

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 6

РАСЧЕТ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ЗАЩИТЕ ОТ ШУМА

(4 часа)

1. Общие сведения

Физические характеристики шума

Звук и шум, под которыми понимается беспорядочное сочетание различных звуков, - это волнообразное колебательное движение частиц среды - газообразной, жидкой или твердой, опосредованно (в отличие от вибрации) пер дающих энергию оси источника к человеку через органы слуха.

Время, в течение которого совершается одно полное колебание источника звука или частицы среды, называют периодом колебания (за единицу периода колебания принята секунда). Количество полных колебаний, приходящийся на единицу времени, называют частотой колебания. Частота измеряется в герцах. Герц (Гц) - одно колебание секунду.

Изменение физического состояния среды из-за наличия в ней звуковых волн характеризуется звуковым давлением (измеряется в ньютонах на квадратный метр (Н/м^2) или колебательной скоростью частиц среды в метрах на секунду (м/с).

Звуковое давление представляет собой разность между мгновенным значением полного давления и средним, которое было в среде, когда звуковое поле отсутствовало.

Колебательная скорость частиц среды определяется мгновенным значением скорости колебательного движения частиц среды при распространении в ней звуковой волны.

Звуковые волны распространяются от источника их возбуждения во все стороны с конечной скоростью, которая зависит от физических свойств конкретной среды. Так, в остальных конструкциях скорость звука составляет около 5000 м/с, в резине - 40-150, в тканях человека 1500-1600, в воздухе - 340 м/с. В газообразных средах скорость звука увеличивается примерно на 0,6 м/с при повышении температуры на 1°C, в материалах с большим внутренним трением (резина, пластмасса, дерево) скорость звука варьирует в зависимости от частоты колебаний.

К важным характеристикам колебательного процесса относится интенсивность (сила) звука, представляющая собой количество звуковой энергии, переносимой звуковыми волнами от источника колебаний за 1 с через поверхность в 1 м^2 перпендикулярно к распространению звуковых волн. Интенсивность звука (измеряется Вт/м^2) зависит от места расположения точки измерения, направленности излучения /м.1 и условий распространения звуковых волн. Эти важные в технической акустике понятия будут рассмотрены ниже.

Физиологические характеристики шума

Человеческое ухо воспринимает звуковые колебания в диапазоне частот от 16 до 20 000 Гц. Нижний предел устами, трудно, так как звуки ниже 20 Гц воспринимаются другими областями нервной системы, а верхний - колеблется в зависимости от возраста и индивидуальных особенностей человека. При большом сроке работы в шумовых условиях снижается способность восприятия звуков частотой выше 1000 Гц.

Ухо человека - наиболее точный с очень широким диапазоном оценки ощущений: от шума тока крови, броуновского движения молекул до рева двигателей реактивных самолетов, ракет, что лежит уже выше болевого порога (за которым следует баротравма - разрыв барабанной перепонки) или в численном выражении от 10^{-12} до 100 Вт/м^2 . Практически ни один существующий прибор не сможет провести измерения в таком динамическом диапазоне.

Поэтому удобнее пользоваться логарифмической шкалой, когда любое число можно представить десятичным логарифмом. Переход на одно деление по этой шкале соответствует изменению интенсивности звука в 10 раз. Десятичный логарифм отношения интенсивности к пороговой величине (10^{-12} Вт/м^2) назвали белом. Удобнее пользоваться десятичными долями бела - децибелами, в которых выражается уровень интенсивности шума (звука). Уровень интенсивности можно определить и по величине звукового давления, квадрату которого пропорциональна интенсивность звука.

Важной характеристикой шума является спектр, так как он содержит наиболее полную информацию по распределению звуковой энергии во всем диапазоне частот. Звуковой диапазон частот разделен на полосы - октавы, в которых верхний предел имеет частоту вдвое больше нижнего. На практике звуки делятся на восемь октавных полос среднегеометрическими частотами 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц.

Область наибольшей чувствительности органа слуха находится в диапазоне 700-2500 Гц.

Порог слышимости:

$$\lg \frac{I_{\text{п.с.}}}{I_{\text{п.с.}}} = \lg \frac{10^{-12}}{10^{-12}} = \lg 1 = 0 \text{ Бел}$$

Болевой порог:

$$\lg \frac{I_{\text{п.с.}}}{I_{\text{п.с.}}} = \lg \frac{10^{-12}}{10^{-12}} = \lg 10^{14} = 14 \lg 10 = 14 \text{ Бел} = 140 \text{ дБел}$$

Техническая акустика

Техническая акустика рассматривает вопросы борьбы с шумом на основе инженерных методов, включающих в частности:

- снижение шума в источнике за счет устранения причин, вызывающих шумообразование;
- изменение условий, способствующих передаче шума и туковых вибраций на пути их распространения;
- звукоизоляцию и звукопоглощение.

Эти методы основаны на теории звуковых процессов и особенностях распространения звука при наличии преград.

Рассеяние звука - отклонение звуковых волн по различным направлениям - наблюдается при их падении на преграды небольших размеров. Преграды в виде частичек пыли или небольшого тумана почти не оказывают влияния на распространение звука.

Значительному рассеянию звука способствуют преграды из акустически мягких тел, например, капли воды в воздухе. При падении звуковых волн на преграды в виде щитов экранов размерами до нескольких метров) наблюдается явление дифракции - огибание преград и заход звуковых волн за препятствие в зону так называемой звуковой тени. Чем меньше частота звука (или больше длина волны), тем меньше, при данном ограниченном размере преграды, область

тени за препятствием. Дифракция снижает эффективность средств защиты от шума (перегородок, экранов, кожухов и других звукоизолирующих конструкций).

Одним из методов борьбы с шумом является звукопоглощение, которое основана на способности материалов и конструкций отбирать энергию падающих на них звуковых волн и превращать ее в тепло. Звукопоглощающие свойства принято оценивать коэффициентом звукопоглощения. Чем выше его величина, тем большее количество звуковой энергии поглощается. Современные материалы и конструкции способны поточать 60-90% и более падающей на них звуковой энергии.

ВЛИЯНИЕ ШУМА НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА

Шум в первую очередь воздействует на орган слуха человека. Действие шума на организм зависит от его интенсивности. Организм человека адаптирован к шумовому воздействию в обычных жизненных условиях и его отсутствие (полная тишина) в течение длительного времени действует на человека угнетающе. Шумы незначительной интенсивности (до 30 дБ) не воспринимаются человеком отрицательно, например шум дождя, тихая музыка и т.д.

Производственный и бытовой шум, превышающий предельно допустимые нормативы и действующий в течение длительного времени, оказывает вредное воздействие как на орган слуха, так и на весь организм в целом. Особенно неблагоприятен высокочастотный шум. Вредное воздействие шума на орган слуха проявляется в развитии профессиональной тугоухости и глухоты. В начальной стадии заболевания отмечается шум в ушах, который постепенно становится более интенсивным и постоянным. Понижается восприятие шепотной речи при хорошей слышимости разговорной. Продолжающееся воздействие интенсивного шума приводит к прогрессированию тугоухости вплоть до потери слуха.

Развитие тугоухости зависит от времени пребывания в условиях шума, превышающего предельно допустимые величины, т.е. стажа работы в шумовых условиях. Вероятность повреждения органа слуха в зависимости от стажа работы приведена в табл. 1.

Таблица 1.

Риск повреждения органа слуха от шума, %

Уровни шума, дБ	Стаж работы в условиях шума, лет			
	5	10	15	20
80	0	0	0	0
90	4	10	14	16
100	12	29	37	42
110	26	55	71	78

Степень потери слуха устанавливается с помощью специальных приборов-аудиометров. Она определяется как среднеарифметическое речевых частот (500, 1000, 2000 Гц) с учетом потери слуха на частоте 4000 Гц как признака профессионального воздействия шума (табл. 2).

Классификация потери слуха

степень потери слуха	Величина потери слуха, дБ	
	Среднеарифметическое значение на частотах 500, 1000, 2000 Гц	На частоте 4000 Гц
Начальные признаки воздействия шума на органы	Меньше 10	Меньше 40
Снижение слуха		
- легкое (I степень)	10-20	60±20
- умеренное (II степень)	21-30	65±20
- значительное (III степень)	31 и более	70±20

Кроме непосредственного воздействия на орган слуха, интенсивный шум оказывает неблагоприятное влияние на весь организм человека и в первую очередь, на сердечно - сосудистую и нервную системы.

Изменения в сердечно - сосудистой системе сопровождаются неприятными ощущениями и покалыванием в области сердца, сердцебиением, неустойчивостью показателей кровяного давления и пульса. Эти изменения в дальнейшем могут привести к развитию гипертонической болезни.

Нарушения нервной системы выражаются в повышенной утомляемости, общей слабости, головокружениях, головной боли, раздражительности, потливости, нарушениях сна, снижении памяти. Изменения нервной системы способствуют возникновению заболеваний неврозами и невритами.

В тех случаях, когда воздействие шума сочетается с действием других вредных производственных факторов (вибрация, пыль, неблагоприятный микроклимат), а также нервно-эмоциональным напряжением, изменения органа слуха, сердечно - сосудистой и нервной систем происходят раньше и выражаются резче, так как подобные условия, как установлено, равносильны при нормальном микроклимате увеличению интенсивности шума на 10-15 дБ.

НОРМИРОВАНИЕ ШУМА

В качестве основных критериев, определяющих безвредность и безопасность шумов в условиях производства, приняты уровень и частотный состав шума, постоянное воздействие которого не вызывает у работающих (более 95%) профессиональной потери слуха, ухудшения общего состояния здоровья и не нарушает удовлетворительной разборчивости речи. Этот принцип нормирования - регламентация предельно допустимых уровней звукового давления в восьми октавных полосах со среднегеометрическими частотами 63, 125, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц - является основным. Другие характеристики шума, например суммарная длительность шума за рабочую смену, характер шума и др., учитываются при этом в виде поправок. Для приближенной оценки шума применяется уровень шума в децибелах. Этот показатель является интегральным и выражается одним числом. Уровень звука может быть вычислен по известным октавным уровням звукового давления или определен непосредственно при измерениях.

Чтобы обеспечить объективный подход к установлению безопасных величин и надежную защиту от вредного воздействия, шумы классифицированы по спектральному составу (характеру спектра) и времени его действия за рабочую смену.

По характеру спектра шумы подразделяются на широкополосные - с равномерным распределением звуковой энергии по октавным полосам частот и тональные, при действии которых отчетливо слышны тональные составляющие.

Таблица 3.

Допустимые уровни постоянного широкополосного шума

рабочие места	Уровни звукового давления (дБ) в октавных сах со среднегеометрическими частотами, ГЦ								Уров- ни зву- ка, дБ
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Постоянные в производственных помещениях, на Территории предприятий И в горных Выработках шахт Кабины наблюдений И дистанционного управления	99	92	86	83	80	78	76	74	85
			I						
Без печевой связи По телефону	94	87	82 78		75	73	71	70	80
С печевой связью По телефону	83	74	68	63	60	57	55	54	65
помещения управления, рабочие комнаты	79	70	68	58	55	52	50	49	60
Помещения и участки Точной сборки машинописные бюро	83	74	68	63	60	57	55	54	65
Помещения бюро, расчетчиков Программистов лабо Для теоретических работ	71	61	54	49	45	42	40	38	50

По временным характеристикам шумы делятся на постоянные, уровень звука которых за рабочую смену изменен не более чем на 5 дБ, и непостоянные, уровень звука которых изменяется более чем на 5 дБ.

Непостоянные шумы, в свою очередь, подразделяются на:

- Колеблющиеся во времени, уровень звука которых непрерывно изменяется во времени;
- Прерывистые, к которым относятся шумы с уровне резко падающим до фонового шума (шума в рабочей зоне, когда источник шума не действует). При этом продолжительность такого шума с постоянным уровнем составляет одну или более секунд;
- Импульсные, которые состоят из одного или нескольких звуковых сигналов, каждый длительностью менее 1 с.

Предельно допустимые значения уровней шума для различных категорий производств дифференцированы. При этом меньшие уровни звукового давления приняты для работников, выполняющих умственную работу или работы требующие напряжения

внимания. Установлены таю меньшие уровни звукового давления для высоких част как более вредных и неприятных для человека.

2. РАСЧЕТ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ЗАЩИТЕ ОТ ШУМА

Для заданных условий (варианты даны в табл.16) требуется:

- определить уровень звукового давления в расчетной точке, пользуясь формулами, приведенными в таблице 4;
- определить требуемое снижение уровня звукового давления в расчетной точке;
- спроектировать тип защитного устройства и рассчитать его эффективность.

Расчет суммарных уровней звукового давления

В качестве расчетной точки для расчета мероприятий по защите от шума выбирают либо исследуемое рабочее место, либо место с максимальным уровнем шума на вые те 1,5 м от пола. Формулы для расчета уровней звукового давления в расчетной точке от имеющихся источников шума приведены в табл. 4. Выбор формул зависит от загруженности помещения оборудованием.

Таблица 4.

Формулы к расчету суммарных уровней звукового давления

Условия	Формула
Поле диффузно (менее 3 источников шума): каждый источник сумма n разнотипных источников (n≥3); сумма n одинаковых источников.	$L = L_p + 10 \lg \left(\frac{1}{\Omega \cdot r^2} + \frac{4}{B} \right)$ $L_{с.ум} = 10 \lg \sum_{j=1}^n 10^{0,1L_j}$ $L_{с.ум} = L + 10 \lg n$
Поле недиффузно (более 3 источников шума): однотипное оборудование разнотипное оборудование	$L_{сум} = L + 10 \lg \left[\sum_{j=1}^n \Phi_B(x_j) + m \cdot \Phi_B(\bar{x}_m) \right] - 20 \lg H$ $L_{сум} = 10 \lg \left[\sum_{n=1}^N 10^{0,1L_{pn}} \cdot \Phi_B(x_n) + \sum_{m=1}^M 10^{0,1L_{pm}} \cdot \Phi_B(x_m) \right] - 20 \lg H$

В таблице использованы следующие обозначения:

L - уровень звукового давления, создаваемый одним источником в расчетной точке, дБ;

L_p - уровень звуковой мощности источника, дБ;

Ω - пространственный угол (в стерadians), в пределах которого излучается звук. Угол Ω зависит от расположения источника шума. Если источник излучает звук во все стороны пространства, то Ω = 4π. Для источника, расположенного на поверхности территории (на

полу цеха), $\Omega = 2\pi$. При расположении источника в двухгранном углу (шумный агрегат находится на полу цеха около стены) - $\Omega = \pi$. А для случая расположения источника шума в углу на полу помещения в трехгранном углу) $\Omega = \pi/2$;

r_j - расстояние от акустического центра источника (проекция геометрического центра источника на плоскость) до расчетной точки, м;

V - постоянная помещения, м³;

L_j - уровень звукового давления в расчетной точке от j -того источника шума;

L_m - уровень звукового давления наиболее шумного источника, дБ;

H - высота производственного помещения, м;

n - количество работающих агрегатов первого ряда, ближайших к расчетной точке: $n = 2$ при расположении расчетной точки между двумя работающими агрегатами, $n = 4$ при расположении расчетной точки между четырьмя работающими агрегатами;

m - количество работающих агрегатов второго ряда относительно расчетной точки;

$x_j = r_j / H$, здесь r_j - расстояние в плане между расчетной точкой и акустическим центром j -ого агрегата, м;

$x_m = r_m / H$, здесь r_m - среднее расстояние в плане до агрегата второго ряда, м; $\Phi_A(X)$,

$\Phi_B(XM)$ - функции мнимых источников, определяемые по графику представленному на рис.1 а (в зависимости от значений Π при X_j и $x_m < 0,4$);

$u = q \cdot H$ здесь q - показатели затухания звука в воздухе, принимаемый по табл. 5.

Таблица 5.

Показатели затухания звука в воздухе q

F, Гц	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$10^4 q, м^{-1}$	1,4	1,4	2,9	5,9	9,5	2,5	6,5	2,3

Значения требуемого снижения шума ΔL_T , обеспечивающие на рабочих местах допустимые по нормам уровни звукового давления, определяются по формуле:

$$\Delta L_T = L - L_d, \quad (1)$$

Где L - октавный уровень звукового давления в расчетной точке, дБ;

L_d - допустимый октавный уровень звукового давления (табл. 3).

Постоянная помещения V определяется по формуле:

$$V = kM, \quad (2)$$

где $K = 0,05$ для цехов, машинных залов и т.п.; $k = 0,1$ для кабин управления, комнат без звукопоглощающей облицовки; $k = 0,6$ для помещений со звукопоглощающей облицовкой потолка и части стен;

V - объем помещения, м³;

M - частотный коэффициент, принимаемый по табл. 6.

Таблица 6.

Частотный коэффициент ц

Объем помещения, м ³	Среднегеометрические частоты октавных полос,							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
<200	0,92	0,86	0,8	0,92	1,15	1,6	2,1	2,4
200-1000	0,65	0,62	0,64	0,75	1	1,5	2,4	4,2
>1000	L	0,4	0,44	0,56	0,8	1,3	2,4	4,8

3. Пример расчета задания 2

а) Рассчитать уровень звукового давления в расчетной точке (рабочее место) помещения 15x12 м и высотой 8 м, в котором имеется три однотипных источника шума. Исходные данные приведены в табл. 7, 8.

Таблица 7.

Показатели	№ варианта
Наличие источников шума	Расположены в одном ряд]
Звуковое поле	Диффузное
Расстояние от источника до расчетной ТОЧКИ Г ₁ , М	г ₁ =6,0 Г ₂ =3,0 г ₃ =6,0
Размеры помещения, м	15x12
Высота помещения Н, м	8
Защитные средства: к - кожух зв - звукопоглощающая облицовка в - выгородка э - экран	к+зв сталь
Расстояние до экрана г, м	-
Размеры выгородки в плане, м	-
Высота выгородки, м	-
Площадь открытых проемов S _о	-
Размер кожуха Бхсх, м	3,7x1,7x2,1
Толщина стенки кожуха h, мм	2
Расстояние между кожухом и источником шума h-1, мм	100

Таблица 8.

Характеристики источников шума

	значения величин в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
	106	102	96	94	89	85	82	79
	99	92	86	83	80	78	76	74
	0,12	0,35	0,65	0,90	0,95	0,99	1,0	1,0

Коэффициент звукопоглощения для минероловатных полужестких плит толщиной 50 мм.

Условия	формула
1. поле диффузно (не менее 3 источников шума): А) каждый источник Б) сумма n разнотипных источников (n>3) В) сумма n одинаковых источников	$L = L_p + 101g(1/a-r^2+4/B)$ $L_{cyM}=101gf^{>or1L}$

1. Определяем объем помещения: $V=15 \times 12 \times 8=1\,440\text{ м}^3$.
2. Частотный коэффициент α принимается по таблице 6.

Объем помещения	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц							
м^3	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
> 1000	0,4	0,4	0,44	0,56	0,8	1,3	2,4	4,8

3. Коэффициент $k=0,05$ для цехов, машинных залов и т.п.
4. Находим постоянную помещения B по формуле: $B=k\alpha V$.
5. Зная, постоянную помещения, рассчитываем уровни звукового давления в расчетной точке от каждого источника по формуле:

$$L = L_p + 101g \frac{1}{r^2 + 4/B}$$

6. Так как значения L_1, L_2, L_3 при разных частотах отличаются не более чем на 7 дБ, то суммарный уровень звукового давления, создаваемого всеми тремя источниками на рабочем месте, определяем по формуле:

$$L_{cyM} = L + 101m$$

7. Почастотная разность между допустимым уровнем звукового давления $L_{доп}$ и фактическим $L_{факт}$ на рабочем месте дает значение требуемого снижения шума ΔL .
8. Все рассчитанные значения заносим в таблицу 10.

Таблица 11.

Результаты расчета

Величины	Значения величин в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
L_p	106	102	96	94	89	85	82	79
m	0,4	0,4	0,44	0,56	0,8	1,3	2,4	4,8
B	29	29	32	40	58	94	173	346
L_1	98	94	87	84	78	72	66	61
L_2	98	94	88	85	78	73	68	64
L_3	98	94	87	84	78	72	66	
L_{cyM}	117	113	107	105	100	96	93	
$L_{доп}$	99	92	86	83	80	78	76	74
ΔL	18	21	21	22	20	18	17	16

Как видно из табл. 10, суммарное значение уровня звукового давления от 3^x источников L_{cyM} во

всех октавных полосах превышает допустимые значения h_g . Следовательно очевидно применение средств защиты от шума.

б) Расчет защитных устройств. Защитные устройства возможны двух типов: изолирующие либо источник шума либо работающего человека. К первому типу относятся звукоизолирующие боксы, звукоизолирующие кожухи, ко второму – звукоизолирующие кабины, выгородки, экраны. Фактическая звукоизоляция ограждениями должна обеспечивать снижение шума на рабочих местах до уровней, допустимых нормам, во всех октавных полосах со среднегеометрическими частотами 63, 125, 500, 1000, 2000, 4000 и 8000 Гц.

Для проверки того, насколько эффективны выбранные материалы и конструкции, наиболее рациональным является графоаналитический метод, который состоит в графическом построении частотных характеристик фактической и требуемой звукоизоляции.

Снижение уровня звукового давления на средних и высоких частотах при устройстве выгородки определяется по формуле:

$$\Delta L = 101 \lg(1 + aS/S_0)$$

Где S - площадь стенок ограждающей конструкции выгородки, m^2 ;

S_0 - площадь открытой части рабочего места, m^2 ;

a - коэффициент звукопоглощения облицовки (см. табл. 8)

При установке экрана снижение уровня звукового давления определяется по формуле:

$$\Delta L = 1 - \lg(1 + V/8\pi r^2),$$

Где V – постоянная помещения, m^3 ;

r – расстояние от источника шума до рабочего места;

Экраны изготавливают из стальных или алюминиевых листов толщиной 1,5-2,0 мм. Листы облицовывают звукопоглощающим материалом (обычно с двух сторон) толщиной не менее 50 мм.

В акустически необработанных помещениях снижение уровня шума экраном составляет обычно не более 2-3 дБ. Эффективность экрана повышается при облицовке звукопоглощающими материалами и может достигать 16 дБ.

Звукоизолирующие кожухи являются, как правил наиболее эффективным средством уменьшения шума оборудования в непосредственной близости от источника.

Размеры кожуха выбираются такими, чтобы расстояния между внутренней поверхностью кожуха и оборудована было возможно большим, так как увеличение этого расстояния, например, в два раза повышает акустическую эффективность кожуха примерно на 6 дБ. Кожухи выполняются из листовой стали толщиной от 1 до 4 мм и дюралюминия толщиной от 2 до 6 мм. Применение материалов бол шей толщины нецелесообразно. Внутренние поверхности стенок кожухов необходимо облицовывать звукопоглощающим материалом толщиной не менее 50 мм.

Акустическая эффективность кожуха ДЦ, т.е. снижение уровня звукового давления в помещении после его установки определяется по формуле:

$$\Delta L_k = \Delta L + \Delta L$$

- Где ΔL - акустическая эффективность кожуха без звукопоглощающей облицовки,

дБ, частотная характеристика которой определяется по рис. 2. Значения координат точек А, В и С находятся по табл. 11;

- R - звукоизоляция экранирующего устройства;
- ΔL - частотная характеристика повышения акустической эффективности кожуха за счет звукопоглощающей облицовки, определяется по рис. 3. Значения координат точек А, В и С находят по табл. 12.

Табл. 12.

Координаты точек А, В и С на рис. 3 и рис. 5

f_A , Гц	ΔR_A	f_B , Гц	ΔR_B	f_C , Гц	ΔR_C , дБ	
					сталь	алюминий
$\frac{6}{\delta}$	0	Место для формулы!	140	12	для кожуха	
					$0,013 - \gamma_m + 20$	$0,011 \gamma_m \delta + 20$
					для плиты	
					$1,8 \Delta R_B$	$1,5 \Delta R_B$

Примечания: δ - толщина звукопоглощающего слоя; h - толщина стенки кожуха или облицовочной плиты, м; γ_m - удельное сопротивление материала продуванию; для полужестких минеральных плит $\gamma_m = 5,5 \cdot 10^3 \text{ Па} \cdot \text{с} / \text{м}^2$. Значение абсциссы f_B принимается равным наибольшему из двух значений. При $\delta > 1500 / \gamma_m$ следует принимать $\gamma_m = 1500 / \delta$.

Формула (5) применима в случаях, когда расстояние между кожухом и корпусом машин h не превышает одно; четверти характерного размера кожуха l . Характерный размер определяется по формуле:

$$l = \sqrt{\frac{2ab + 2ac + bc}{5}}$$

где a, b, c - размеры кожуха

При больших расстояниях звуковое поле внутри кожуха можно считать диффузным и рассчитывать его акустическую эффективность по формуле:

$$\Delta L_k = R_0 + \Delta R + 10 \lg a$$

где R_0 - звукоизоляция стенкой кожуха без облицовки (определяется по рис. 4), дБ;

ΔR - дополнительная звукоизоляция звукопоглощающем при наличии облицовки (частотная характеристика приведена на рис. 5), дБ.

Таблица 13.

Координаты точек В и С частотной характеристики звукоизоляции ограждениями из металла, стекла, асбоцемента и сухой штукатурки

Материал	f_B , Гц	R_B , дБ	R_C , дБ
Сталь	6000/h	39	31
Алюминиевые сплавы	6000/h	32	22
Стекло силикатное	8000/h	35	29
Стекло органическое	17000/h	37	30
Асбоцементные Листы	11000/h	36	30

Сухая гипсовая штукатурка Примечание: $f_c=2f_B$	19000/h	36	30
--	------------------	----	----

Соединяем точки А, В и С прямой линией. Из точки А влево проводим горизонтальную прямую, а из точки С вправо вниз прямую с наклоном 5 дБ на октаву. Определяем по графику значения акустической эффективности кожуха без облицовки для всех октавных полос и вносим полученные данные в табл. 14.

Определяем частотную характеристику повышения акустической эффективности кожуха ΔL_T за счет звукопоглощающей облицовки.

Определяем требуемое снижение уровня звукового давления ΔL_T по формуле

$$\Delta L_T = L - L_d$$

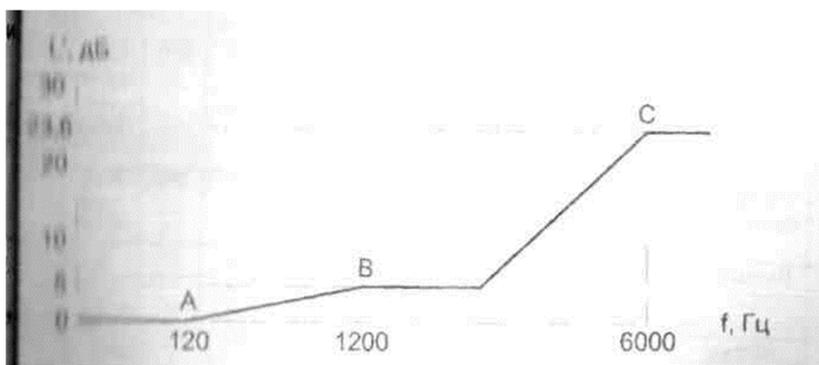
Для принятых размеров кожуха

$$1/4 = \sqrt{2ab + 2ac + bc} / 4 = 2,4/4 = 0,6 \text{ м,}$$

т.е $h < 1/4$. Поэтому расчет акустической эффективности кожуха производим по формуле $\Delta L_k = \Delta L + \Delta L'$.

Определим акустическую эффективность кожуха ΔL без облицовки. Для этого

рассчитываем координаты точек А, В, С по данным табл. 11 и строим по ним график частотной характеристики кожуха, рис. 6.



Определяем по графику значение акустической эффективности кожуха без

облицовки для всех октавных полос вносим полученные данные в табл. 14.

Таблица 14.

Результаты расчета

Величины, дБ	Значения величин в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
L	117	113	107	105	100	96	93	90
L _д	99	92	86	83	80	78	76	74
ΔL_T	18	21	21	22	20	18	17	16
ΔL	5	2	6	10	14	19	21	16
$\Delta L'$	-	1	2	3	4	11	19	26
ΔL_k	5	3	8	13	18	30	40	42

Определяем частотную характеристику повышения акустической эффективности кожуха $\Delta L'$ за счет звукопоглощающей облицовки. В качестве последней принимаем минераловатые полужесткие плиты.

Толщина облицовки $\delta=50$ мм.

Из табл. 12 находим координаты точек А, В, С:

Координаты точек А, В и С на рис. 7

f_a , Гц	ΔR_A , дБ	f_B , Гц	ΔR_B , дБ	f_c , Гц	ΔR_c , дБ
6/8	0	$60/\delta$ или $\gamma_M/8$	$\gamma_M \delta/140 + 3$	$12/h_1$	Для кожуха $0,013^*$ $\gamma_M + 20$ для плиты $1,8 * \Delta R_B$

δ - толщина звукопоглощающего слоя; h - толщина стен кожуха или облицовочной плиты, м; γ_M - удельное сопротивление материала продуванию для полужестких минераловатных плит $\gamma_M = 5,5 \cdot 10^3 \text{ Па}\cdot\text{с}/\text{м}^2$. Значение абсциссу принимается равным наибольшему из двух значений. При $\delta > 1500/\gamma_M$ следует принимать $\gamma_M = 1500/\delta$

$$f_a = 6/\delta = 6/0,05 = 120 \text{ Гц}; \Delta R_A = 0;$$

$$f_B = 60/\delta = 60/0,05 = 1200 \text{ Гц}$$

$$\text{или } f_B = \gamma_M/8 = 5,5 \cdot 10^3/8 \approx 687 \text{ Гц};$$

принимаем наибольшее значение $f_B = 1200 \text{ Гц}$

$$\Delta R_B = \gamma_M \cdot \delta/140 + 3 \approx 5 \text{ дБ};$$

$$f_c = 12/h_1 = 12/0,002 = 6000 \text{ Гц};$$

$$\Delta R_c = 0,013 \cdot \gamma_M + 20 = 0,013 \cdot 5,5 \cdot 10^3 \cdot 0,05 + 20 = 23,6 \text{ дБ}$$

По этим координатам строим график повышения акустической эффективности кожуха, рис. 7.

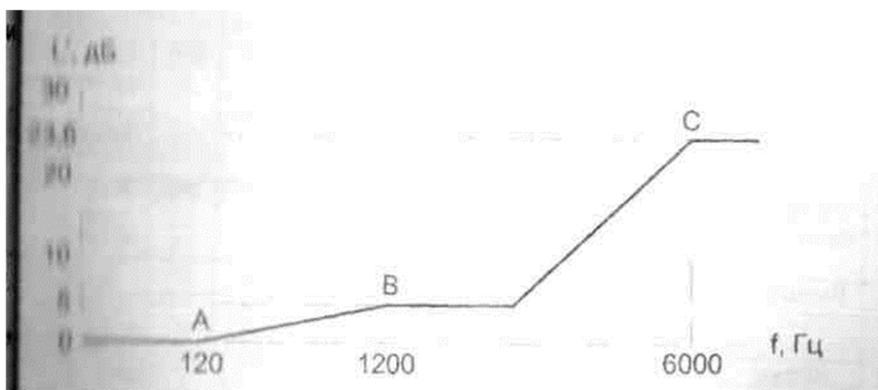


Рис.7. Частотная характеристика повышения акустической эффективности кожуха за счет звукопоглощающей облицовки

Из графика находим значение $\Delta L'$ в октавных полосах частот и заносим в табл. 14.

Складываем на каждой частоте значения ΔL и $\Delta L'$ получаем искомую акустическую эффективность кожуха ΔL_k с облицовкой.

Из табл. 14 видно, что требуемое снижение шума ΔL_T только в октавных полосах более 1000 Гц не превышает расчетную эффективность кожуха ΔL_k . При установке звукоизолирующего кожуха принятой конструкции на рабочем месте уровни звукового

давления будут превышать допустимые на октавных полосах 65; 125; 250; 1000 Гц. Для нормализации условий труда по шумовому фактору очевидно использование СИЗ или экрана эффективной защиты от шума. По массе и силе прижатия к околоушной области наушники и вкладыши делятся на три группы: А, Б и В. Требуемая эффективность, масса и сила прижатия по: типам и группам СИЗ, приведены в таблице 15.

Таблица 15,

Тип СИЗ	Группа	Эффективность, дБ, не менее на частоте, Гц						8000	Масса, кг не более	Сила приж. Н, <
		125	250	500	1000	2000	4000			
Наушники (антифоны)	А	12	15	20	25	30	35	35	0,35	8
	Б	5	7	15	20	25	30	30	0,28	5
	В	-	-	5	15	20	25	25	0,15	4
Вкладыши	А	10	12	15	17	25	30	30	-	-
	Б	5	7	10	12	20	25	25	-	-
	В	5	5	5	7	15	20	20	-	-
Шлемы	-	17	20	25	30	35	40	40	0,85	-

В данном случае превышение норм наблюдается по низким и средним частотам, табл. 14, поэтому дополнительно необходимо установить экран. Эффективность экрана рассчитывается по формуле (4) и при облицовке его звукопоглощающими материалами может достигать 16 дБ, чего будет достаточно для нормализации шумовой обстановки во всем частотном диапазоне.

Таблица 16.

Варианты заданий

Показатели	Номера вариантов									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Наличие источников шума (характеристики источников см.	L ₁	L ₂	L ₃	L ₁	L ₂	L ₃ x3	L ₄ x3	L ₁ x4	L ₂ x4	L ₃ x4
	L ₂	L ₃	L ₄	L ₄	L ₂ x3					
	Расположены в одном ряду							Расчетная точка между четырьмя источниками		
Звуковое поле	диффузное							недиффузное		
Расстояние от источника до расчетной ТОЧКИ Г, М	Г ₁ =5,0 Г ₂ =4,0		Г ₁ =3,0 Г ₂ =8,0		Г ₁ =6,0 Г ₂ =3,0 Г ₃ =6,0			Г ₁ =Г ₂ =Г ₃ =Г ₄ =4,5		
Размеры помещения, м	10x15		12x10		15x18					
Высота помещения Н, м	5	6	6	7	8	8	10	10	10	10
Защитные средства: в-выгородка э-экран к - кожух зв - звукопоглощающая облицовка	в	в+зв	э	э+зв	э+зв	к+зв сталь	к сталь	к алюминий	в	э
Расстояние до экрана г, м	-	-	1,5	1,5	3,0	-	-	-	-	1,5
Размеры выгородки, м	1,5x1,5		-	-	-	-	-	-	2x2	-
Высота выгородки, м	2,0	2,0	-	-	-	-	-	-	2,0	-
Площадь открытых проемов S ₀ , М	2,0	2,0							2,0	-
Размеры кожуха Бхсхх, м						3,7x1,7x1,7				
Толщина стенки кожуха п, мм						2	2	2		
Расстояние между кожухом и источником шума ■ h,, мм						50	50	50		