

Техническая акустика и защита от шума



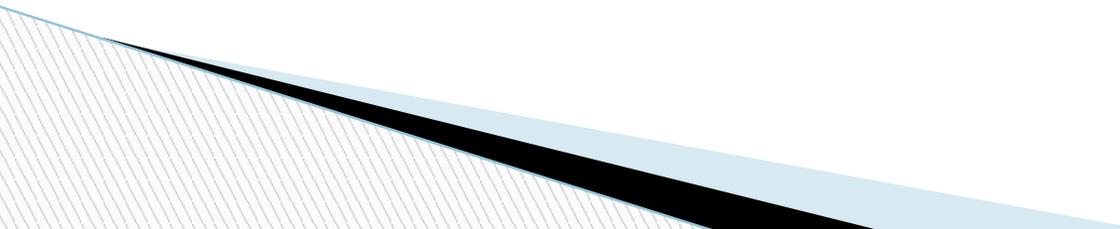
Лекция №6

Нормирование шумов. Эквивалентный по энергии уровень звука.
Предельно допустимые уровни звука для различных категорий тяжести труда.
Средства коллективной защиты от шума.
Коэффициенты отражения, поглощения и прохождения звуковой волны.
Реверберация.

30 Нормирование шумов.

Эквивалентный по энергии уровень звука

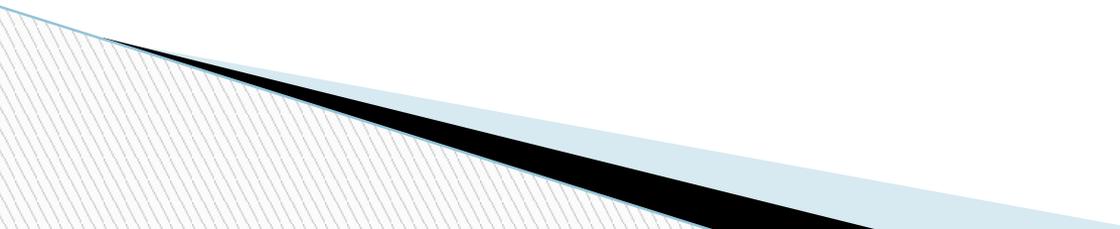
Нормирование шума на рабочих местах обычно осуществляют с учетом того факта, что организм человека в прямой зависимости от частотной характеристики, совершенно по-разному реагирует на шумы с одинаковой интенсивностью. Чем выше будет частота звука, тем сильнее будет его воздействие на человеческую нервную систему, т. е. степень вредности шума напрямую зависит и от его спектрального состава.



- Советским гигиенистам принадлежит приоритет в разработке принципов, методов и критериев гигиенического нормирования шума. В Советском Союзе **впервые в мире** были введены санитарные нормы и правила по ограничению шума на производстве. Они были разработаны в Ленинградском институте охраны труда ВЦСПС и утверждены Главным госсанинспектором СССР в 1956 г. (СН-205-56).

- ▣ Санитарные нормы устанавливают классификацию шумов; характеристики и допустимые уровни шума на рабочих местах; общие требования к измерению нормируемых величин; основные мероприятия по профилактике неблагоприятного влияния шума на работающих.
- ▣ При гигиенической оценке шумов, согласно санитарным нормам, классифицируются по 2 принципам - характеру спектра и по временным характеристикам (см. лекцию 5)

- В качестве характеристик **постоянного шума** на рабочих местах, а также для определения эффективности мероприятий по ограничению его неблагоприятного влияния принимаются уровни звуковых давлений в децибелах в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 31,5; 63; 125; 250; 1000; 2000; 4000 и 8000 Гц.
- Измеренные значения сравнивают с допускаемыми (см. вопрос 31).

- В качестве одно-числовой характеристики шума на рабочих местах применяется оценка уровня звука в дБ (А) (измеренных на временной характеристике «медленно» шумомера – считывание уровней шума производится с паузами 5-10 с), представляющих собой средневзвешенную величину частотных характеристик звукового давления с учетом биологического действия.
 - Как правило, современный шумомер выдает итоговое значение, не требующее корректировки.
- 

- Характеристикой непостоянного шума на рабочих местах является интегральный параметр - эквивалентный уровень звука в дБ (А).
- Понятие «эквивалентный уровень шума» выражает значение уровня за определенное время (при гигиеническом нормировании - 8 ч), усредненное по правилу равной энергии. Нормируемыми параметрами прерывистого и импульсного шума в расчетных точках следует считать эквивалентные (по энергии) уровни звукового давления $L_{\text{ЭКВ}}$ в дБ в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами 63, 125, 500, 1000, 2000, 4000 и 8000 Гц.

- Нормативным документом, регламентирующим уровни шума для различных категорий рабочих мест служебных помещений является [ГОСТ 12.1.003-83](#) «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности».
- Допустимые уровни звукового давления (эквивалентные уровни звукового давления) в дБ в октавных полосах частот, уровни звука и эквивалентные уровни звука в дБА для жилых и общественных зданий и их территорий следует принимать в соответствии со [СНиП 11-12-88](#) "Защита от шума".

Рабочее место	Уровень звукового давления в дБ в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц								Уровень звука, дБА, эквивалентный уровень звука, дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1. Помещения КБ, расчетчиков, программистов вычислительных машин, лабораторий для теоретических работ и обработки экспериментальных данных, приема больных здравпунктов	71	61	54	49	45	42	40	38	50
2. Помещения управлений (рабочие комнаты)	79	70	68	58	52	52	50	49	60
3а. Кабины наблюдений и дистанционного управления без речевой связи по телефону	94	87	82	78	75	73	71	70	80
3б. Кабины наблюдений и дистанционного управления с речевой связью по телефону	83	74	68	63	60	57	55	54	65
4. Помещения и участки точной сборки, маш.бюро	83	74	68	63	60	57	55	54	65
5. Помещения лабораторий для проведения экспериментальных работ, помещения для размещения шумных агрегатов вычислительных машин	94	87	82	78	75	73	71	70	80
6. Постоянные рабочие места и рабочие зоны в производственных помещениях и на территории предприятий, рабочие места водителя и обслуживающего персонала грузового автотранспорта, тракторов и др. аналогичных машин	99	92	86	83	80	78	76	74	85

Примечание. Допустимые уровни звукового давления в октавных полосах частот, уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочих местах следует принимать:

- для широкополосного постоянного и непостоянного (кроме импульсного) шума – по табл. 3.7;
- для тонального и импульсного – на 5 дБ меньше значений, указанных в таблице 3.7.

Помещения и территории	Уровни звукового давления L (эквивалентные уровни звукового давления L _{экв}) в дБ в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами в Гц								Уровни звука L _A и эквивалентные уровни звука L _{A экв}
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	в дБА
1. Палаты больниц и санаториев, операционные больницы	51	39	31	24	20	17	14	13	25
2. Жилые комнаты квартир, жилые помещения домов отдыха и пансионатов, спальные помещения в детских дошкольных учреждениях и школах-интернатах.	55	44	35	29	25	22	20	18	30
3. Кабинеты врачей больниц, санаториев, поликлиник, зрительные залы концертных залов, номера гостиниц, жилые комнаты в общежитиях	59	48	40	34	30	27	25	23	35
4. Территории больниц, санаториев, непосредственно прилегающие к зданию	59	48	40	34	30	27	25	23	35
5. Территории, непосредственно прилегающие к жилым домам (в 2м от ограждающих конструкций), площадки отдыха микрорайонов и групп жилых домов, площадки детских дошкольных учреждений, участки школ	67	57	49	44	40	37	35	33	45
6. Классные помещения, учебные кабинеты, аудитории школ и других учебных заведений, конференц-залы, читальные залы, зрительные залы театров, клубов, кинотеатров, залы судебных заседаний и совещаний	63	52	45	39	35	32	30	28	40
7. Рабочие помещения управлений, рабочие помещения конструкторских, проектных организаций и научно-исследовательских институтов	71	61	54	49	45	42	40	38	50
8. Залы кафе, ресторанов, столовых, фойе, театров, кинотеатров	75	66	59	54	50	47	45	43	55
9. Торговые залы магазинов, спортивные залы, пассажирские залы аэропортов и вокзалов, приемные пункты предприятий бытового обслуживания	79	70	63	58	55	52	50	49	60

Поправки к табл.

Влияющий фактор	Условия	Поправка в дБ или дБА
Характер шума	Широкополосный шум	0
	Тональный или импульсный (при измерениях стандартным шумомером) шум	-5
Местоположение объекта	Курортный район	-5
	Новый проектируемый городской жилой район	0
	Жилая застройка, расположенная в существующей (сложившейся) застройке	5
Время суток	День – с 7 до 23 ч	10
	Ночь – с 23 до 7 ч	0

Необходимость проведения мероприятий по снижению шума определяется:

- на действующих предприятиях на основании измерений уровней звукового давления на рабочих местах с последующим сравнением этих уровней с допустимыми по нормам $L_{p\text{доп}}$,
- на проектируемых предприятиях – на основании проведенного акустического расчета.

Акустический расчет включает:

- выявление источников шума и определение их шумовых характеристик;
- выбор расчетных точек и определение допустимых уровней звукового давления $L_{\text{доп}}$ для этих точек;
- расчет ожидаемых уровней звукового давления L_p в расчетных точках;
- расчет необходимого снижения шума в расчетных точках;
- разработка строительно-акустических мероприятий для обеспечения требуемого снижения шума или по защите от шума (с расчетом).

Акустический расчет выполняется во всех расчетных точках для восьми октавных полос со среднегеометрическими частотами от 63 до 8000 Гц с точностью до десятых долей дБ.

Окончательный результат округляют до целых значений.

Исходными данными для акустического расчета являются:

- геометрические размеры помещения;
- спектр шума источника (или источников) излучения;
- характеристика помещения;
- характеристика преграды;
- расстояние от центра источника (источников) до рабочей точки.

- Порядок расчета эквивалентного уровня шума такой:

$$L_{\text{э.в.}} = 20 \lg \frac{P}{P_0} \quad (1)$$

- где P - среднеквадратичная величина звукового давления, Па; P_0 - минимальное значение звукового давления в воздухе воспринимаемое органами слуха принимается равным $2 \cdot 10^{-5}$ Па.

- Среднеквадратичная величина звукового давления определяется по формуле:

$$P = \sqrt{(L_{A1} - L)^2 + \dots + (L_{Ai} - L)^2} \quad (2)$$

- где i - число измерений, L - среднее арифметическое всех измерений.

31 Предельно допустимые уровни звука для различных категорий тяжести труда

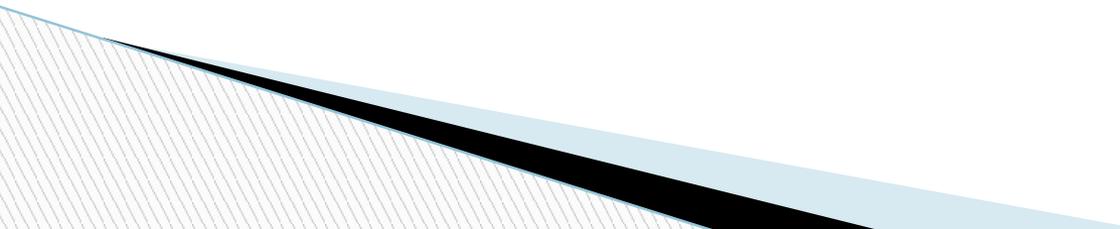
Рабочее место	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука (в дБА)	
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000		
В помещениях проектно-конструкторских бюро, расчетчиков	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50	
В конторских помещениях, в лабораториях	93	79	70	68	58	55	52	52	49	60	
В помещениях диспетчерской службы	96	83	74	68	63	60	57	55	54	65	
Дистанционное управление без речевой связи по телефону, в лабораториях	103	91	83	77	73	70	68	66	64	75	
Выполнение всех видов работ на рабочих местах	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80	
Жилые комнаты квартир	с 7 до 23 ч.	79	63	55	47	42	42	41	40	39	40
	с 23 до 7 ч.	72	52	45	45	42	45	41	40	39	30
Территории, непосредственно прилегающие к жилым домам	с 7 до 23 ч.	90	75	66	59	54	50	47	45	44	55
	с 23 до 7 ч.	83	67	57	49	44	40	42	43	40	45

32 Средства коллективной защиты от шума

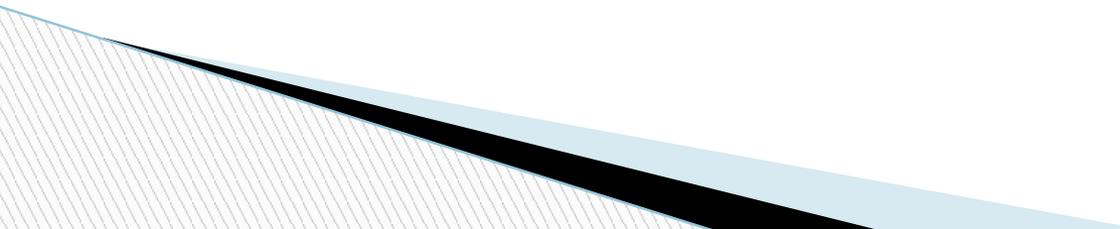


**ГОСТ 12.1.029-80. ССБТ.
Средства и методы защиты от
шума. Классификация**

Архитектурно-планировочные методы защиты от шума включают в себя:

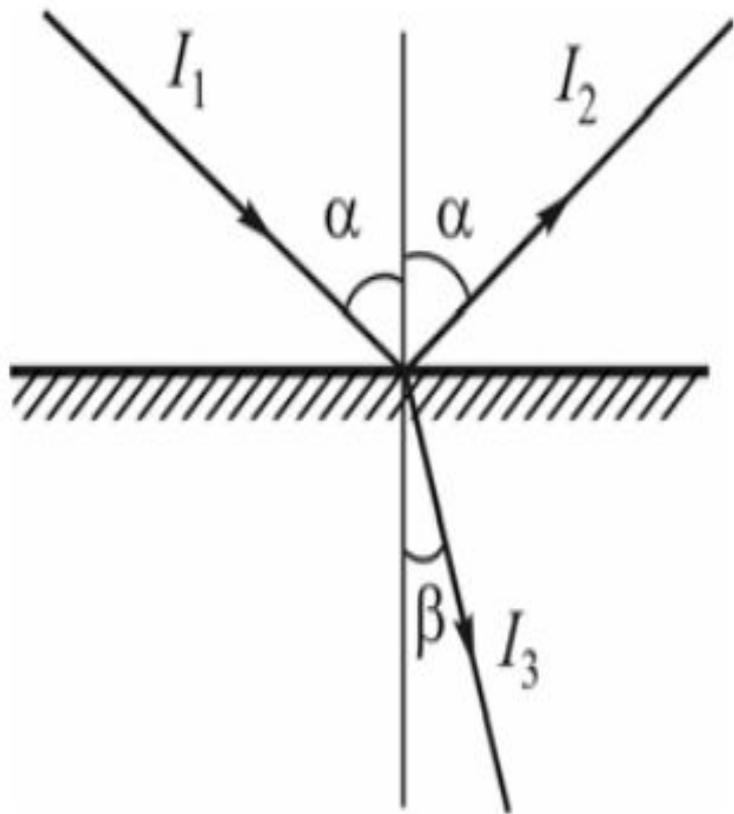
- рациональные акустические решения планировок зданий и генеральных планов объектов;
 - рациональное размещение технологического оборудования, машин и механизмов;
 - рациональное размещение рабочих мест;
 - рациональное акустическое планирование зон и режима движения транспортных средств и транспортных потоков;
 - создание шумозащищенных зон в различных местах нахождения человека.
- 

Организационно-технические методы защиты от шума включают в себя:

- применение малошумных технологических процессов;
 - оснащение шумных машин средствами дистанционного управления и автоматического контроля;
 - применение малошумных машин, изменение конструктивных элементов машин, их сборочных единиц;
 - совершенствование технологии ремонта и обслуживания машин;
 - использование рациональных режимов труда и отдыха работников на шумных предприятиях.
- 

33 Коэффициенты отражения, поглощения и прохождения звуковой волны

- Рассмотрим случай, когда на границу раздела двух сред падает звуковая волна, интенсивность которой I_1 , под углом α к нормали. Волна интенсивностью I_2 отразится от границы раздела под тем же углом α .
- Одновременно в другой среде будет распространяться волна интенсивностью I_3 .
- Проникая в другую среду, где скорость звука не такая, как в первой среде, волна I_3 отклоняется от своего первоначального направления.



Отношение $\beta = \frac{I_3}{I_1}$

называется коэффициентом проникновения, который зависит от отношения акустических сопротивлений сред.

Зависимость β от акустических сопротивлений сред при нормальном падении волны выражается формулой

$$\beta = 2 \frac{R_{a2}}{R_{a1} + R_{a2}},$$

где $R_{a1} = v_1 \rho_1$, $R_{a2} = v_2 \rho_2$ — акустические сопротивления сред.

Интенсивность волны, отраженной от границы раздела двух сред, определяется соотношением: $I_2 = I_1 - I_3$.

Отношение $\rho = \frac{I_2}{I_1}$ называют коэффициентом отражения.

Очевидна связь ρ и β : $\rho = 1 - \beta$.

В случае нормального падения звука на границу раздела двух сред коэффициент отражения определяется формулой

$$\rho = \frac{R_{a1} - R_{a2}}{R_{a1} + R_{a2}}$$

□ Поглощение звука — уменьшение интенсивности распространяющейся звуковой волны с расстоянием, обусловленное внутренним трением и теплопроводностью. В результате происходит необратимый переход части звуковой энергии в тепловую. У плоской звуковой волны такое ослабление звука на расстоянии x происходит по экспоненциальному закону:

$$I \sim e^{-\alpha x}$$

« α » - показатель звукопоглощающих свойств материала и называется коэффициентом звукопоглощения, α зависит от частоты звука. Значения коэффициента альфа (α) могут находиться в диапазоне от 0 до 1,00 (от полного отражения до полного поглощения).

В таблице ниже представлены коэффициенты звукопоглощения некоторых материалов:

Октавная полоса частот (Гц)	125	250	500	1000	2000	4000
Бетон	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.04
Гипсовая плита на каркасе	0.2	0.15	0.1	0.08	0.05	0.05
Окна	0.35	0.25	0.18	0.12	0.07	0.04
Плита из минеральной ваты 50 мм	0.2	0.65	1.0	1.0	1.0	1.0
Плита из минеральной ваты 100 мм	0.45	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0

- Таким образом, коэффициент поглощения — величина, обратная расстоянию x , на котором амплитуда волны при ее распространении уменьшается в e раз. Поглощение звука зависит от свойств среды, в которой распространяется звук, и от его частоты.
- Коэффициент поглощения обратно пропорционален квадрату длины волны или прямо пропорционален квадрату частоты звука.

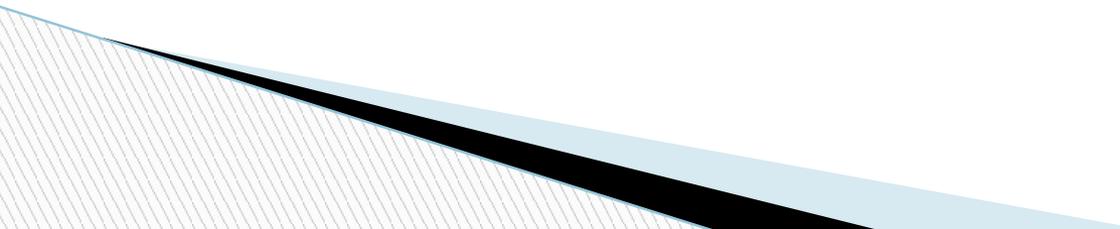
- В большинстве случаев звуки распространяются в виде сферических волн, и поэтому уменьшение интенсивности обуславливается как поглощением, так и рассеянием энергии. Сферическая звуковая волна с течением времени заполняет все больший объем. Поэтому с увеличением расстояния движение частиц воздуха все больше слабеет.

□ Окружим источник звука сферой радиусом R . Если сила излучаемого источником звука с течением времени не изменяется, то через выбранную поверхность будет протекать столько же звуковой энергии, сколько ее излучает источник:

$I_0 = 4\pi R^2 I_1$, где I_1 — сила звука, которая приходится на единицу поверхности сферы.

Таким образом, $I_1 = \frac{I_0}{4\pi R^2}$, т. е. интенсивность сферической звуковой волны уменьшается обратно пропорционально квадрату расстояния от источника.

34 Реверберация

- ▣ **Реверберация** — это процесс постепенного уменьшения интенсивности звука при его многократных отражениях. Иногда под реверберацией понимается имитация данного эффекта с помощью ревербераторов.
 - ▣ Явление реверберации состоит в суперпозиции различных эхосигналов от одного источника звука. Эффект реверберации можно наблюдать в закрытых помещениях после выключения источника звука.
- 

- С помощью реверберации можно создать эффект приближения и удаления источника звука. Для этого постепенно изменяют уровень реверберации, создавая иллюзию изменения акустического отношения, а значит, и впечатление изменения звукового плана.

Время реверберации

- ▣ Условно принятое время реверберации — время, за которое уровень звука уменьшается на 60 **дБ**.^[1]
- ▶ Для вычисления времени реверберации используют формулу, которая принадлежит **Сэбину**, первому исследователю архитектурной акустики:

$$T = \frac{0,164 V}{A}$$

▣ V – объем помещения, A – общий фонд звукопоглощения.

$$A = a_1S_1 + a_2S_2 + \dots + a_iS_i$$

▶ a_i – коэффициента звукопоглощения, S_i – площадь звукопоглощающей конструкции.