f_n и верхней f_v . Как правило, это октавные фильтры, для которых отношение $f_v / f_n = 2$, или третьоктавные фильтры с полосой в три раза более узкой.

Частотная полоса характеризуется среднегеометрической частотой $f_{сг}$, которая определяется по формуле

$$f_{сг} = \sqrt{f_n f_v}.$$

Для октавных полос получены следующие значения среднегеометрических частот: $f_{сг} = 1; 2; 4; 8; 16; 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000$ Гц. Верхние и нижние частоты октавных полос определяются следующими соотношениями:

$$f_n = f_{сг} / \sqrt{2} \quad \text{и} \quad f_v = \sqrt{2} f_{сг}$$

Акустический шум

Механические колебания создают слуховое восприятие, когда их частота лежит в области 16–20000 Гц.

Под *звуковым давлением* понимают разность между мгновенным значением давления в данной точке пространства, где распространяется звук, и средним значением давления в невозмущенной среде. Органом слуха воспринимается среднеквадратичная величина звукового давления \bar{p}^2 за период осреднения $T = 30\text{--}100$ мс.

При распространении звука происходит перенос энергии. Энергетической характеристикой звука является интенсивность (мощность звука) в любой точке – поток энергии, приходящейся на единичную площадку в направлении, нормальном распространению звуковой волны [Вт/м²].

Интенсивность звука связана со звуковым давлением следующим соотношением:

$$J = \frac{p^2}{\rho c}$$

где J – интенсивность звука, Вт/м²;

\bar{p}^2 – среднеквадратичное звуковое давление;

ρ – плотность среды, в которой распространяется звук;

c – скорость звука в этой среде.

Слуховое восприятие изображается на диаграмме нанесением величин звукового давления, при которых на каждой частоте возникает ощущение звука, и обозначается как *кривая порога слышимости* (рис. 1.11).

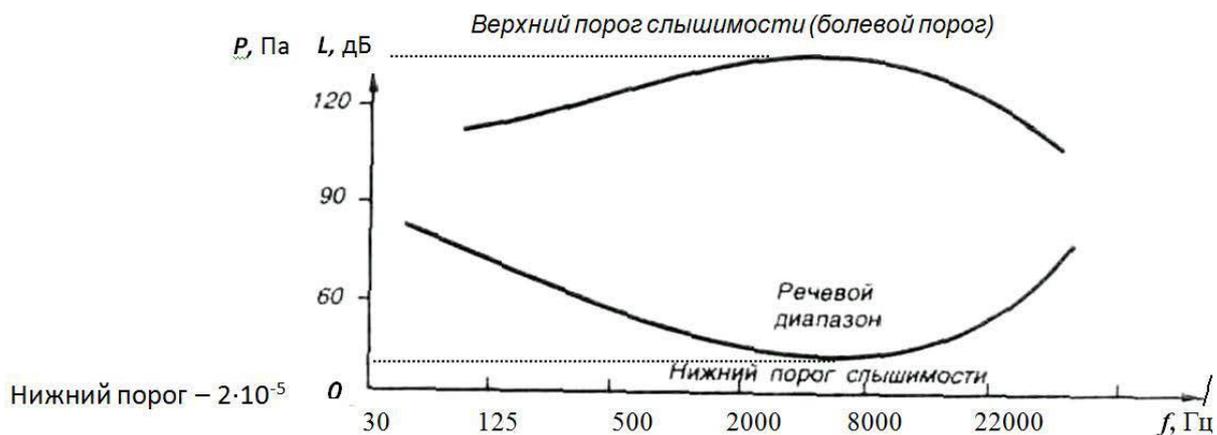


Рис. 1.11. Диаграмма области слухового восприятия

Одна из важных особенностей слуховой сенсорной системы, имеющая прямое отношение к безопасности, – ее способность распознавать местонахождение источника звука без поворота головы. Это явление называется бинауральным эффектом. Физическая основа такой способности

в том, что, распространяясь с конечной скоростью, звук достигает более удаленного уха позже и с меньшей силой; слуховая система способна выявить эту разницу уже на уровне 1 дБ, а запаздывание – на уровне 0,6 мс. Бинауральный слух имеет и иную, более важную для ориентации в пространстве, функцию: он помогает анализировать акустическую информацию в присутствии посторонних шумов. «Межушные» различия в интенсивности и направленности поступления сигналов используются центральной нервной системой для подавления фонового шума и выделения полезных звуков (например, позволяют сосредоточиться на нужном разговоре на многолюдном собрании).

Воздействия шума на человека можно условно подразделить:

– на **специфические (слуховые)** – воздействие на слуховой анализатор, которое выражается в слуховом утомлении, кратковременной или постоянной потере слуха, ухудшении четкости речи и восприятия акустических сигналов;

– **системные (внеслуховые)** – воздействие на отдельные системы и организм в целом (на заболеваемость, сон, психику). Под влиянием шума у людей изменяются показатели переработки информации, снижается темп и ухудшается качество выполняемой работы.

Частотный диапазон слышимых человеком звуков – 16–20000 Гц. Звук с частотой ниже 16 Гц называют **инфразвуком**, выше 20000 Гц – **ультразвуком** (до 10^9 Гц), в диапазоне 10^9 – 10^{13} Гц – **гиперзвуком**.

Поскольку органы слуха человека обладают неодинаковой чувствительностью к звуковым колебаниям различной частоты, при гигиенической оценке шума весь частотный диапазон 16–20000 Гц разбивают на октавные полосы (октавы).

Октава – полоса частот с границами $f_1 - f_2$, где $f_2/f_1 = 2$.

Среднегеометрическая частота – $f_{с.г} = \sqrt{f_1 f_2}$.

Согласно ГОСТ 12.1.003–83* ССБТ «Шум. Общие требования безопасности», весь частотный диапазон слышимых звуков разбит на 9 октавных полос: 22,5–45; 45–90; 90–180; от 180–360 до 5600–11200 Гц со среднегеометрическими частотами соответственно: 31,5; 63; 125; 250–8000 Гц.

Спектр шума – распределение уровней звукового давления по октавным полосам. Спектр представляется либо в виде таблицы, либо в виде графика.

При оценке шума используют логарифмический показатель, который называется уровнем интенсивности:

$$L_J = \lg \frac{J}{J_0}$$

причем размерность этой величины «бел» названа по имени изобретателя телефона А. Белла (1847–1922). Получила распространение более мелкая

единица измерения: одна десятая часть бела – децибел (1 дБ = 0,1 Б), при этом выражение для уровня интенсивности примет вид

$$L_J = 10 \lg \frac{J}{J_0}$$

где L_J – уровень интенсивности звука, дБ;

J – интенсивность в точке измерения, Вт/м²;

J_0 – интенсивность, соответствующая порогу слышимости,

$J_0 = 10^{-12}$ Вт/м².

При гигиенической оценке и нормировании шума используется показатель – уровень звукового давления:

$$L_P = 20 \lg \frac{P}{P_0}$$

где L_P – уровень звукового давления, дБ;

P – звуковое давление в точке измерения, Па;

P_0 – пороговое значение, $P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па.

Значения L_J и L_P численно совпадают при нормальных физических условиях.

В производственном помещении обычно бывает несколько источников шума. Суммарный уровень звукового давления нескольких различных источников звука определяется по формуле, дБ,

$$L = 10 \lg [10^{(L_1/10)} + 10^{(L_2/10)} + \dots + 10^{(L_n/10)}],$$

где L_1, L_2, \dots, L_n – уровни звукового давления, создаваемые каждым из источников звука в исследуемой точке пространства, дБ.

Суммарный уровень шума от одинаковых по своему уровню источников определяется по формуле

$$L_\Sigma = L_i + 10 \lg n,$$

где L_i – уровень звукового давления одного источника, дБ;

n – количество источников шума.

Например, два одинаковых источника совместно создадут уровень на 3 дБ больше, чем каждый источник.

Суммарный уровень шума от двух различных по своему уровню источников можно определить по формуле

$$L_\Sigma = L_{\max} + \Delta L,$$

где L_{\max} – максимальный уровень звукового давления одного из двух источников;

ΔL – поправка, зависящая от разности между максимальным и минимальным уровнем звукового давления в соответствии с табл. 1.7.

Таблица 1.7

Значение поправки ΔL при сложении уровней шума

| | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------------------------------------|---|-----|-----|-----|-----|-----|---|-----|-----|-----|
| Разность слагаемых уровней $L_1 - L_2$, дБ | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 10 |
| Добавка ΔL , прибавляемая к большему из уровней L_1 , дБ | 3 | 2,5 | 2,2 | 1,8 | 1,5 | 1,2 | 1 | 0,8 | 0,6 | 0,4 |

Пользуясь табл. 1.7, можно определить суммарный уровень звукового давления нескольких различных источников звука, складывая их попарно последовательно следующим образом. По разности двух уровней L_1 и L_2 определяют добавку ΔL , которую прибавляют к большему уровню L_1 , в результате чего получают уровень $L_{1,2} = L_1 + \Delta L$. Уровень $L_{1,2}$ суммируется таким же образом с уровнем L_3 , и получают уровень $L_{1,2,3}$ и т.д. Окончательный результат $L_{\text{сум}}$ округляют до целого числа децибел.

Метод расчета применим в тех случаях, когда имеются данные об уровнях и продолжительности воздействия шума на рабочем месте, в рабочей зоне или различных помещениях. Эквивалентный уровень звука рассчитывается с использованием поправок на время действия каждого уровня звука, определяемых по табл. 1.8.

Расчет производится следующим образом. К каждому измеренному уровню звука добавляется (с учетом знака) поправка по табл. 1.7, соответствующая его времени действия (в часах или процентах от общего времени действия).

Затем полученные уровни звука складываются, как описано выше.

Таблица 1.8

Значение поправок на время действия шума

| | | | | | | | | | | | | |
|--------------|-----|------|------|------|----|----|------|----|----|-----|--------|-------|
| Время | час | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0,5 | 15 мин | 5 мин |
| | % | 100 | 88 | 75 | 62 | 50 | 38 | 25 | 12 | 6 | 3 | 1 |
| Поправка, дБ | о | -0,6 | -1,2 | -1,2 | -2 | -3 | -4,2 | -6 | -9 | -12 | -15 | -20 |

Пример расчета

Уровни шума за 8-часовую рабочую смену составляли 80, 86 и 94 дБА в течение 5, 2 и 1 часа соответственно. Этим временам соответствуют поправки по табл. 1.8, равные -2, -6, -9 дБ. Складывая их с уровнями шума, получаем 78, 80, 85 дБА. Теперь, используя табл. 1.7, складываем эти уровни попарно:

$$L_{1,2} = L_2 + \Delta L = 80 + 2,2 = 82 \text{ дБА}; L_{1,2,3} = L_3 + \Delta L = 85 + 1,8 = 86,8 \text{ дБА}.$$

Округляя, получаем окончательное значение эквивалентного уровня шума 87 дБА. Таким образом, воздействие этих шумов равносильно действию шума с постоянным уровнем 87 дБА в течение 8 часов.

Ультразвук и инфразвук

Ультразвуком называются механические колебания упругой среды с частотой, превышающей верхний предел слышимости, - 20 кГц.

Ультразвук, так же как и шум, можно характеризовать уровнем звукового давления (дБ) или интенсивностью (Вт/м^2).

Ультразвук обладает в основном локальным действием на организм, поскольку передается при непосредственном контакте с ультразвуковым инструментом, обрабатываемыми деталями или средами, где возбуждаются ультразвуковые колебания (контактный ультразвук).

Длительное систематическое воздействие ультразвука, распространяющегося воздушным путем (воздушный ультразвук), вызывает изменения нервной, сердечно-сосудистой и эндокринной систем, слухового и вестибулярного анализаторов.

Основу профилактики неблагоприятного воздействия ультразвука на работающих составляет гигиеническое нормирование.

Нормативные документы:

- ГОСТ 12.1.01–89 ССБТ «Ультразвук. Общие требования безопасности»;

- СанПиН 2.2.4/2.1.8.582-96 «Гигиенические требования при работах с источниками воздушного и контактного ультразвука промышленного, медицинского и бытового назначения».

Этими нормативными документами ограничиваются уровни возможного звукового давления в высокочастотной области слышимых звуков и ультразвуков на рабочих местах (80–10 дБ при среднегеометрических частотах третьоктавных полос 12,5–00 кГц).

Инфразвук – неслышимая человеком область колебаний. Обычно верхней границей инфразвуковой области считают 16–25 Гц. Нижняя граница инфразвука не определена.

Наибольшую интенсивность инфразвуковых колебаний создают машины и механизмы, совершающие низкочастотные механические колебания (инфразвук механического происхождения), или турбулентные потоки газов и жидкостей (инфразвук аэродинамического или гидродинамического происхождения).

Исследования биологического действия инфразвука на организм показали, что при уровне 110–150 дБ и более он может вызывать у людей неприятные субъективные ощущения и изменения в центральной нервной, сердечно-сосудистой и дыхательной системах, вестибулярном анализаторе.

Нормируемыми характеристиками инфразвука на рабочих местах согласно СН 2.2.4/2.1.8.583-96 «Инфразвук на рабочих местах, в жилых и общественных помещениях и на территории жилой застройки» являются уровни звукового давления в децибелах в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 2, 4, 8, 16 Гц.

Допустимыми уровнями звукового давления являются 105 дБ в октавных полосах 2, 4, 8, 16 Гц и 102 дБ в октавной полосе 31,5 Гц. При этом общий уровень звукового давления не должен превышать 110 дБ.