

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

### Исследование октавных уровней звукового давления в производственном помещении

#### Цель занятия:

Основными источниками шума в зданиях различного назначения являются технологическое и инженерное оборудование.

В сталеплавильном производстве главным источником шума является основное оборудование: печи и конверторы. В мартеновских цехах уровни звукового давления находятся в пределах 74-103 дБ. Уровень звукового давления при работе электропечи (рис. 1а) лежит в пределах 104-115 дБ.

Прокатные цехи являются наиболее шумными по сравнению с другими цехами металлургического цикла. Звуковое давление в прокатном производстве (рис. 1б) может достигать 118-122 дБ.



а)

б)

**Рис. 1. Источники шума:**

а) дуговая сталеплавильная печь; б) прокатный стан

В литейных цехах источниками интенсивного шума являются формовочные машины и выбивные решетки, создающие шум с уровнем 105-115 дБ в широком спектре частот.

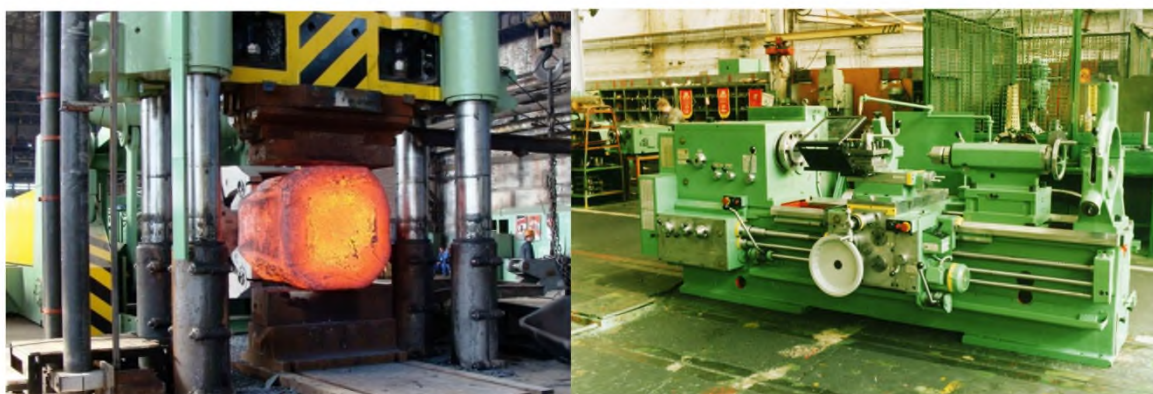
Шум основного технологического оборудования кузнечно-прессовых и штамповочных цехов, оказывающего на заготовки ударное действие, молотов и механических прессов достигает 115—130 дБ. Также источниками шума являются рубильные машины, ножницы, холодно-высадочные, обрезные, гвоздильные, резьбонакатные и другие полуавтоматы и автоматы.



Уровень шума при их работе достигает 105-115 дБ.

Общий уровень звукового давления в механических, ремонтных и инструментальных цехах, создаваемый металлорежущим оборудованием, находится в пределах 85-100 дБ. Наиболее высокие уровни шума зарегистрированы при работе крупных и тяжелых токарных, револьверных, сверлильных, фрезерных и шлифовальных станков (рис. 2).

Источниками шума при работе металлорежущих станков являются элементы их приводов – электродвигатели, зубчатые и ременные передачи, подшипники, особенно при наличии износа, перекосов и дисбаланса движущихся частей, а также сам процесс резания и вибрации технологической системы.



а

б

**Рис. 2. Источники шума в механообрабатывающем производстве:**  
а) молот; б) токарный станок

### **Нормирование шума**

Нормируемые значения шума определяют по СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».

Шум классифицируется по следующим признакам.

Шум по источникам возникновения делится на:

- механический, обусловленный колебаниями деталей машин и их взаимным перемещением (механизмы с применением зубчатых передач и цепного привода, ударные механизмы, в результате силовых воздействий вращающихся масс);
- аэрогидродинамический, возникающий при движении газов, их взаимодействия с твердыми телами (шумы из-за периодического выпуска газа в атмосферу, турбулентные шумы из-за перемешивания потоков и т.п.).

Данные шумы обусловлены работой компрессоров, вентиляторов, турбокомпрессоров, воздухопроводов;

- электромагнитный, возникающий в электрических машинах и оборудовании из-за взаимодействия ферромагнитных масс под влиянием переменных (во времени и в пространстве) магнитных полей (силовые трансформаторы).

- гидравлический, возникающий при стационарных и нестационарных процессах в жидкости (насосы).

По характеру спектра:

- широкополосный шум (шум с непрерывным спектром шириной более одной октавы);

- тональный шум - шум, в спектре которого имеются дискретные тона.

По временным характеристикам:

- постоянный шум - шум, уровень звука которого за 8-часовой рабочий день изменяется во времени не более чем на 5 дБ(А).

- непостоянный шум - это изменение составляет более 5 дБА.

Нормируемыми параметрами постоянного шума в расчетных точках являются уровни звукового давления  $L_p$ , дБ, в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами 31,5, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 и 8000 Гц.

Октавная полоса – это диапазон частот, у которого верхняя граничная частота в 2 раза выше нижней.

$$f_{\text{в}} = 2f_{\text{н}}.$$

Каждой октавной полосе частот соответствует среднегеометрическая частота:

$$f_{\text{ст}} = \sqrt{f_{\text{н}} * f_{\text{в}}}.$$

Допустимые уровни звукового давления, дБ на рабочих местах в производственных и вспомогательных зданиях, в помещениях общественных зданий следует принимать по табл.1.

Таблица 1

## Допустимые уровни звукового давления на рабочих местах

Назначение помещений	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами, Гц								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Помещения офисов, рабочие кабинеты конструкторских, проектных и научно-исследовательских организаций	86	71	61	54	49	45	42	40	38
Рабочие помещения административно-управленческого персонала производственных предприятий, лабораторий, помещения для измерительных и аналитических работ	93	79	70	63	58	55	52	50	49
Рабочие помещения диспетчерских служб, кабины наблюдения и дистанционного управления с речевой связью по телефону, участки точной сборки	96	83	74	68	63	60	57	55	54
Помещения лабораторий для проведения экспериментальных работ, кабины наблюдения и дистанционного управления без речевой связи по телефону	103	91	83	77	73	70	68	66	64
Помещения с постоянными рабочими местами производственных предприятий	107	95	87	82	78	75	73	71	69

### 3 АКУСТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ

Целью акустического расчета является определение ожидаемых уровней звукового давления ( $L$ , дБ) в октавных полосах частот. Акустический расчет шума выполняют в соответствии с СП52.13330.2011 «Защита от шума».

Акустический расчет должен производиться в следующей последовательности:

- выявление источников шума и определение их шумовых характеристик;
- выбор точек в помещениях и на территориях, для которых необходимо провести расчет (расчетных точек);
- определение путей распространения шума от его источника (источников) до расчетных точек и потерь звуковой энергии по

каждому из путей (снижение за счет расстояния, экранирования, звукоизоляции ограждающих конструкций, звукопоглощения и др.);

- определение ожидаемых уровней шума в расчетных точках;
- определение требуемого снижения уровней шума на основе сопоставления ожидаемых уровней шума с допустимыми уровнями шума;
- разработка мероприятий по обеспечению требуемого снижения уровней шума;
- проверочный расчет достаточности выбранных мероприятий для обеспечения защиты объекта или территории от шума.

Акустический расчет следует проводить по уровням звукового давления  $L_p$ , дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 31,5, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 и 8000 Гц.

Расчетные точки в производственных помещениях промышленных предприятий выбирают на рабочих местах и в зонах постоянного пребывания людей на высоте 1,5 м от пола.

Исходными данными для акустического расчета являются:

- план и разрез помещения с расположением технологического и инженерного оборудования и расчетных точек;
- сведения о характеристиках ограждающих конструкций помещения (материал, толщина, плотность и др.);
- шумовые характеристики и геометрические размеры источников шума.

Расчетные формулы представлены для соразмерных помещений (с отношением наибольшего геометрического размера к наименьшему не более 5) и для источников шума, ближайших к расчетной точке (находящихся на расстоянии  $r_i \leq 5 r_{\text{мин}}$ , где  $r_{\text{мин}}$  - расстояние от расчетной точки до акустического центра ближайшего источника шума).

Октавные уровни звукового давления  $L$ , дБ, в расчетных точках при работе нескольких источников шума следует определять по формуле:

$$L = 10 * \lg \left( \sum_{i=1}^n \frac{10^{0.1 * L_{wi}} * \chi_i * \Phi_i}{\Omega * r_i^2} + \frac{4}{k * B} * \sum_{i=1}^n 10^{0.1 * L_{wi}} \right)$$

(1)

где  $n$  - общее число источников шума в помещении;

$L_{wi}$  - октавный уровень звуковой мощности  $i$ -го источника, дБ;

$\chi$  - коэффициент, учитывающий влияние ближнего поля. Определяется по табл. 6 в зависимости от соотношения  $r/l_{\max}$  ( $l_{\max}$  - длина оборудования);

$\Phi$  - фактор направленности источника шума (для источников с равномерным излучением  $\Phi = 1$ );

$\Omega$  - пространственный угол излучения источника, рад. (принимают по табл.2);

$r_i$  - расстояние от акустического центра  $i$ -го источника шума до расчетной точки, м;

$k$  - коэффициент, учитывающий нарушение диффузности звукового поля в помещении (принимают по табл. 3 в зависимости от коэффициента звукопоглощения  $\alpha$ );

$B$  - акустическая постоянная помещения,  $\text{м}^2$ , определяемая по формуле

$$B = \frac{A}{1 - \alpha_{\text{ср}}} \quad (2)$$

$\alpha_{\text{ср}}$  - средний коэффициент звукопоглощения,

$A$  - эквивалентная площадь звукопоглощения,  $\text{м}^2$ .

$$\alpha_{\text{ср}} = \frac{A}{S_{\text{огр}}} \quad (3)$$

$S_{\text{огр}}$  - суммарная площадь ограждающих поверхностей помещения,  $\text{м}^2$ .

$$A = \sum_{i=1}^n \alpha_i * S_i \quad (4)$$

$\alpha_i$  - коэффициент звукопоглощения  $i$ -й поверхности (табл.5);

$S_i$  - площадь  $i$ -й поверхности,  $\text{м}^2$ ;

Таблица2

**Пространственный угол излучения источника**

Условия излучения	$\Omega$ , рад.
В пространство - источник на колонне в помещении, на мачте, трубе	$4\pi$
В полупространство - источник на полу, на земле, на стене	$2\pi$
В 1/4 пространства - источник в двухгранном углу (на полу близко от одной стены)	$\pi$
В 1/8 пространства - источник в трехгранном углу (на полу близко от двух стен)	$\pi/2$

Таблица3

**Коэффициент, учитывающий нарушение диффузности звукового поля в помещении**

$\alpha_{cp}$	$k$
0,2	1,25
0,4	1,6
0,5	2,0
0,6	2,5

**Таблица 5**

**Коэффициент звукопоглощения поверхности**

Поверхность	Коэффициент звукопоглощения поверхности $\alpha$ в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Стены. Перекрытия в производственных цехах	0,08	0,08	0,08	0,09	0,1	0,1	0,1	0,1
Пол в механических и металлообрабатывающих цехах	0,15	0,2	0,25	0,25	0,3	0,3	0,35	0,35

**Таблица 6**

**Коэффициент, учитывающий влияние ближнего поля**

$r/l_{max}$	$\chi$	$10 \lg \chi$ , дБ
0,6	3	5
0,8	2,5	4
1,0	2	3
1,2	1,6	2
1,5	1,25	1
2	1	0

Требуемое снижение уровня шума на рабочих местах при наличии нескольких однотипных и одновременно работающих источников шума определяется по формуле:

$$\Delta L_{mp} = L - L_{дон}, (5)$$

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

$L_{дон}$  - допустимый октавный уровень звукового давления, дБ (определяется по табл. 1).

#### **4. ЗАДАНИЕ К РАБОТЕ**

Определить требуемое снижение уровня шума в производственном

помещении, создаваемого тремя одновременно работающими источниками(рис.3).

Рассчитать ожидаемые уровни звукового давления в октавных полосах частотна рабочем месте (рм) для заданного варианта (табл.9,10).

Отчет должен содержать:

- Цель работы.
- Исходные данные.
- Схему расположения источников шума и рабочего места с указанием размеров. При этом источник шума № 1 находится в углу помещения, № 2 – в центре стены помещения, № 3 –на расстоянии 2 м от каждой стены.Расстояние от рабочего места до источника шума считается до геометрического центра источника шума.
- Классификация шума.
- Расчетные формулы.
- Результаты расчетов, представленные в виде табл.8 и рис.4.
- Вывод.

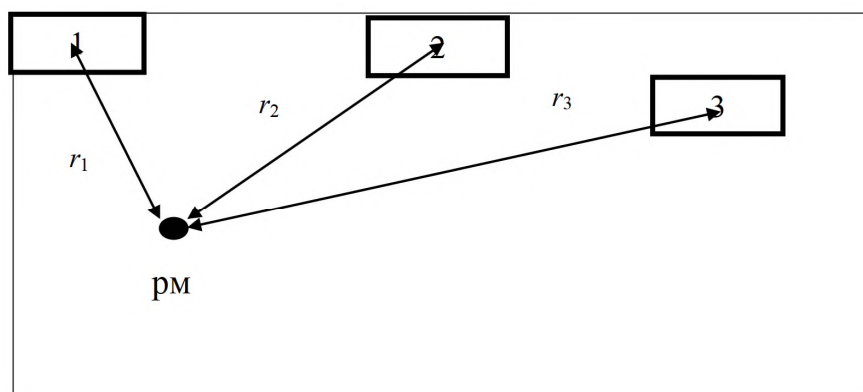


Рис.3.Схема размещения источников шума в производственном помещении

## 5 ПРИМЕР РАСЧЕТА

Определить требуемое снижение уровня шума в производственном помещении с тремя источниками (ИШ1, ИШ2, ИШ3). Исходные данные для расчета приведены в таблице 7 и 8.

Таблица 7

Исходные данные				
№	Источник шума (модель, наименование)	Длина станка,	Размеры помещения, м	Расстояние от источника до

		L, мм	рабочего места, м					
			A	B	H	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>	r <sub>3</sub>
ИШ1	1А12П – токарный станок	1200	12	6	5	4	6	8
ИШ2	2Н108П – вертикально-сверлильный станок	600						
ИШ3	Д3243 – шлифовальный станок	1500						

Коэффициенты звукопоглощения приняты по табл.5:  
 $\alpha_1$ - коэффициент звукопоглощения потолка и стен;  
 $\alpha_2$  - коэффициент звукопоглощения пола.

### Расчет

$\chi$  - коэффициент, учитывающий влияние ближнего поля;

$$\text{ИШ 1 } r_1/l_1 = 4 / 1,2 = 3,33 \chi = 1$$

$$\text{ИШ 2 } r_2/l_2 = 6 / 0,6 = 10 \chi = 1$$

$$\text{ИШ 3 } r_3/l_3 = 8 / 1,5 = 5,33 \chi = 1$$

$\Phi = 1$ - фактор направленности источника шума

$$\text{ИШ 1 } \Omega_1 = \pi / 2 (\text{табл. 2});$$

$$\text{ИШ 2 } \Omega_2 = \pi$$

$$\text{ИШ 3 } \Omega_3 = 2 \pi$$

Расстояние от акустического центра источника шума до расчетной точки:

$$r_1 = 4 \text{ м}$$

$$r_2 = 6 \text{ м}$$

$$r_3 = 8 \text{ м};$$

$k = 1,25$  коэффициент, учитывающий нарушение диффузности звукового поля в помещении (табл. 3 для  $\alpha < 0,2$ );

Площадь звукопоглощения:

$$\text{- площадь потолка } S = 12 * 6 = 72 \text{ м}^2$$

$$\text{- площадь стен } S = 5 * (2 * 12 + 2 * 6) = 80 \text{ м}^2.$$

$$\text{- площадь пола } S = 12 * 6 = 72 \text{ м}^2$$

Суммарная площадь ограждающих конструкций

$$S_{\text{огр.}} = 72 + 80 + 72 = 224 \text{ м}^2$$

Среднегеометрическая частота 63 Гц

Эквивалентная площадь звукопоглощения:

$$A = \sum_{i=1}^n \alpha_i * S_i = 0,08 * 72 + 0,08 * 80 + 0,15 * 72 = 23,0 \text{ м}^2$$

Коэффициенты поглощения потолка, стен и пола - по табл.8.  
Средний коэффициент звукопоглощения:

$$\alpha_{\text{ср}} = \frac{A}{S_{\text{огр}}} = \frac{22,96}{224} = 0,103$$

Акустическая постоянная помещения:

$$B = \frac{A}{1 - \alpha_{\text{ср}}} = \frac{22,96}{1 - 0,103} = 25,6$$

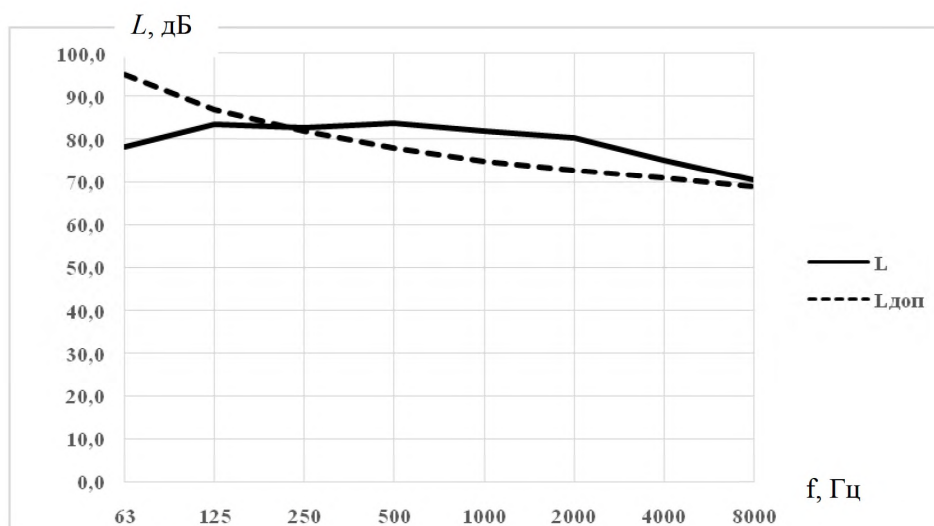
$$L = 10 * \lg \left( \sum_{i=1}^3 \left( \frac{10^{0,1*84} * 1 * 1}{\pi/2 * 16} + \frac{10^{0,1*81} * 1 * 1}{\pi * 36} + \frac{10^{0,1*88} * 1 * 1}{2\pi * 64} \right) \right) + \frac{4}{1,25 * 25,6} * \sum_{i=1}^3 (10^{0,1*84} + 10^{0,1*81} + 10^{0,1*88}) = 78,5$$

дБ

Таблица 8

Результаты расчета уровней звукового давления

Параметр	Среднегеометрические частоты, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{w1}$	84	92	95	95	94	94	91	86
$L_{w2}$	81	88	81	80	86	86	81	74
$L_{w3}$	88	81	82	86	82	80	84	78
$\alpha_1$	0,08	0,08	0,08	0,09	0,1	0,1	0,1	0,1
$\alpha_2$	0,15	0,2	0,25	0,25	0,3	0,3	0,35	0,35
$A$	23,0	26,6	30,2	31,7	36,8	36,8	40,4	40,4
$\alpha_{\text{ср}}$	0,103	0,119	0,135	0,141	0,164	0,164	0,180	0,180
$B$	25,6	30,1	34,9	36,9	44,0	44,0	49,3	49,3
$L$	78,5	83,7	82,9	83,9	82,0	80,4	75,3	70,5
$L_{\text{доп}}$	95	87	82	78	75	73	71	69
$\Delta L$	-	-	0,9	5,9	7,0	7,4	4,3	1,5



**Рис.4. Расчетные и допустимые значения шума**

Вывод: уровни звукового давления в расчетной точке превышают допустимые значения в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами от 250 Гц до 8000 Гц.

**Таблица 9**

**Задание**

№	Источник шума (марка, модель станка)			Размеры помещения, м			Расстояние от источника до рабочего места, м		
	ИШ1	ИШ2	ИШ3	A	B	H	$r_1$	$r_2$	$r_3$
1	1Б10А	16МО4В	2К112	15	8	4	3	6	10

**Таблица 10**

Оборудование	Марка, модель	Габариты, мм			Уровни звуковой мощности, дБ на среднегеометрических частотах октавных полос, Гц							
		длина	ширина	высота	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
<b>Станки токарной группы</b>												
Автоматы одно- шпиндельные горизонтальные прутковые	1Б10А	1250	810	1430	90	95	100	102	104	101	94	89
	1Б10В	1250	810	1430	90	95	100	102	104	101	94	89
	1М06А	1250	810	1450	90	95	100	102	104	101	94	89
	1М06В	1250	810	1450	90	95	100	102	104	101	94	89
	1М10В	1460	870	1450	90	95	100	102	104	101	94	89
	1М10А	1460	870	1450	90	95	100	102	104	101	94	89
	1А12В	1465	870	1365	90	95	100	102	104	101	94	89
	11Т168	1900	945	1520	90	95	100	102	104	101	94	89
	11Т16А	1900	945	1520	90	95	100	102	104	101	94	89
	1Д25В	2680	1070	1630	107	101	97	93	91	89	87	86