

УДК 697.622

**РАСЧЕТ НА ПЭВМ СНИЖЕНИЯ ШУМА
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЗВУКОПОГЛОЩЕНИЯ
В УСЛОВИЯХ ТЕКСТИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

Б.С. САЖИН, О.С. КОЧЕТОВ, Т.Д. ХОДАКОВА, А.С. БУРТНИК, М.О. КОЧЕТОВА

(Московский государственный текстильный университет им.А.Н. Косыгина)

Среди акустических методов широко используются методы звукоизоляции и звукопоглощения. Расчет эффективности снижения шума звукопоглощающими конструкциями в производственных цехах текстильных предприятий рассмотрен в [1] и [2]. Ниже приводится методика расчета эффективности снижения шума звукопоглощающими конструкциями, включающими в себя облицовки, штучные звукопоглотители, экраны, на новом принципе – принципе обеспечения в цехе максимально возможного (для каждого конкретного цеха) звукопоглощения с последовательным вводом в расчет облицовок, штучных звукопоглотителей, экранов и средств индивидуальной защиты (СИЗ) операторов.

Рассмотрим методику на примере расчета эффективности снижения шума зву-

копоглощающими конструкциями в резиноплеточном цехе чулочно-носочной фабрики с размерами: $D \times W \times H$, количество n работающих в нем однотипных машин, например, типа ОРН-1 (со скоростью вращения веретен 6000 об/мин), причем габаритные размеры станка известны: ℓ_{\max} , ℓ , h_{\max} . Будем считать, что все станки имеют одинаковые уровни звуковой мощности. Расчеты осуществляются с учетом основных положений методики, изложенной в [3].

Октавные уровни звукового давления в зоне прямого звука $L_{2-j(\text{пр})}$, дБ, при наличии в цехе звукопоглощающих конструкций определим с учетом максимально возможного звукопоглощения:

$$L_{2-j\text{пр}} = L_{P_0} + 10 \lg \left(\sum_{i=1}^m \frac{\chi_i \Phi_i}{S_i} + \frac{4\Psi_{1-j}n}{B_{1-j}} \right), \quad (1)$$

где S_i – площадь воображаемой поверхности правильной геометрической формы, окружающей i -й источник шума и проходящей через расчетную точку:

$$S_i = 2(\ell_{\max} + 2a)h + 2(\ell + 2a)h + (\ell_{\max} + 2a)(\ell + 2a); \quad (2)$$

m – количество источников шума, ближайших к расчетной точке; n – общее количество источников шума в помещении с учетом среднего коэффициента одновре-

менности работы оборудования; χ_i – коэффициент, учитывающий влияние ближнего акустического поля; Φ_i – фактор направленности i -го источника шума, безразмерный, определяемый по технической документации на источник шума (для ИШ с равномерным полем звука следует принимать $\Phi_i = 1,0$); Ψ_{1-j} – коэффициент, учитывающий нарушение диффузности звукового поля в помещении, принимаемый в зависимости от отношения $B_{1-j}/S_{\text{орг}}$; где $S_{\text{орг}} = 2[DW + (D+W)H]$ – общая площадь

ограждающих поверхностей помещения, м²; V_{1-j} – постоянная помещения после его акустической обработки, м², которая определяется по формуле

$$V_{1-j} = \frac{A_1 + \Delta A_j}{(1 - \alpha_{1-j})}, \quad (3)$$

где $A_1 = \alpha(S_{\text{огр}} - S_{\text{обл}})$ – эквивалентная площадь звукопоглощения поверхностями, не занятыми звукопоглощающей облицовкой; $\alpha = V/(V + S_{\text{огр}})$ – средний коэффициент звукопоглощения в помещении до его акустической обработки; V – постоянная помещения до его акустической обработки, м²; α_{1-j} – средний коэффициент звукопоглощения акустически обработанного помещения, определяемый соотношением

$$\alpha_{1-j} = \frac{A_1 + \Delta A_j}{S_{\text{огр}}}, \quad (4)$$

ΔA_j – величина максимально достаточного добавочного звукопоглощения, вносимого конструкцией звукопоглощающей облицовки, штучными звукопоглотителями или экранами, определяемого по формулам

$$\Delta A_1 = \alpha_{\text{обл}} S_{\text{обл}}; \quad (5)$$

$$\Delta A_2 = \alpha_{\text{обл}} S_{\text{обл}} + A_{\text{шт}} N_{\text{шт}}; \quad (6)$$

$$\Delta A_3 = \alpha_{\text{обл}} S_{\text{обл.мак}} + A_{\text{шт}} N_{\text{шт.мак}}; \quad (7)$$

$$\Delta A_4 = \Delta A_3 + \Delta A_{\text{экр}}; \quad (8)$$

$j = 1, 2, 3, 4$ – число последовательных приближений к выбору максимально достаточной площади ΔA_j дополнительного звукопоглощения в цехе.

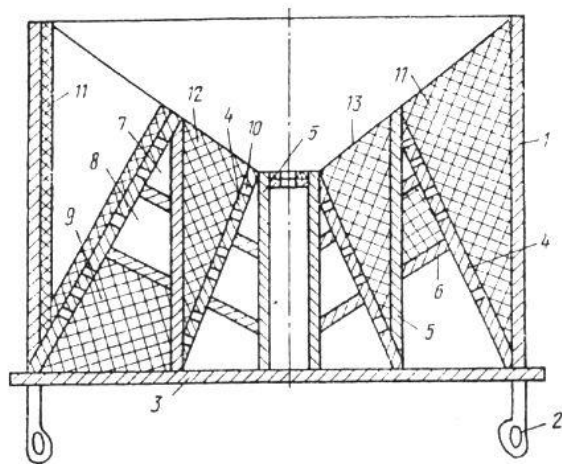


Рис. 1

На рис. 1, где 1 – жесткий каркас; 2 – крючья; 3 – днище; 4, 5 – перегородки; 6...9 – реактивные полости; 10 – резонансные отверстия; 11...13 – полости, заполненные звукопоглотителем, представлена новая конструкция штучного звукопоглотителя комбинированного типа для повышения эффективности в низкочастотной и среднечастотной области за счет наличия резонансных полостей. На рис. 2 представлены сравнительные характеристики разработанного и серийно выпускаемых звукопоглотителей, из которых видна боль-

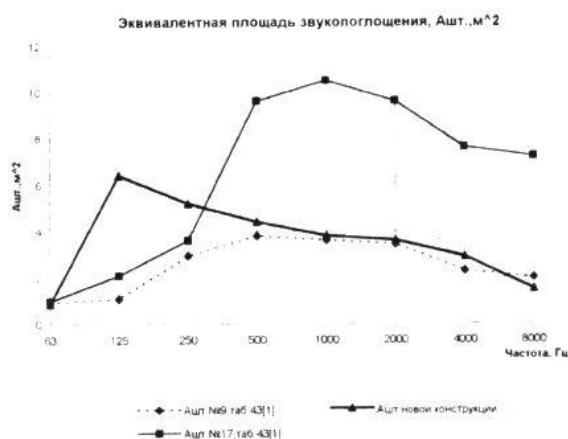


Рис. 2

шая эффективность новой конструкции в низкочастотной области, причем эту область можно настраивать подбором параметров резонансных элементов.

Здесь $\alpha_{\text{обл}}$ – коэффициент звукопоглощения облицовки стен и потолка [4, табл.42]; $S_{\text{обл}} = S_{\text{огр}} - S_{\text{огр}} - DW$ – площадь звукопоглощающей облицовки стен и потолка, м²; $S_{\text{огр}}$ – площадь оконных и дверных проемов в цехе, м²; $A_{\text{шт}}$ – эквивалентная площадь звукопоглощения штучных звукопоглотителей, м² [4]; $N_{\text{шт}} = 1,5DW/B_{\text{шт}}^2$ – количество штучных звуко-

поглотителей в цехе; $S_{\text{обл.макс}}$ – максимально допустимая площадь звукопоглощающей облицовки с учетом оконных и дверных проемов, а также технологических проходов и колонн, м^2 ; $N_{\text{шт.макс}}$ – максимально допустимое количество штучных звукопоглотителей (с учетом оптимального расстояния между ними $V_{\text{шт}}$); $\Delta A_{\text{экр}}$ – величина дополнительного звукопоглощения акустическими экранами, м^2 , устанавливаемыми в цехе:

$$\alpha_{1-3} = (A_1 + \Delta A_3) / S_{\text{огр}} = [A_1 + (\alpha_{\text{обл}} S_{\text{обл.макс}} + A_{\text{шт}} N_{\text{шт.макс}})] / S_{\text{огр}},$$

$$\alpha_{1-4} = (A_1 + \Delta A_4) / S_{\text{огр}} = [A_1 + (\alpha_{\text{обл}} S_{\text{обл.макс}} + A_{\text{шт}} N_{\text{шт.макс}} + \Delta A_{\text{экр}})] / S_{\text{огр}}.$$

Вычислим эффективность звукопоглощающей облицовки в зоне прямого звука на рабочих местах в расчетных точках помещений:

$$\Delta L_{\text{пр-}j} = L_1 - L_{2-j}. \quad (10)$$

Рассчитаем эффективность снижения уровней звукового давления в расчетных точках, расположенных в зоне постоянного пребывания персонала, не связанного с работой оборудования (в зоне отраженного звука) с учетом максимально возможного звукопоглощения:

$$\Delta L_{\text{от-}j} = 10 \lg \frac{V_{1-j} \Psi}{V \Psi_{1-j}}, \quad (11)$$

$$L_{2-j(\text{от})} = L_1 - \Delta L_{\text{от-}j}. \quad (12)$$

Сравним полученную эффективность $\Delta L_{\text{пр-}j}$ снижения шума в зоне прямого звука и эффективность $\Delta L_{\text{от-}j}$ только в зоне отраженного звука с требуемой величиной снижения шума в цехе $\Delta L_{\text{тр}} = L_1 - L_{\text{доп}}$ ($L_{\text{доп}}$ – допустимые УЗД на рабочих местах в

$$\Delta A_{\text{экр}} = \alpha_{\text{обл.экр}} \sum_{i=1}^k S_{\text{экр}}, \quad (9)$$

где $\alpha_{\text{обл.экр}}$ – коэффициент звукопоглощения облицовки экрана [4, табл.42]; $S_{i \text{ экр}}$ – площадь i -го экрана, м^2 (при двухсторонней облицовке экрана ее следует увеличить в 1,5 раза); k – общее количество экранов, установленных в цехе.

Например, для третьего и четвертого приближений средний коэффициент звукопоглощения α_{1-j} запишется в виде

цехах текстильных предприятий по санитарно-гигиеническим нормам [5]).

Если

$$\Delta L_{\text{пр-}j} \geq \Delta L_{\text{тр}}, \quad (13)$$

$$\Delta L_{\text{от-}j} \geq \Delta L_{\text{тр}}, \quad (14)$$

то расчет заканчивается.

Если по технологическим соображениям нет возможности разместить экраны в цехе, то для выполнения условий (13) и (14) необходимо подобрать для операторов средства индивидуальной защиты от шума – СИЗ. При этом необходимо выполнить условия

$$L_1 - \Delta L_{\text{пр-}j} - \Delta L_{\text{СИЗ}} \leq \Delta L_{\text{доп}}, \quad (15)$$

$$L_1 - \Delta L_{\text{от-}j} - \Delta L_{\text{СИЗ}} \leq \Delta L_{\text{доп}}, \quad (16)$$

где $\Delta L_{\text{СИЗ}} = L_{\text{э}i} - \Delta L_i$, $L_{\text{э}i}$ – эффективность СИЗ от шума в i -й октавной полосе частот по нормативно-технической документации (по техническому паспорту данного СИЗ или по табл. 1), дБ; ΔL_i – поправка на надежность защиты от шума, принимаемая в зависимости от частоты звука по табл. 2.

Таблица 1

Марка, тип СИЗ от шума	Эффективность, дБ, при частоте, Гц						
	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Наушники:							
ВЦНИИОТ - 2М	7	11	14	22	35	45	38
ВЦНИИОТ - 4А	2	4	5	16	25	36	28
ВЦНИИОТ - А1	10	14	16	17	36	36	34
ВЦНИИОТ - 1	3	4	7	13	23	36	33
ВЦНИИОТ - 7И	10	16	18	22	36	40	32
ПШ — 00	4	8	10	15	20	20	27
Шумозащитн. оголовье ШЗО-1	12	18	30	31	34	38	34
Противошумовая каска ВЦНИИОТ-2	7	11	14	22	35	45	38
Противошум. наушники с креп. на защитную каску Салво	5	7	15	19	25	33	22
Вкладыши: Антифоны	10	10	10	13	24	29	25
Беруши	15	18	18	24	26	26	31
Грибок и Лепесток	10	17	18	25	26	31	30

Таблица 2

Частота, Гц	125	250	500	1000	2000	4000	8000
ΔL_i , дБ	-5	-5	-5	-10	-10	-10	-10

Выбор характеристик звукопоглощающей облицовки и штучных звукопоглотителей производится с учетом излучаемого станком спектра звуковой мощности, размеров цеха, количества станков в нем и себестоимости работ по снижению шума.

Расчет выполнен на ПЭВМ по вышеизложенной методике для резинооплеточного цеха АО "Чулочно-носочная фабрика им. Н.Э. Баумана". Параметры цеха: размеры, м: длина $D = 11,75$; ширина $W = 5,75$; высота $H = 2,7$. Площадь оконных и дверных проемов: $S_{\text{опр}} = 12 \text{ м}^2$. Станок — машина резинооплеточная марки ОРН-1, скорость 6000 об/мин. Параметры станка: габаритные размеры, м: $\ell_{\text{max}} = 4,2$; $\ell = 0,6$; $h_{\text{max}} = 1,8$. Число станков в цехе $n = 3$.

В качестве звукопоглощающей облицовки выбраны: маты из супертонкого базальтового волокна (РСТ УССР 5013-76) плотностью 20 кг/м^3 , толщиной 50 мм с установкой без воздушного промежутка от стен с оболочкой из декоративной стеклоткани типа ТСД (ТУ 6-11-54-74), $\alpha_{\text{обл}}$ приведен в [4, табл.42]. Штучные звукопоглотители: размер $400 \times 400 \times 400$ мм; просечно-вытяжной лист толщиной 2 мм; перфорация 74% (ГОСТ 8706-78); стеклоткань типа ЭЗ-100 (ГОСТ 19907-74); звукопоглотитель — супертонкое стекловолокно (ТУ 21-РСФСР-224-75). Расстояния:

между центрами $V_{\text{шт}} = 2,5$ м; от потолка $H_{\text{шт}} = 0,25$ м ($A_{\text{шт}}$, м^2 приведена в [4, табл.43]).

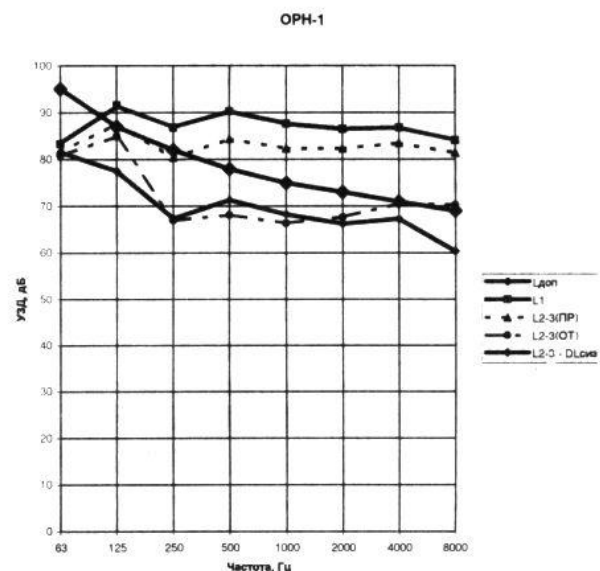


Рис. 3

На рис. 3 приведены графики уровней звукового давления (УЗД), иллюстрирующие выполненный расчет. Кривая 1 отражает УЗД (L_1 , дБ) до установки звукопоглощающих конструкций в цехе на рабочих местах; кривая 2 — УЗД в зоне прямого звука ($L_{2-3(\text{пр})}$, дБ,) при наличии в цехе максимально возможного звукопоглощения с учетом разработанного нами штучного звукопоглотителя; кривая 3 — допустимые УЗД на рабочих местах ($L_{\text{доп}}$) в цехах тек-

стильных предприятий по санитарно-гигиеническим нормам; кривая 4 – УЗД в зоне отраженного звука ($L_{2-3(от)}$, дБ) при наличии в цехе максимально возможного звукопоглощения; кривая 5 – УЗД, воздействующие на оператора с учетом эффективности подобранных для данного случая СИЗ ($L_{2-3} - \Delta L_{СИЗ}$).

Из представленных результатов можно сделать вывод, что для рассмотренного цеха применение звукопоглощающих конструкций с максимально возможным звукопоглощением позволило снизить УЗД на рабочем месте на 5...8 дБ практически во всем диапазоне частот: 63...8000 Гц для зоны прямого звука, что позволило рекомендовать противозумные вкладыши беруши, с использованием которых операторы будут находиться в зоне УЗД, ниже допустимых, причем на рабочих местах операторов в зоне отраженного звука УЗД снижены практически до нормативных значений.

ВЫВОДЫ

1. Разработана методика расчета УЗД на рабочем месте в цехе с применением

звукопоглощающих конструкций с максимально возможным звукопоглощением.

2. Предлагаемая конструкция штучного звукопоглотителя в совокупности со стандартной облицовкой помещения позволила снизить УЗД на рабочем месте в зоне прямого звука на 5...8 дБ практически во всем диапазоне частот: 63...8000 Гц. На рабочих местах операторов в зоне отраженного звука УЗД снижены практически до нормативных значений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сажин Б.С., Кочетов О.С., Никонов С.А. // Изв.вузов. Технология текстильной промышленности. – 1999, № 4, С. 123...128.
2. Щербаков В.И., и др. // Изв.вузов. Технология текстильной промышленности. – 1996, №2, С.100...103.
3. СНиП II-12-77. Нормы проектирования. Защита от шума. – М.: Стройиздат, 1977.
4. Руководство по расчету и проектированию шумоглушения в промышленных зданиях. – М.: Стройиздат, 1982.
5. ГОСТ 12.1.003–83. ССБТ. Шум. Общие требования безопасности. – М.: Госстандарт, 1984.

Рекомендована кафедрой процессов и аппаратов химической технологии и безопасности жизнедеятельности. Поступила 31.05.04.