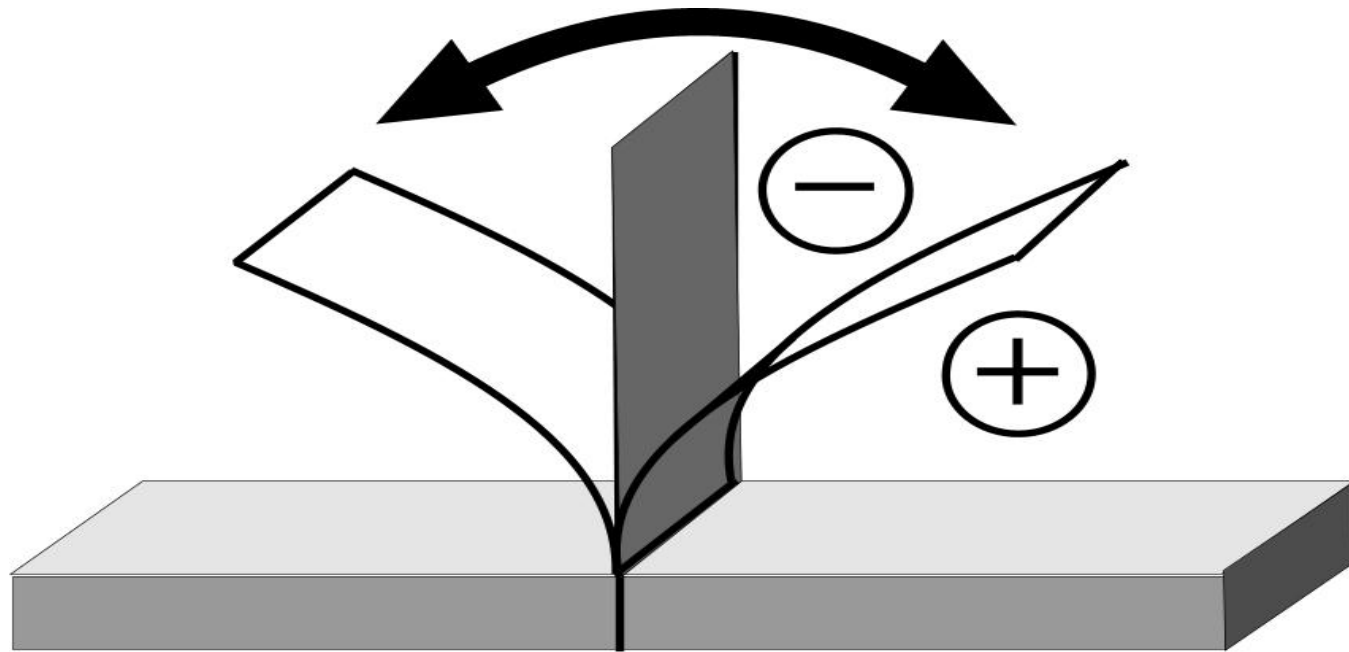


# **Воздействие шума на человека и окружающую среду**

**Шум** называют «нежелательным звуком». Шум в виде нежелательных звуков является постоянным побочным эффектом деятельности человека и работы механизмов. Понятие шума довольно субъективно, т.к. всякий шум это - звук и, прежде чем заниматься разработкой методов борьбы с шумом, необходимо понять, что такое звук вообще. Звук можно создать в любой среде. Его можно обнаружить в любом твердом теле, любой жидкости, любом газе. Звук не может быть только в вакууме. Для того чтобы понять природу возникновения звука, нужно знать, что часть уха, участвующая в формировании слуха, обладает чувствительностью, главным образом, к изменению давления. Эти изменения передаются обычно через воздух, хотя передатчиком давления может служить любая упругая среда. Колебания давления, возбуждаемые в упругой среде, распространяются в ней благодаря последовательному смещению молекул относительно их устойчивых положений.

Механизм возникновения звука можно пояснить на примере колеблющейся пластины.



**Область сжатия**



**Область разрежения**

При колебании пластины периодически возникают области сжатия и разрежения, характеризующиеся повышенным или пониженным давлением относительно атмосферного. Эти изменения давления и воспринимаются ухом как **звук**.

Области сжатия и разрежения распространяются в пространстве благодаря упругости среды. Скорость распространения этих колебаний пропорциональна корню квадратному из отношения коэффициента упругости к плотности среды. Поэтому в большинстве твердых и жидких тел скорость распространения звука больше, чем в воздухе.

Воздействие шума на человека зависит от уровня шума, его характеристик и спектра, времени воздействия и резонансных явлений. Оно также зависит от состояния здоровья, приспособляемости организма, индивидуальных особенностей человека и других факторов.

- **Неприятное** воздействие шума оказывает влияние на эмоциональный настрой, мотивацию поступков, инициативу, может проявляться в ухудшении работоспособности; причиняет человеку неудобство.
- **Мешающее** воздействие шума отрицательно сказывается на работе человека, в том смысле, что вызывает сильное сопутствующее раздражение, которое отрицательно отражается на основной работе человека; повышает рабочую нагрузку.
- **Вредное** воздействие шума вызывает патологические изменения органа слуха, ухудшает состояние нервной системы и всего организма в целом. Оно отрицательно сказывается на некоторых видах деятельности человека, связанных с изменением определенных ситуаций, длительными работами по управлению и непредвиденным приемом информации, требующими напряжения внимания.

Кратковременная умственная и физическая деятельность, не зависит от равномерного воздействия шума большой интенсивности или высокой частоты. Шум отвлекает внимание человека и, тем самым, отрицательно сказывается в тех случаях, когда необходимо следить за потоком информации или изменениями параметров. Сильный производственный шум отрицательно влияет на организм человека, снижает его работоспособность, производительность труда, повышает предрасположенность к инфаркту, увеличивает вероятность нервных заболеваний, ухудшает зрение, вызывает головные боли, депрессию, усталость, является причиной снижения внимания и сосредоточения на работе, увеличивает время реакции. Шум нарушает спокойную рабочую обстановку и отношения между людьми. Он вызывает резкое ухудшение здоровья, нервозность, склонность к конфликтным ситуациям. Неприятное воздействие шума сильнее сказывается на умственной работе, чем физической.

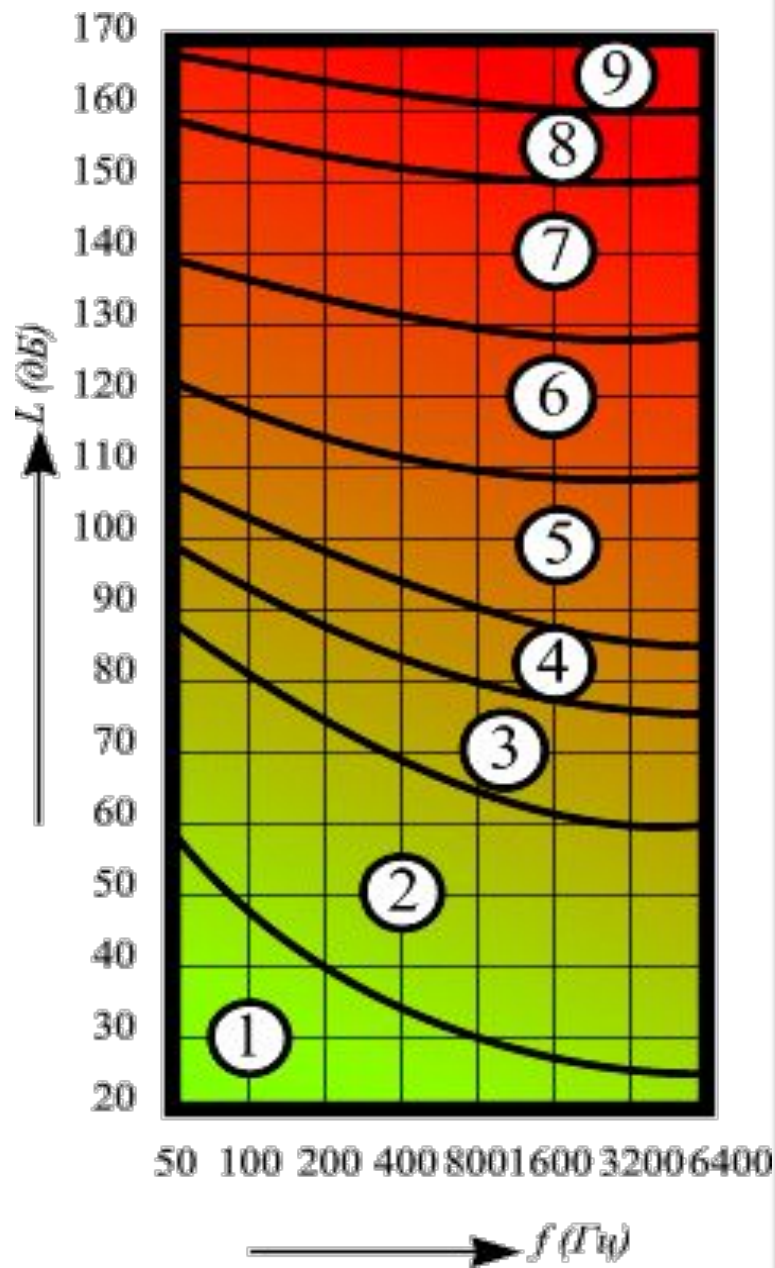
Шум тем неприятнее, чем уже полоса частот и выше интенсивность. Наиболее вредное воздействие оказывает шум, имеющий в своем спектре высокие тона. Высокочастотный шум является более мешающим фактором в работе по сравнению с низкочастотным. Непостоянный, хаотичный шум более вреден, чем постоянный. Шум с переменной интенсивностью более вреден, чем звук постоянной интенсивности. Неожиданно возникающий интенсивный шум (например, удар) является опасным и оказывает сильное психологическое воздействие. Сильный шум вызывает трудности в оценке расстояния и времени, в распознавании цветовых сигналов, снижает быстроту восприятия цвета, остроту зрения, зрительную реакцию в ночное время, нарушает восприятие визуальной информации. Люди в возрасте 20-40 лет переносят сильный шум хуже, чем более молодые или более пожилые, женщины переносят шум лучше, чем мужчины. Страдающие гипертонией, переносят сильный шум хуже здоровых.

Тем не менее, нормальный шум жизненного пространства человек не воспринимает. Он ему просто необходим. Абсолютно бесшумная обстановка отрицательно влияет на психику человека, поскольку абсолютная тишина не является привычной для человека.

Воздействие шума на человека можно проиллюстрировать графиком, где можно выделить следующие диапазоны воздействия.

1. Область привычных звуков;
2. Так называемый «относительный шум», воспринимается как психологическое притяжение человека к источнику шума, по прошествии времени отрицательно сказывается на управляющей работе и на действиях, требующих умственной сосредоточенности;





3. Вызывает нервное раздражение, мешает умственной сосредоточенности, снижает качество работы;
4. Отрицательно влияет на слуховые органы;
5. Вызывает очень неприятные ощущения, усталость, головные боли;
6. Воспринимается как болевое ощущение, начинает травмировать органы слуха;
7. Вызывает сильные болевые ощущения и головокружение;
8. Приводит к тяжелым травмам слуховых органов, глухоте;
9. Вызывает мгновенную глухоту, возможен летальный исход.

# Физические характеристики шума

Звуковые волны характеризуются звуковым давлением ( $P$ ), колебательной скоростью ( $V$ ), интенсивностью ( $I$ ), частотой - числом колебаний в секунду ( $f$ ) [ $1/\text{сек} = 1 \text{ Гц}$ ].

По частоте, звуковые колебания подразделяются на инфразвуковые ( $f < 20 \text{ Гц}$ ), звуковые ( $20 \text{ Гц} < f < 20000 \text{ Гц}$ ) и ультразвуковые ( $f > 20000 \text{ Гц}$ ). Такое подразделение связано с тем, что органы слуха человека воспринимают звуковые колебания в интервале частот от  $\sim 20 \text{ Гц}$  до  $\sim 20000 \text{ Гц}$ , поэтому этот диапазон называется звуковым диапазоном. Звуковой диапазон, в свою очередь, принято подразделять на низкочастотный ( $f < 400 \text{ Гц}$ ), среднечастотный ( $400 \text{ Гц} < f < 1000 \text{ Гц}$ ) и высокочастотный ( $f > 1000 \text{ Гц}$ ).

Одним из параметров, характеризующих звук, как физическое явление, является звуковое давление (Р).

**Звуковым давлением** называют разность между мгновенным значением полного давления и средним давлением в невозмущенной среде [Па].

Другой измеримой характеристикой звука является количество заключенной в нем энергии. При распространении звуковой волны в пространстве происходит перенос энергии. Количество переносимой энергии определяется интенсивностью звука (I).

**Интенсивностью звука** в данной точке называется поток энергии в какой-либо точке среды в единицу времени, приходящийся на единицу площади поверхности, нормальной к направлению распространения волны [Вт/м<sup>2</sup>].

Восприятие звука человеком зависит не только от частоты, но и от интенсивности и звукового давления, причем интенсивность наиболее тихого звука, доступного восприятию человека с самым острым слухом  $I \approx 10^{-12}$  Вт/м<sup>2</sup>, а один из наиболее громких звуков, с которыми мы сталкиваемся, уже не без риска вредных последствий, - это шум реактивного самолета, пролетающего на расстоянии около 50 м. Его интенсивность составляет  $\approx 10$  Вт/м<sup>2</sup>. А на расстоянии 100 метров от места запуска ракеты "Сатурн" интенсивность звука заметно превышает 1000 Вт/м<sup>2</sup>.

**~5 дБ Порог**

**слышимости**

**~140 дБ Болевой**

**порог**

Таким образом, величина звукового давления и интенсивность звука могут изменяться в очень широком диапазоне: по звуковому давлению до  $10^8$  раз, а по интенсивности до  $10^{16}$  раз. Поэтому, уровень звука представляют в виде отношений текущего значения интенсивности к эталонному (пороговому) значению интенсивности звука, за которое принята интенсивность самого тихого звука, воспринимаемого человеческим ухом ( $I_0 \approx 10^{-12} \text{ Вт/м}^2$ ). При этом отмечают, сколько раз нужно умножить пороговое значение на 10, чтобы получить текущее значение интенсивности звука.

Например, интенсивность звука реактивного самолета в  $10^{13}$  раз превышает пороговое значение, т.е. пороговое значение необходимо 13 раз умножить на 10. Такой способ выражения позволяет значительно уменьшить значения чисел, выражающих огромный диапазон звуковых интенсивностей; если обозначить однократное увеличение в 10 раз как 1 бел, то это и будет "единицей" для выражения отношений. Название этой единицы принято в честь американского ученого А.Г.Белла, предложившего этот способ. Таким образом, уровень интенсивности звука определяется из следующего соотношения:

$$L = \lg\left(\frac{I}{I_0}\right)$$

где:  $I$  - интенсивность звука в данной точке;  
 $I_0$  - пороговое значение интенсивности звука.

Интенсивность звука пропорциональна квадрату звукового давления, поэтому уровень звукового давления равен:

$$L = \lg\left(\frac{P^2}{P_0^2}\right) = 2 \cdot \lg\left(\frac{P}{P_0}\right)$$

где:  $P$  - звуковое давление в данной точке;  
 $P_0$  - пороговое значение звукового давления

$$P_0 = 2 \cdot 10^{-5} \quad [\text{Па}]$$

Однако ухо человека реагирует на величину в 10 раз меньшую, чем 1 бел (1 Б), поэтому в технике и в медицине получила распространение единица равная 0,1 Б - децибел (дБ), тогда:

$$L = 10 \lg\left(\frac{I}{I_0}\right) = 20 \lg\left(\frac{P}{P_0}\right)$$

Уровнями интенсивности шума обычно оперируют при акустических расчетах, а уровнями звукового давления при измерении шума и оценке его воздействия на человека, т.к. наши органы слуха чувствительны не к интенсивности звука, а к среднеквадратическому давлению.



Каждый источник шума может быть представлен, составляющими его, тонами в виде зависимости уровней звукового давления от частоты

$$L_p = \varphi(f) \text{ - частотным спектром.}$$

Спектры шума могут быть линейчатыми (дискретными), сплошными и смешанными. Большинство источников шума на предприятиях имеют смешанный или сплошной спектры. При измерении и анализе шумов, а также при проведении акустических расчетов весь слышимый диапазон частот разбивают на полосы частот определенной ширины. Полоса частот, у которой отношение верхней частоты ( $f_2$ ) к нижней ( $f_1$ ) равно 2 называют октавой.

Если

$$f_2 / f_1 = \sqrt[3]{2} = 1,26$$

, то ширина полосы равна 1/3 октавы.

Для гигиенических целей шумы обычно исследуют в октавных, а для технических целей - в 1/3 октавных полосах частот. Характеристикой каждой полосы частот является среднегеометрическая частота ( $f_{сг}$ ), определяемая по выражению:

$$f_{сг} = \sqrt{f_1 f_2} \quad \text{- для октавы}$$

$$f_{сг} = \sqrt[6]{2 f_1^3} \quad \text{- для 1/3 октавы}$$

Широкополосные шумы имеют непрерывный спектр шириной более одной октавы, а в спектре тональных шумов можно четко выделить отдельные тона.

По временным характеристикам шумы подразделяются на постоянные и непостоянные.

Постоянным считается шум, уровень звука которого за 8 часовой рабочий день изменяется по времени не более, чем на 5 дБ.

Непостоянные шумы, уровень звука которых меняется за 8 часовой рабочий день более, чем на 5 дБ, в свою очередь подразделяются на колеблющиеся во времени, прерывистые и импульсивные, состоящие из отдельных сигналов, длительностью менее 1 с.

Субъективное восприятие шума человеком значительно отличается от описанных физических характеристик звука, т.к. орган слуха неодинаково чувствителен к звукам различных частот. Низкочастотные звуки воспринимаются, как менее громкие по сравнению с высокочастотными звуками той же интенсивности. Поэтому для оценки субъективного ощущения громкости введено понятие уровня громкости.

**Громкость** - субъективное впечатление от воздействия звуковых колебаний, зависящее, от интенсивности звука (или звукового давления). Вторым фактором - является частота. За единицу уровня громкости принят ***фон***. Уровень громкости какого-либо звука в фонах определяется путем субъективного сравнения громкости данного звука с громкостью стандартного тона ( $f=1000$  Гц), для которого ***уровень интенсивности в децибелах условно принят за уровень громкости в фонах.***

Различие между уровнем громкости (фон) и уровнем интенсивности звука (дБ) тем больше, чем ниже его частота и слабее звук. По мере повышения интенсивности звука кривые равной громкости выравниваются, приближаясь к горизонтальным.

При уровнях громкости 80 фон и выше громкость звука определяется главным образом его интенсивностью и мало зависит от частотной характеристики

Шкала уровней громкости в фонах является шкалой сравнения с эталонами. По ней можно определять условия, при которых звуки разных частот будут слышны как равногромкие, однако нельзя количественно сравнивать разные громкости.

Для этой цели используют натуральную (субъективную) шкалу громкости в *сонах*. 1 сон - это громкость звука, равная громкости тона 1000 Гц при уровне интенсивности 40 дБ над порогом слышимости (примерно соответствует громкости шепота на расстоянии 0,3 м).

Отношение громкостей двух звуков в *сонах* показывает, во сколько раз один из них субъективно воспринимается громче другого. Зависимость громкости в *сонах* от уровня громкости в фонах имеет *нелинейный характер*.

## Физиологическое восприятие шума

Физиологической характеристикой звуковых колебаний является уровень громкости. Многочисленными исследованиями установлено, что шум является общебиологическим раздражителем и в определенных условиях может влиять на все органы и системы организма человека. Наиболее полно изучено влияние шума на орган слуха человека. Человеческое ухо, которое является органом восприятия звуков, имеет настолько сложную конструкцию, что наука до сих пор еще не полностью разобралась в тонкостях этого устройства.



Уши воспринимают звук и разлагают его на компоненты, действуя одновременно и как узкополосные анализаторы, и как анализаторы дискретных частот. Они передают в мозг кодированную информацию, достаточно богатую подробностями, что позволяет интерпретировать и идентифицировать звуки и воспринимать речь. Уши осуществляют также обратную связь, позволяя человеку управлять своей речью; с их помощью мы определяем направление и расстояние до источника звука; из громкого неупорядоченного шума уши могут выделить регулярные звуки, что делает возможным разбирать речь, заглушаемую шумом. В среднем ухе находится также орган равновесия - **вестибулярный аппарат**. Несмотря на кажущуюся простоту, уши относятся к самым сложным органам человеческого тела.

Самый низкий тон, воспринимаемый человеком с нормальным слухом, имеет частоту  $\sim 20$  Гц. Точно установить нижнюю границу шкалы слышимости довольно трудно, поскольку звуки с частотой ниже 20 Гц нередко воспринимаются не органом слуха, а другими органами и участками нервной системы. Верхний предел слухового восприятия сильно различается у разных людей. Здесь важное значение имеет возраст. Люди молодого возраста при безупречном слухе могут слышать звуки до частоты 20000 Гц., но в среднем границы слышимости находятся на уровне 16000...18000 Гц.

Термины «высота звука» и «частота звука» не одно и то же. **Частота** - это физическая величина, характеризующая звуковую волну, **высота тона** - чисто субъективное ощущение, которое зависит не только от частоты. При больших интенсивностях высота звука повышается как на высоких, так и на низких частотах, а при малой интенсивности низкочастотного звука его частота может изменяться на ~5% без заметного для слушателя изменения высоты. Высота тона и частота не являются синонимами еще и по той причине, что сложные звуки могут обладать определенной высотой, но в действительности состоят из целого ряда частот (например, звук скрипки имеет определенную высоту, но содержит множество гармоник, имеющих различные частоты).

Высота, которую обычно приписывают такому звуку, - это высота основной частоты, или первой гармоники; однако если из такого сложного звука убрать основную частоту, оказывается, что его высота останется для слушателя той же, изменится только тембр, т.е. окраска звука. Это является слуховой иллюзией. С возрастом чувствительность человеческого уха падает; это совершенно естественный процесс.

Шум может повлиять на слух следующим образом: во-первых, вызвать мгновенную глухоту или повреждение органа слуха; во-вторых, при длительном воздействии, резко снизить чувствительность к звукам определенных частот; в-третьих, шум может снизить чувствительность слуха на ограниченное время - минуты, недели, месяцы, после чего слух восстанавливается почти полностью.

Первый тип поражений - **акустическая травма** - обычно вызывается воздействием шума очень большой интенсивности, например взрыва. По вполне очевидным причинам установить экспериментально минимальный уровень шума, приводящего к повреждениям такого рода, невозможно; но, по-видимому, импульсный шум, превышающий 150 дБ, вызывает травму мгновенно.

Говоря об импульсном шуме, следует отметить, что большая часть *шумомеров* определяет не максимальное значение звукового давления, а среднеквадратичное, т.е. некоторую усредненную величину. Это удобно для измерения непрерывного шума и дает результаты, хорошо совпадающие с субъективной слуховой оценкой шума; однако при измерении импульсного шума, когда наблюдается один максимум с очень крутым подъемом и падением, среднеквадратичная величина дает заниженную оценку уровня шумового импульса. К тому же быстрое действие обычных шумомеров, как правило, недостаточно для того, чтобы стрелка успела дойти хотя бы до среднеквадратичной величины.

Поэтому для измерения импульсного шума необходимо пользоваться специальными импульсными шумомерами или получить изображение спектра шума на электронно-лучевом осциллографе и измерить максимальный уровень по сетке, которая есть на экране.

Однако повреждение слуха импульсным шумом - это еще не главная причина для беспокойства. Гораздо опаснее для слуха длительные периоды непрерывного воздействия шума большой интенсивности. Этот вид шума действует двояко, причем первый вид воздействия может и не причинить серьезного вреда. В этом случае, после воздействия шума, повышается порог слухового восприятия. Такое понижение слуха может продолжаться некоторое время, после чего остаточный сдвиг порога слухового восприятия станет незаметным.

С увеличением времени воздействия и при повышении уровня шума увеличивается временной сдвиг порога и удлиняется период восстановления. Если воздействие сильного шума не происходит систематически, то остаточный эффект столь незначителен, что им можно пренебречь. Однако множество людей во всем мире постоянно подвергаются воздействию шума высокого уровня; эффект перестает быть временным, и с годами понижение слуха становится тяжелым и хроническим. Причем, сами пострадавшие обычно не замечают, что у них не все в порядке со слухом.



Если через некоторое время (все зависит от характера и уровня шума) человек перестанет подвергаться акустическому воздействию, по прошествии определенного периода времени его слух может восстановиться в удовлетворительной степени. В противном случае наступит момент, когда восстановление слуха будет уже невозможно, и в конце концов он сам начнет замечать, что острота слуха у него понизилась. На этой стадии повреждение становится стойким и необратимым. С годами состояние пострадавшего будет только усугубляться.

Понижение слуха, вызванное производственным шумом - самый серьезный результат воздействия шума, но он не единственный.

Шум вызывает и обычную усталость и неспособность сосредоточиться, также ведущие к снижению производительности труда и несчастным случаям. Шум влияет и на восприятие зрительной информации (снижается устойчивость ясного видения и острота зрения, изменяется цветовая чувствительность и т.д.). Шум оказывает воздействие и на вестибулярный аппарат, расположенный в среднем ухе.