

Понятие порога ощущения

- Интенсивность раздражения должна достигнуть определенного уровня r_0 с тем, чтобы мы хоть как-то почувствовали его воздействие.
- Уровень раздражения, дающий такое едва заметное ощущение, называется **НИЖНИМ порогом ощущения - S_0** ;
- **Ощутимый ток – сколько?**

Порог различения

- Величина прироста раздражения, необходимого для получения едва заметного различия между ощущениями, называется **порогом различения dr** .
- **$dr/r = \text{const}$** , где **dr** — величина дополнительного раздражения, а **r** — величина основного раздражения.
- Уровень интенсивности раздражения, после увеличения которого интенсивность ощущения уже не усиливается называется **верхним порогом ощущения**.

Закон Вебера — Фехнера

- открытый Э.Г. Вебером (1834) и развитый Г.Т. Фехнером основной закон психофизики, согласно которому при увеличении силы воздействия в геометрической прогрессии (1, 2, 4, 8, 16 и т.д.) интенсивность ощущения увеличивается в арифметической прогрессии (0, 1, 2, 3, 4 и т.д.); эмпирический психофизиологический закон, заключающийся в том, что

Закон Вебера – Фехнера

- связь между изменением интенсивности раздражителя и силой вызванного ощущения:

ИНТЕНСИВНОСТЬ ОЩУЩЕНИЯ

пропорциональна логарифму

силы воздействия:

- $S - S_0 = K \cdot \lg(r/r_0)$
- $S = K \lg r;$
- где S - интенсивность ощущения, K – константа (коэффициент Вебера), r - интенсивность стимула.

Пороги различения для разных ощущений

- Вес - 10% (в пределах 2000-6000 грамм).
- Давление — 5% (на кончике указательного пальца, в пределах 50—2000 грамм).
- Свет — 1—3% (в пределах 1000-2000 люкс).
- Острота зрения — 2% (при сравнении линий, плоскостей).
- Тон звука — 12% (в пределах средней высоты и средней силы).
- **Шум (интенсивность) - 33%.**

ШУМ

Шумом называется сочетание звуков различной интенсивности и частоты, мешающих работе и отдыху и оказывающих вредное действие на организм человека.

Шумные вопросы

- Шум. Воздействие на человека. Основные характеристики. Классификация шума.
- Шум, ПДУ шума. Нормирование шума. Способы защиты от шума

Виды шума

- **Шум механического происхождения**
- **Шум аэродинамического происхождения**
- **Шум электромагнитного происхождения**
- **Шум гидродинамического происхождения**
- **Воздушный шум**
- **Структурный шум**

В мартеновских цехах уровни звукового давления находятся в пределах 74-103 дБ. Уровень шума при работе **электропечи** лежит в пределах 104-115 дБ.

Уровни звукового давления **в конверторных цехах** находятся в пределах 82-113 дБ.

Прокатные цехи являются наиболее шумными по сравнению с другими цехами металлургического цикла. Звуковое давление в прокатном производстве может достигать 118-122 дБ.

В литейных цехах источниками интенсивного шума являются формовочные машины и выбивные решетки, создающие шум с уровнем 105-115 дБ в широком спектре частот. Подобный шум создают **шаровые мельницы**, галтовочные барабаны, пескометы, вибрационные сита и⁹

Источники шума на ТЭС

- турбины,
- дутьевые вентиляторы,
- дымососы,
- мельницы,
- градирни,
- компрессоры,
- насосы,
- трубопроводы (аэро-гидродинамический и структурный шум + утечка пара через неплотные соединения),
- **клапаны** (периодические сбросы пара), и т. д.

Физические характеристики шума

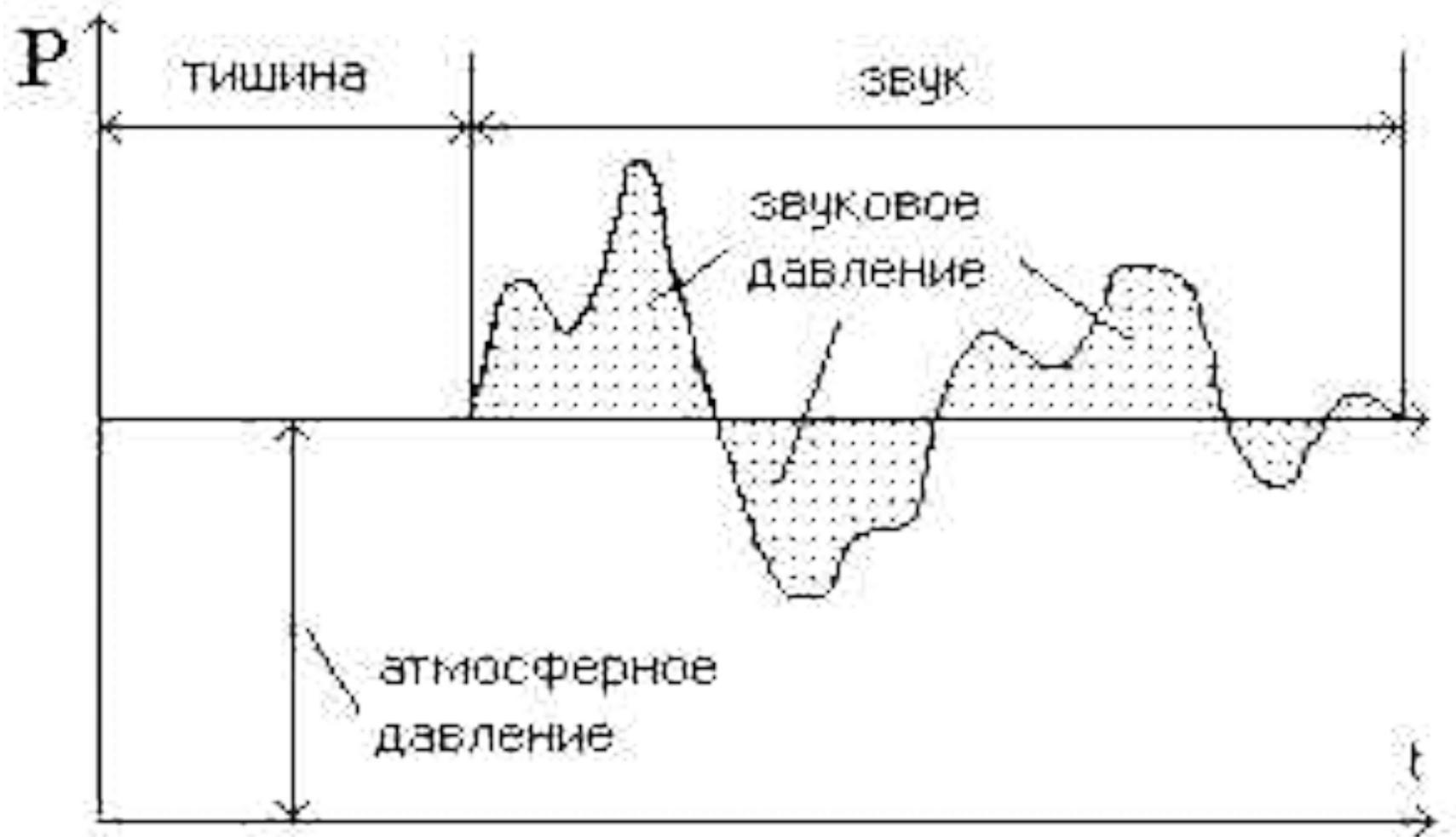
- f - частота, Гц;
- P – звуковое давление , Па;
- I - интенсивность звука , Вт/м²;
- W - звуковая мощность , Вт,
- **L – уровень звука, дБ.**

Звуковое давление

P — переменное избыточное давление, возникающее в упругой среде при прохождении через неё звуковой волны;

— определяет силовое воздействие звуковой волны (волны сжатия/расширения) в заданной точке пространства **на мембрану уха** или заменяющий ее **микрофон**.

График звукового давления



Восприятие шума

- Звуковое давление P определяет силовое воздействие звуковой волны (волны сжатия/расширения) в заданной точке пространства на мембрану уха или заменяющий ее микрофон.
- На слух воспринимается среднеквадратичный уровень энергии звукового давления.

•

T

$$p^2 = 1/T \cdot \int_0^T p^2(t) dt.$$

T – время осреднения человеческого уха от 30 до 100 мс

Интенсивность звука

- Интенсивность звука I характеризует перенос энергии при распространении звуковой волны, т. е. плотность потока звуковой мощности $I=W/S$, $Вт/м^2$

Выражая через звуковое давление P

$$I = P^2 / \rho c$$

- где ρ — плотность среды, $кг/м^3$ ($1,2 кг/м^3$);
- c — скорость распространения звука в данной среде, $м/с$, (в атмосфере при $20^\circ C$ равна $344 м/с$)

Граничные слуховые ощущения

- **Порог слышимости** - минимальная интенсивность звука воспринимается ухом ($f=1000$ Гц)

$$I_0 = 10^{-12} \text{ Вт/м}^2,$$

$$P_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Па.}$$

- **Порог болевого ощущения** - орган слуха начинает испытывать болевое ощущение

$$I = 10^2 \text{ Вт/м}^2,$$

$$P = 2 \cdot 10^2 \text{ Па.}$$

Диапазоны воспринимаемых шумов

- по давлению P - 10^7 раз,
- по интенсивности I - 10^{14} раз
- Поэтому введены логарифмические величины — **уровни** звукового давления и интенсивности:
- $L_I = \lg(I/I_0)$ (Б) или $L_I = 10 \cdot \lg(I/I_0)$ (дБ);
- $L_P = 10 \cdot \lg(P/P_0)^2 = 20 \cdot \lg(P/P_0)$ (дБ);
- P_0 и I_0 - давление и интенсивность звука, соответствующие порогу слышимости
- Интервал уровней - $\Delta L = 140$ дБ

Спектр частот

- *Спектр* — распределение уровней шума по частотам.
- При анализе шумов весь диапазон частот **разбивают на октавы** — интервалы частот, где конечная частота больше начальной в 2 раза:
 $f_2/f_1 = 2$;
- В качестве частоты, характеризующей полосу в целом, берется среднегеометрическая частота октавного диапазона — $f_{\text{ср}} = \sqrt{f_1 \cdot f_2}$;

Среднегеометрические частоты ОКТАВНЫХ ПОЛОС

- Стандартизованы ГОСТ 12.1.003-83 "*Шум. Общие требования безопасности*" и составляют: 31.5, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 и 8000 Гц
- при соответствующих им граничным частотам: 22-45, 45-90, 90-180, 180-355, 355-710, 710-1400, 1400-2800, 2800-5600, 5600-11200.

Действие шума на человека

- Каждый человек воспринимает шум по-своему.

Это зависит от многих факторов:

- возраста,
- состояния здоровья,
- характера трудовой деятельности.

Установлено, что **б`ольшее влияние** шум оказывает на людей, занятых **умственным трудом**, чем физическим.

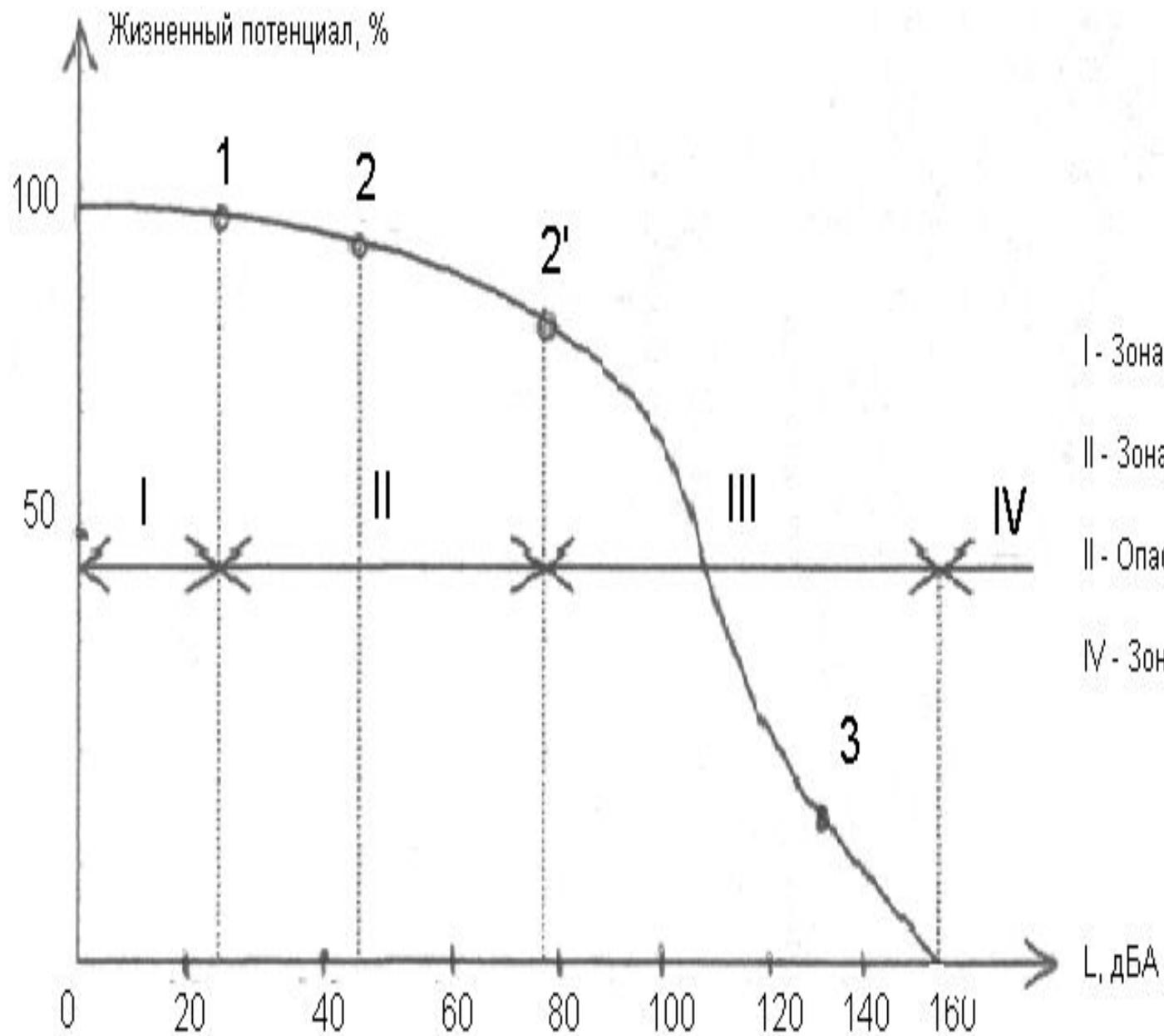
Действие шума на организм человека

Через волокна слуховых нервов раздражение шумом передается в **центральную и вегетативную нервную системы**, а через них воздействует на внутренние органы, приводя к значительным изменениям в функциональном состоянии организма, **влияет на психическое состояние человека**, вызывая чувство беспокойства и раздражения.

Действие шума на организм человека

- Воздействие шума на центральную нервную систему вызывает **увеличение латентного (скрытого) периода зрительной моторной реакции**, приводит к нарушению подвижности нервных процессов, изменению электроэнцефалографических показателей, нарушает биоэлектрическую активность головного мозга с проявлением общих функциональных изменений в организме (уже при шуме **50 – 60 дБА**), существенно **изменяет биопотенциалы мозга**, их динамику, вызывает биохимические изменения в структурах головного мозга.

Действие производственного шума во многих случаях сочетается с воздействием вибрации, пыли, токсических и раздражающих веществ, неблагоприятных факторов микро– и макроклимата, с вынужденным неудобным, неустрашимым рабочим положением тела, физическим перенапряжением, **повышенным вниманием, нервно–эмоциональным перенапряжением**, что ускоряет развитие патологии и обуславливает полиморфизм клинической картины. Сочетание двух и более неблагоприятных факторов дает неблагоприятный эффект в 2,5 раза чаще, чем воздействие одного фактора.



Действие шума на организм человека

Повышение на 10 – 15% общей заболеваемости рабочих шумных производств. Воздействие на вегетативную нервную систему проявляется даже при небольших уровнях звука (40 – 70 дБА). Из вегетативных реакций наиболее выраженным является нарушение периферического кровообращения за счет сужения капилляров кожного покрова и слизистых оболочек, а также повышения артериального давления (при уровнях звука выше 85 дБА).

Действие шума на организм человека

Человек, подвергающийся воздействию интенсивного (более 80 дБ) шума, затрачивает в среднем на 10 – 20% больше физических и **нервно-психических усилий**, чтобы сохранить выработку, достигнутую им при уровне звука ниже 70 дБ(А).

Например, при работах, требующих повышенного внимания, с увеличением уровня звука от 70 до 90 дБА производительность труда падает на 20%.

Шум уменьшает зрительную реакцию, что вместе с утомляемостью резко увеличивает вероятность ошибок при работе операторов. Это особенно важно для энергетического производства, где требуется высокая надежность.

Профессиональные заболевания среди работников электростанций России связанные с воздействием шума занимают первое место. Это характерно и для зарубежной энергетики: при обследовании электростанций ФРГ у 37% работников выявлено расстройство органов слуха.

Действие шума на работника

- **снижает производительность труда на 30%,**
- **повышает опасность травматизма,**
- **приводит к развитию заболеваний.**

В структуре профессиональных заболеваний 17% приходится на заболевания органа слуха

Влияние шума на здоровье

- изменения в центральной нервной системе наступают значительно раньше, чем нарушения в звуковом анализаторе.
- отклонения в состоянии вестибулярной функции;
- неспецифические изменения: головные боли, головокружение, боли в области сердца, повышение артериального давления, боли в области желудка.
- шум вызывает **снижение** функции защитных систем и **общей устойчивости организма** к внешним воздействиям.

Шумовая болезнь

- изменение функции пищеварения, выражающейся в понижении кислотности;
- сердечно-сосудистая недостаточность;
- нейроэндокринные расстройства;
- снижение слуховой чувствительности.
- Формирование патологического процесса при шумовом воздействии происходит **постепенно** и **начинается с неспецифических проявлений вегетативно-сосудистой дисфункции.**

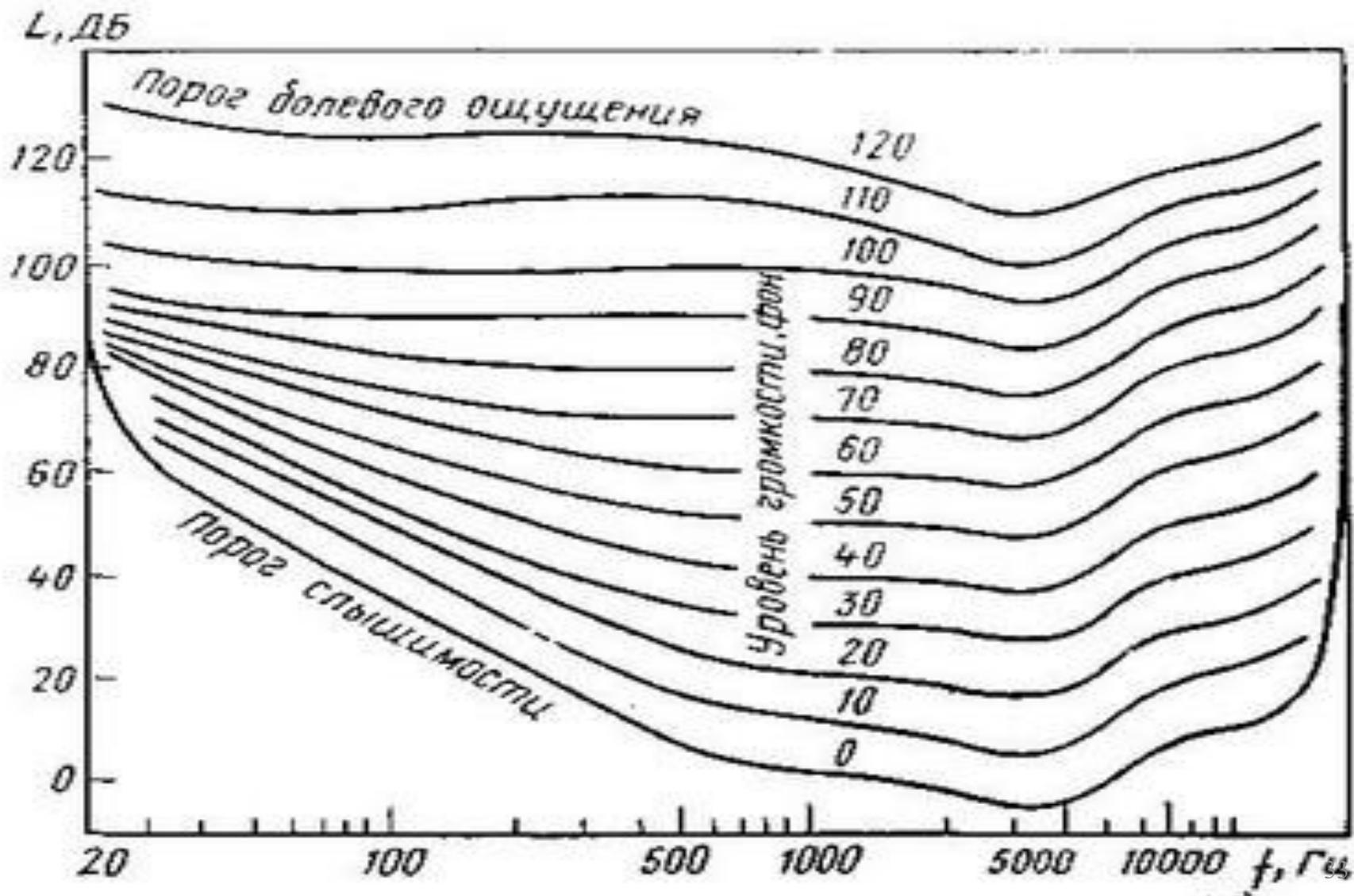
Влияние характера и спектра шума

Воздействие шума на организм человека, помимо интенсивности, зависит от характера шума и его спектра:

- более неблагоприятен высокочастотный (свыше 1000 Гц) по сравнению с низкочастотным (31,5... 125 Гц).
- более опасным является непостоянный шум по сравнению с постоянным;
- биологически более агрессивны импульсный и тональный шумы.

Звуки с низкой и высокой частотой кажутся тише, чем среднечастотные той же интенсивности. С учётом этого, неравномерную чувствительность человеческого уха к звукам разных частот моделируют с помощью специального электронного частотного фильтра, получая, в результате нормирования измерений, так называемый эквивалентный (по энергии, "взвешенный") уровень звука с размерностью дБА (дБ(А), то есть - с фильтром "А").

Уровни равной громкости



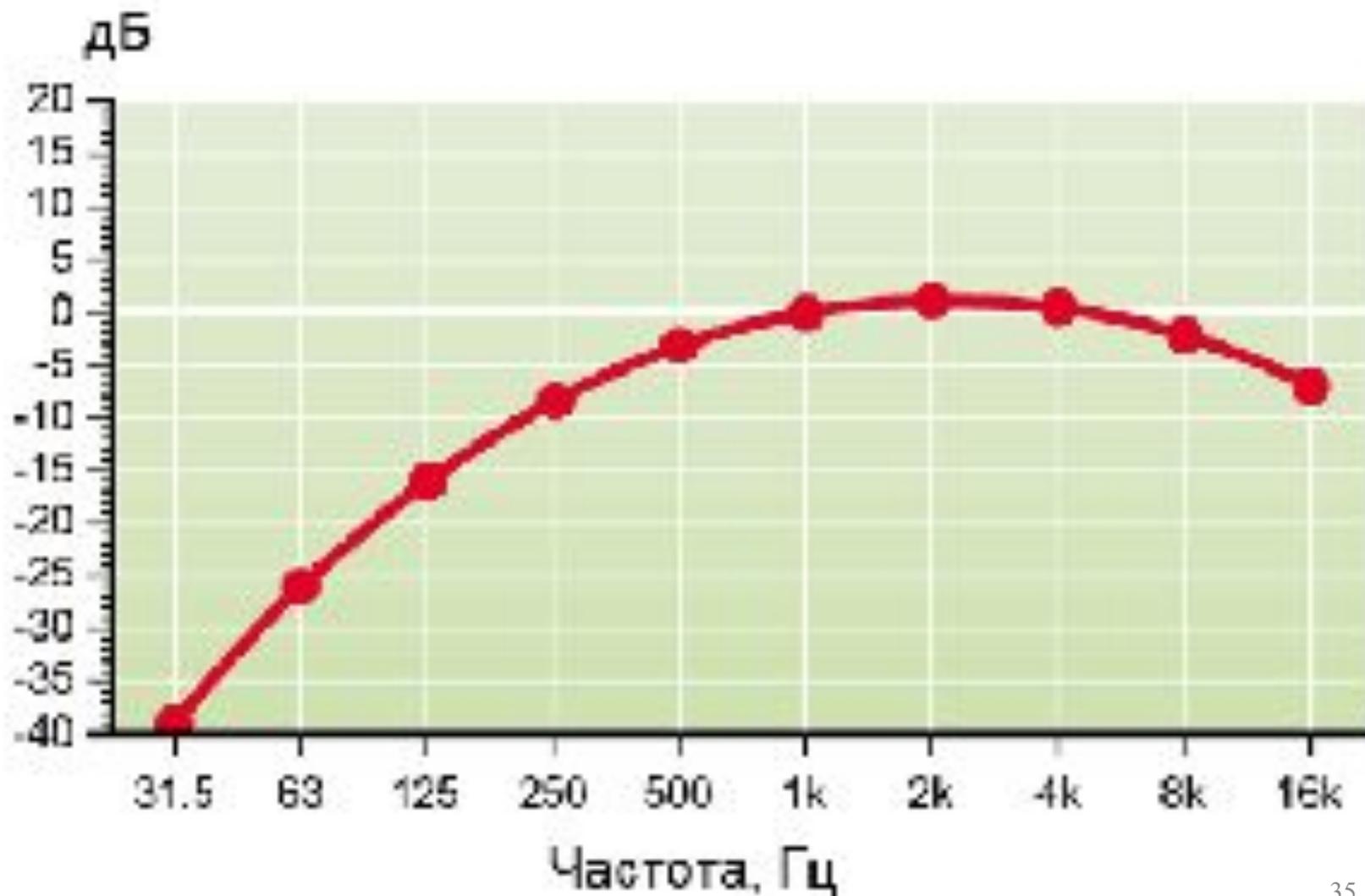
Фильтр «А»

Измеряемый звук модулируют с помощью специального электронного частотного фильтра, получая, в результате нормирования измерений, так называемый эквивалентный (по энергии, "взвешенный") уровень звука с размерностью дБА (дБ(А), то есть - с фильтром "А").

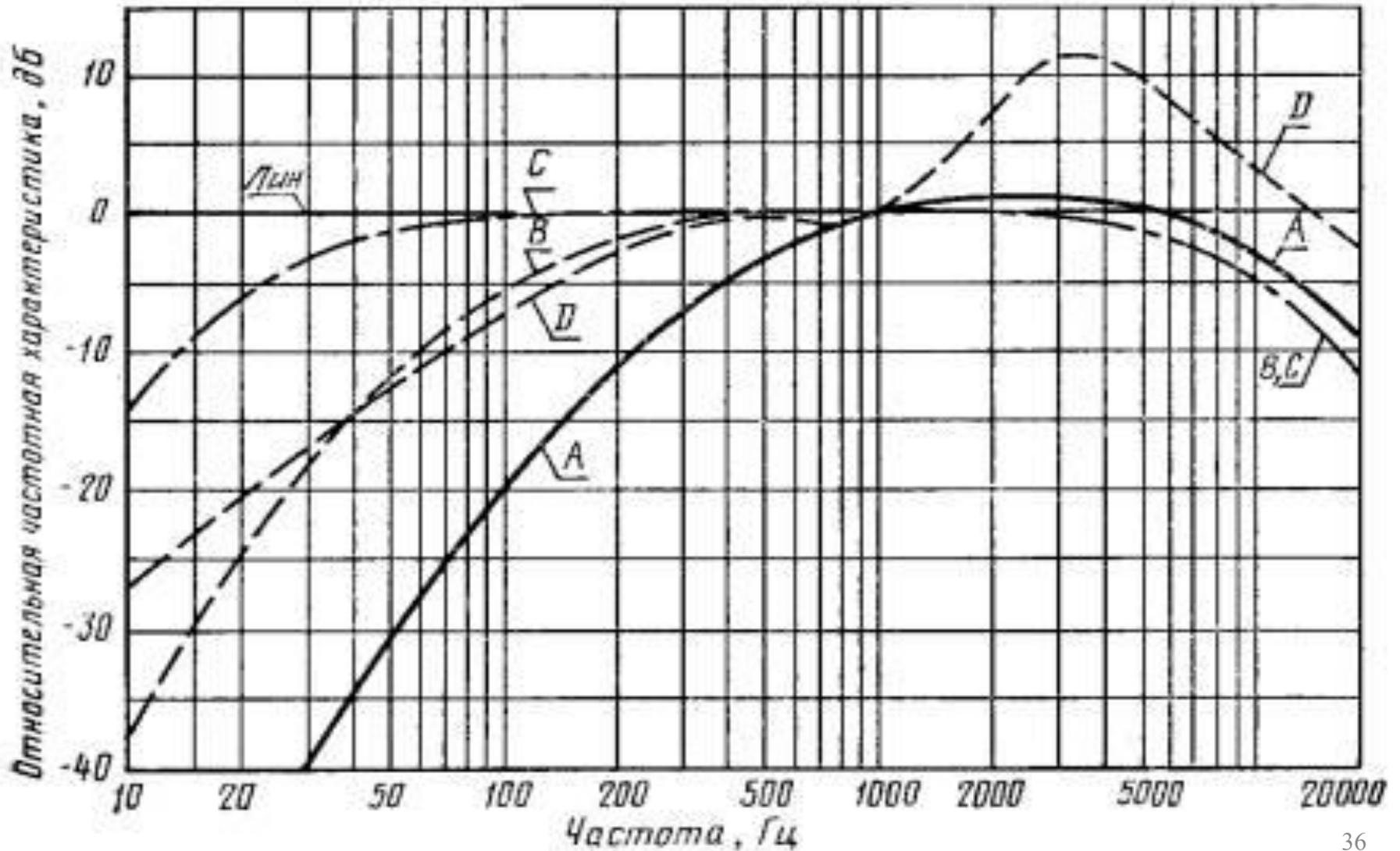
- шкала А шумомера имитирует частотную чувствительность человеческого уха.
- Фильтр А примерно соответствует АЧХ «усредненного уха» при слабых уровнях шума
- В — для сильных уровнях шума.
- С - для оценки пиковых уровней шума
- D - для оценки авиационного шума.

В настоящее время для нормирования шума применяются только фильтры А и С. Последние версии стандартов на шумомеры не устанавливают требований к фильтрам В и D.

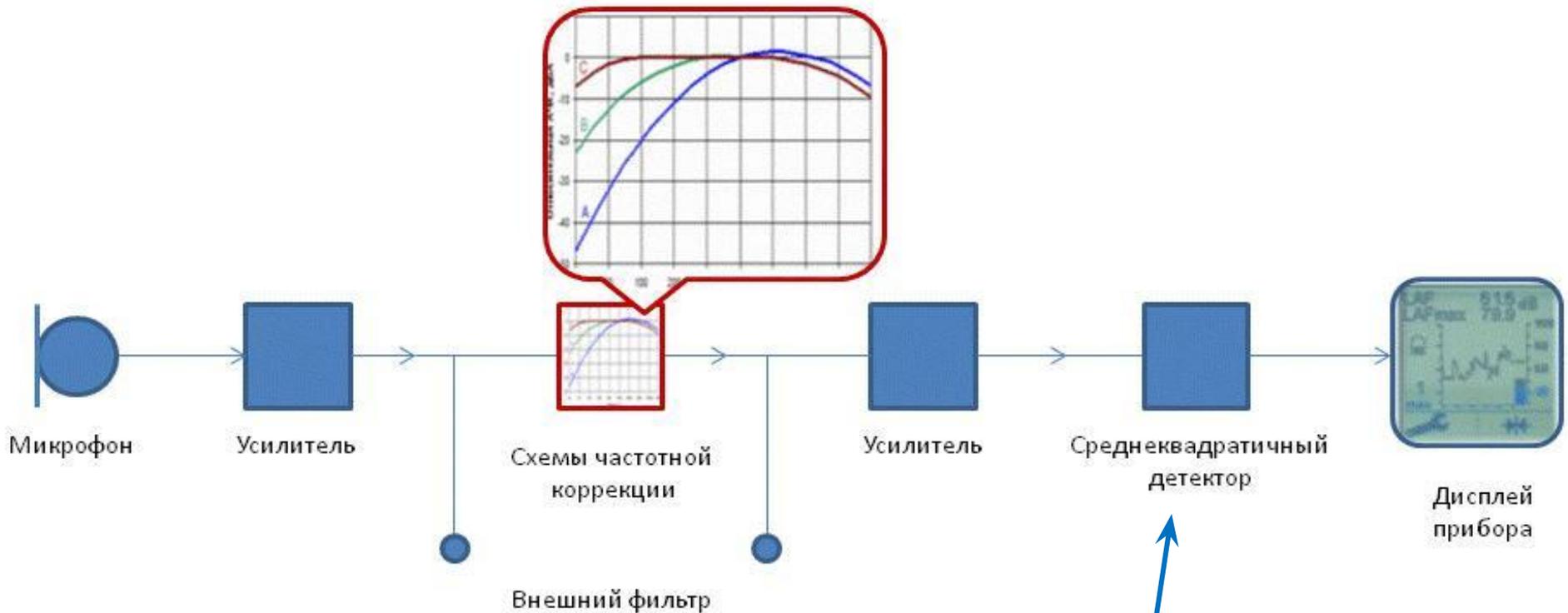
Характеристики фильтра А



Характеристики фильтров А, В, С, D



Блок-схема шумомера



$$p_2 = 1/T \cdot \int_0^T p_2(t) dt.$$

Классификация шумов

Способ классификации	Вид шума	Характеристика шума
По характеру спектра шума	<ul style="list-style-type: none">широкополосные	Непрерывный спектр шириной более одной октавы
	<ul style="list-style-type: none">тональные	В спектре которого имеются явно выраженные дискретные тона

Способ классификации	Вид шума	Характеристика шума
По временным характеристикам	<ul style="list-style-type: none"> • постоянные 	<p>Уровень звука за 8 часовой рабочий день изменяется не более чем на 5 дБ(А)</p>
	<ul style="list-style-type: none"> • непостоянные 	<p>Уровень звука за 8 часовой рабочий день изменяется более чем на 5 дБ(А)</p>

Непостоянные шумы

1. Колеблющиеся во времени	Уровень звука непрерывно изменяется во времени
2. Прерывистые	Уровень звука изменяется ступенчато более чем на 5 дБ(А), длительность интервала 1с и более
3. Импульсные	Состоят из одного или нескольких звуковых сигналов, длительность интервала меньше 1с

Предельно допустимый уровень шума (ПДУ) – шум, 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 отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений.

Методы Нормирования шума

1. по предельному спектру шума (совокупность девяти допустимых уровней звукового давления со среднегеометрическими частотами 31.5, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 и 8000 Гц - называется предельным спектром);
2. по эквивалентному (по энергии) уровню звука в дБА

$$L_{\text{экв}} = 10 \lg \left[\frac{1}{T_m} \int_0^{T_m} \left(\frac{p_A(t)}{p_0} \right)^2 dt \right]$$

3. По максимальному уровню звука L_{max}

Нормирование постоянного шума

- 1. по предельному спектру шума*
- 2. по эквивалентному уровню звука в дБ.*

Уровни звукового давления в дБ в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука, и эквивалентные уровни звука в дБА
31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
86	71	61	54	49	45	42	40	38	50
107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

Эквивалентные уровни звука должны быть приведены (нормализованы) к 8-часовой рабочей смене (рабочему дню)

Нормирование непостоянного шума

1. По эквивалентному уровню звука
И
2. По максимальному уровню звука.
(для колеблющегося и прерывистого шума - **110** дБА
для импульсного шума - **125** дБАІ).

Превышение одного из показателей рассматривается как несоответствие санитарным нормам.

Нормирование шума

Нормирование
Постоянного
шума

По
Предельном
у спектру

По
Эквивалентн
ому уровню

Нормирование
Непостоянного шума

Колблющегося

Прерывистого

Импульсного

По
эквивалентному
уровню

По
максимальному
уровню

110 дБА

125 дБА

Основные источники шума на электростанциях (90-105 дБА)

1. выброс пара в атмосферу при растопках котлоагрегатов, срабатываниях предохранительных клапанов, а также при продувках паропроводов, линий обеспаривания турбин и т. д.;
 2. работа редукционно-охладительных установок (РОУ) и быстродействующих редукционно-охладительных установок (БРОУ);
- а также: 3) турбоагрегаты; 4) дутьевые вентиляторы и дымососы; 5) газотурбинные установки.

Тягодутьевые машины (ТМ) в энергетике являются источниками шума не только на территории их размещения, но и в окружающем районе прежде всего из-за их широкого применения.

ТМ обеспечивают принудительную тягу на всех паровых и водогрейных котлах. В качестве вентиляторов и дымососов применяют радиальные машины одно или двухстороннего всасывания. На блоках 300 МВт и больше используют осевые машины.





ТДМ, вентиляторы, дымососы



Градирни

- Градирни применяются на предприятиях для охлаждения воды, широкое использование которых обусловлено тем, что для их размещения требуется значительно меньшая площадь по сравнению с другими типами охладителей. В нашей стране получили применение противоточные градирни с естественной тягой.
- Шум в градирнях вызывает свободное падение воды. Излучаемая звуковая мощность пропорциональна расходу воды, скорости водяных капель в момент падения и глубине воды в бассейне. При больших плотностях застройки шум от градирен может стать важным слагаемым в общем шумовом фоне.



Уровень звука на расстоянии 1 м от окон градирен находится в диапазоне от 80 до 87 дБА . Для уменьшения подтока воздуха в зимнее время на градирнях устанавливают жалюзи, которые уменьшают уровень звука на 2-3 дБА

Уровни звукового давления на расстоянии 1 м от входных окон градирни БП-2600

Среднеге омериче ская частота, Гц	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
L, ДБ	63	62	62	68	73	75	76	75

Меры по снижению шума

1. разработка шумобезопасной техники;
2. применением средств и методов коллективной защиты (по ГОСТ 12.1.029);
3. применением средств индивидуальной защиты (по ГОСТ 12.4.051)

**Средства
коллективной
защиты**

**Средства
индивидуальной защиты**
(Противошумные шлемы, наушники,
вкладыши)

**средства снижения шума
в источнике**

**средства снижения шума
на пути распространения**

- снижающие шум вибрационного (механического) происхождения;
- снижающие шум аэродинамического происхождения;
- снижающие шум гидродинамического происхождения.
- снижающие шум электромагнитного происхождения;

- снижающие передачу воздушного шума;
- снижающие передачу структурного шума.

Разработка шумобезопасной техники

уменьшение шума в источнике — достигается улучшением конструкции машин, применением малошумных материалов в этих конструкциях:

- замена возвратно-поступательного перемещения деталей вращательным,
- замена ударных процессов безударными (клепку - сваркой, обрубку - фрезерованием),
- **улучшение балансировки** вращающихся деталей и класса точности изготовления деталей,
- **улучшение смазки** трущихся поверхностей, заменой материалов.

Для снижения шума оборудования в источнике:

- **демпфировать вибрации** соударяющихся деталей путем сочленения их с материалами, имеющими большое внутреннее трение (*резиной, изделиями из пластмасс, пробкой, битумными картонами, войлоком, асбестом и др.*);

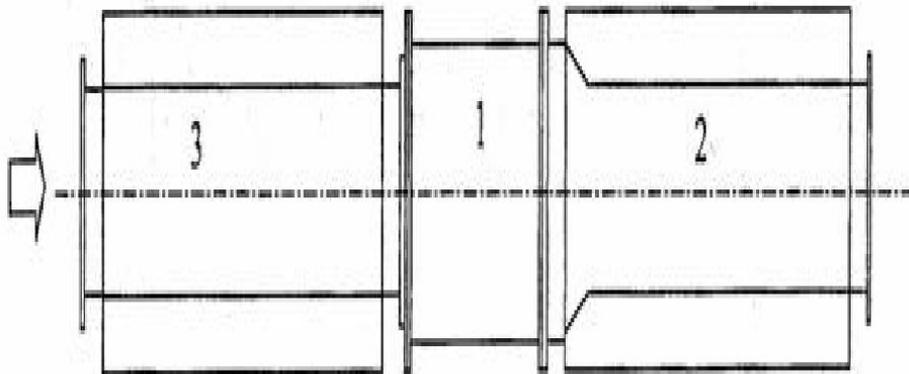
- уменьшить интенсивность шума от вибрирующих деталей, имеющих большие поверхности (*корпуса редукторов, барабаны мельниц, кожуха турбин и т. д.*), устройством **упругих прокладок и пружин** между деталями, передающими вибрацию; **звукоизолирующей облицовкой** внешней и внутренней поверхностей кожухов, барабанов и т.д.;

Для снижения шума оборудования в источнике :

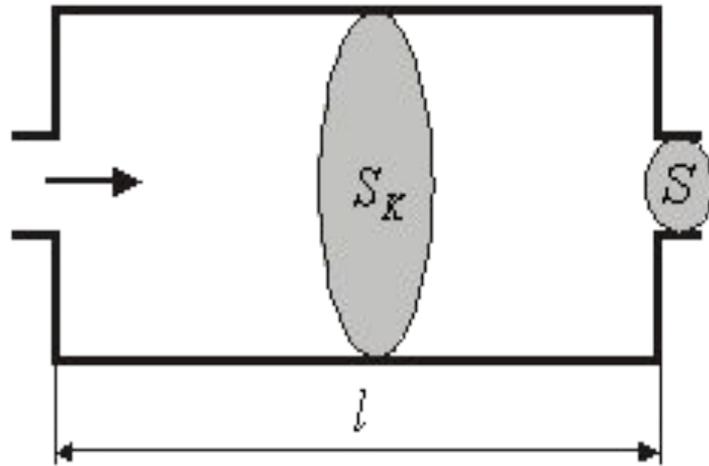
- заменять металлические детали изделиями из пластмасс или других незвучных материалов;
- производить тщательную **балансировку роторов агрегатов** и других вращающихся деталей для уменьшения динамических сил, возбуждающих вибрацию;
- предусматривать минимальные допуски при сборке агрегатов в целях **уменьшения зазоров** в сочленении деталей, тем самым уменьшить вибрацию или энергию соударений;
- **не допускать завихрения газовых, пароводяных и воздушных струй** в местах резкого расширения [*падение давления с 0,2 МПа (2 кгс/см²) и более*] и сужения или предусматривать специальные глушители шума;
- заменять по возможности подшипники качения **подшипниками скольжения** в случаях, когда преобладающим шумом агрегата является шум подшипников

Звукопоглощение

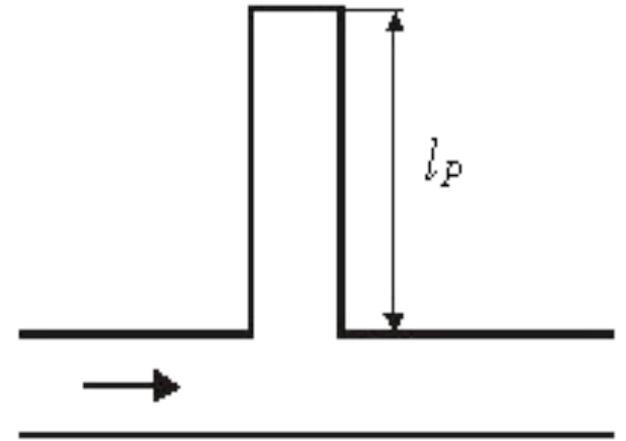
- применение звукопоглощающих облицовок, штучных поглотителей;
- применение глушителей шума: абсорбционных, реактивных, комбинированных



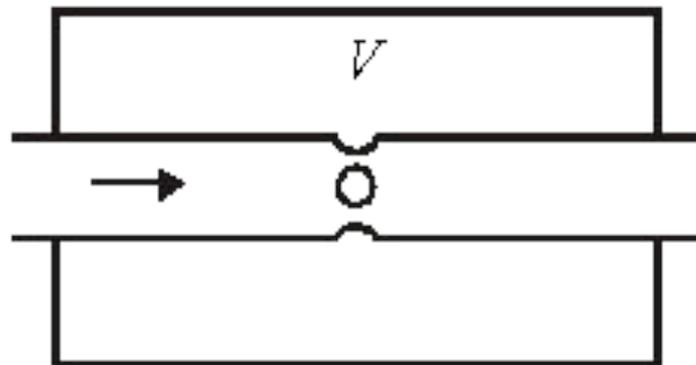
Реактивные глушители шума



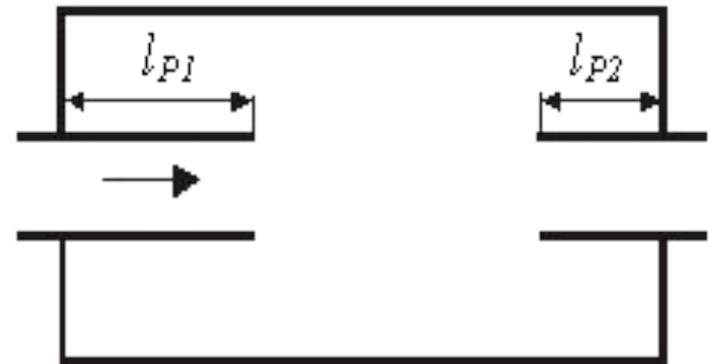
a)



б)

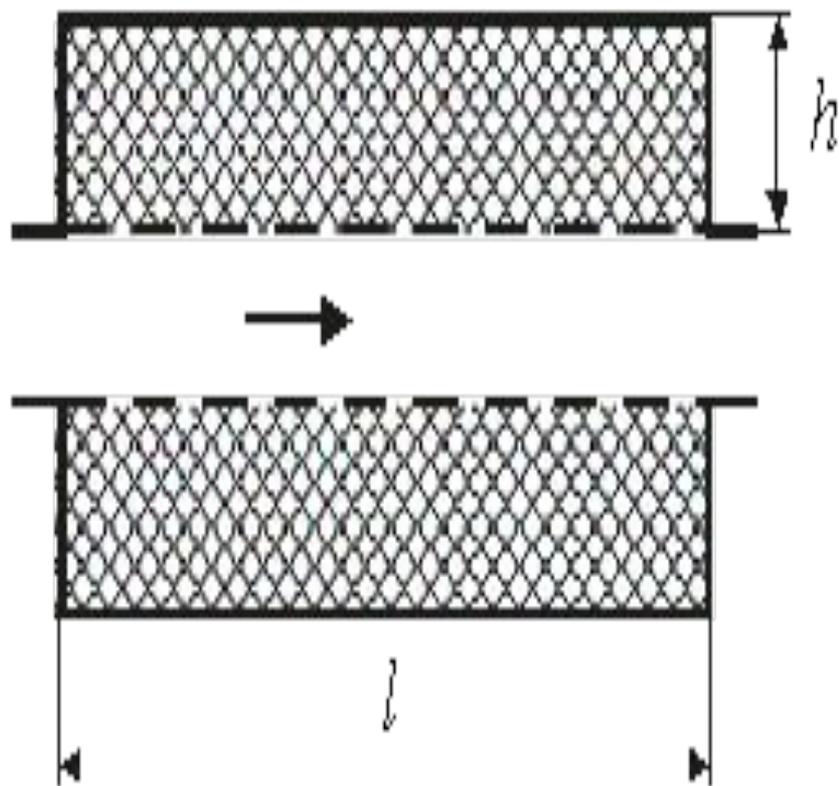


в)

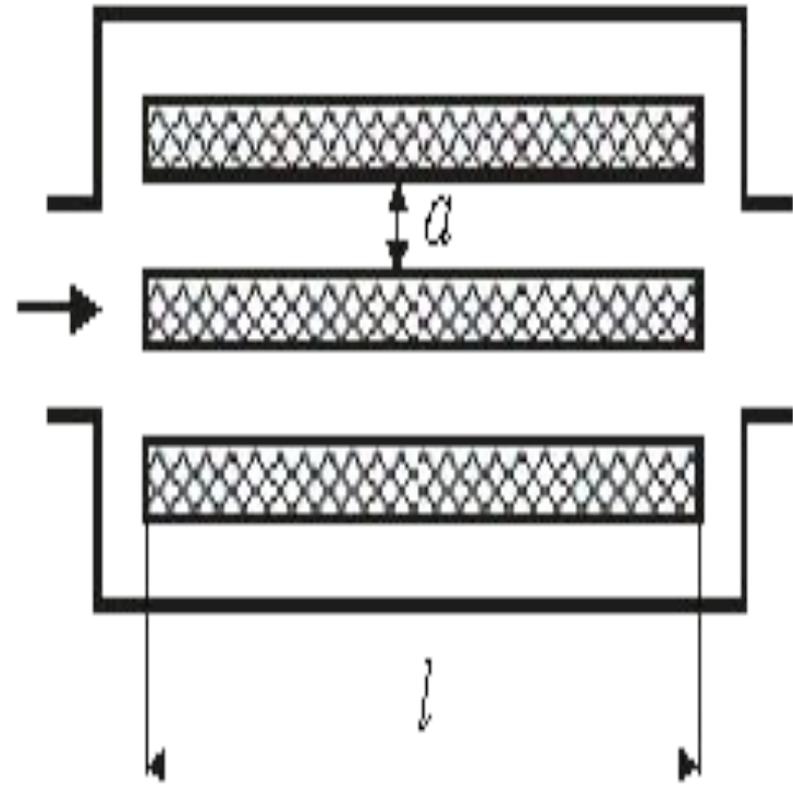


г)

- устройство **звукоизолирующих экранов** в местах размещения шумного оборудования (например, в районе редуционно-охлаждающих устройств);
- **облицовка потолков и стен** звукоизолирующими плитами (например, в помещениях блочных щитов управления - плитами «Акмигран», «Силакпор», в помещениях водозабора береговых насосных - минераловатными плитами с обивкой перфорированным металлическим листом);
- устройство **двойных дверей** без тамбуров или с тамбурами (например, обшивка металлическим листом, натуральным войлоком толщиной 30 мм с облицовкой дерматином или кожзаменителями);
- **облицовка внутренней поверхности** участков воздуховодов вентиляции и установок кондиционирования воздуха звукопоглощающими материалами или установка на этих участках типовых **глушителей шума**;



а)



б)

Диссипативные глушители: а – трубчатый; б - пластинчатый ⁶²



СНИЖЕНИИ
ЭНЕРГИИ
ЗВУКОВЫХ
КОЛЕБАНИЙ ПРИ
ПРОХОЖДЕНИИ
ОТРАБОТАННОГО
ВОЗДУХА ЧЕРЕЗ
ПОРИСТУЮ
СТРУКТУРУ
МАТЕРИАЛА

Уменьшение аэрогидродинамического шума

- за счет уменьшения скоростей обтекания тел потоком среды (газовой или жидкой),
- улучшение аэродинамических качеств обтекаемых тел,
- использование специальные шумопоглощающих элементы с криволинейными каналами.
- кавитационные шумы снижаются улучшением гидродинамических характеристик насосов и выбором оптимальных режимов их работы.
- снижение электромагнитного шума в трансформаторах достигается более плотной прессовку пакетов, использованием демпфирующих материалов.

Шум вентиляторов и дымососов

уровень шума вентиляторов и дымососов увеличивается пропорционально **шестой степени скорости** воздуха или газа (V^6), а производительность — первой степени.

Для снижения шума можно использовать менее быстроходные вентиляторы (с большим количеством лопаток большого диаметра).

Однако этот способ связан с большими капитальными затратами. Иногда можно уменьшить шум изменением направления потока, устанавливая направляющие лопасти.

Коллективные средства защиты

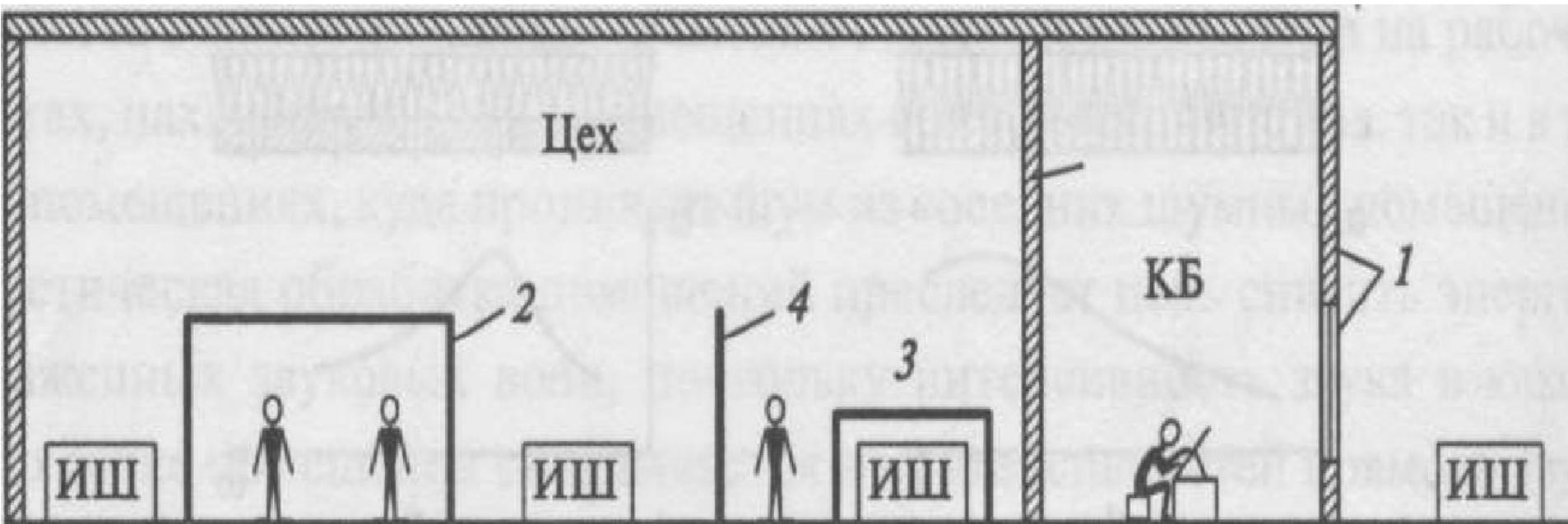
- Конструктивные и технологические изменения
- Звукопоглощение
- Архитектурно-планировочные
- Организационно-технические
- Глушители шума
- Звукоизоляция



Конструктивные и технологические изменения

звукоизоляция - устройство
звукоизолирующих кабин, кожухов,
ограждений, установка акустических
экранов

Средства снижения шума



- 1- звукоизолирующие ограждения ;
- 2- звукоизолирующие кабины и пульты управ;
- 3- звукоизолирующие кожухи;
- 4- акустические экраны.

Архитектурно-планировочные методы

- рациональная акустическая планировка зданий;
- размещение технологического оборудования, машин и механизмов в отдельных зданиях;
- рациональное размещение рабочих мест;
- планирование зон движения транспорта;
- создание шумозащищенных зон в местах нахождения человека (экраны, кабины, выгородки).

Организационно-технические мероприятия

- изменение технологических процессов;
- устройство дистанционного управления и автоматического контроля;
- планово-предупредительный ремонт оборудования;
- рациональный режим труда и отдыха

Защита от шума

- Зоны с уровнем звука или эквивалентным уровнем звука выше 80 дБА должны быть обозначены знаками безопасности по ГОСТ 12.4.026.
- Персонал, работающий в таких зонах, администрация обязана снабжать средствами индивидуальной защиты по ГОСТ 12.4.051.

Работать с применением средств защиты органов слуха



Шумозащитные наушники

АН-301В

горнодобывающая промышленность,
использование инструмента с
высоким уровнем шума
(пескоструйные аппараты, отбойные
молотки и т. д.)
аэропорты,
стрельбища

и Тепловые станции



Шлем шумозащитный



Шлем шумозащитный (с наушниками)

