

## РАСЧЕТ НА ПЭВМ ЭФФЕКТИВНОСТИ СНИЖЕНИЯ ШУМА В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ ТЕКСТИЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

О.С. КОЧЕТОВ, Б.С. САЖИН, И.Р. ФИРСАЕВ, А.В. ПЕТУХОВА

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

Превышение уровней звукового давления на рабочих местах в цехах текстильных предприятий по сравнению с допустимыми уровнями по санитарным нормам [1] составляет порядка 10...15 дБА. Поэтому поиск оптимальных вариантов применения звукопоглощающих конструкций для конкретных производств текстильной промышленности является особенно актуальным. Использование ПЭВМ при выборе характеристик звукопоглощающих облицовок и штучных звукопоглотителей облегчает задачу поиска оптимальных вариантов их применения.

Специфика размещения и эксплуатации текстильного оборудования заключается в оснащении цехов текстильных предприятий однотипным оборудованием, размещенным с постоянной средней плотностью установки и расстоянием между машинами не более 3 м, что позволяет считать звуковое поле в цехе равномерным. Кроме того, практически все однотипные станки имеют одинаковые уровни звуковой мощности (разница в уровнях не превышает 5 дБ).

При этом следует учитывать, что применение звукопоглощающих облицовок и конструкций целесообразно, если в расчетных точках требуется снижение шума  $\Delta L_{\text{тр}}$  не превышает 5...8 дБ. Если  $\Delta L_{\text{тр}} > 8$  дБ, то для дополнительного снижения шума на рабочих местах необходимо предусматривать акустические экраны и противозумные средства индивидуальной защиты. Эта специфика позволяет воспользоваться ориентировочным методом расчета уровней звукового давления на рабочих местах в цехе текстильного предприятия [2].

Авторами разработана программа расчета уровней звукового давления по этому методу на ПЭВМ в среде «Excel». Расчет

выполнен для одного из основных цехов текстильной промышленности – прядильного, где установлены резинооплеточные машины типа ОРН-1. Это резинооплеточный цех Московской чулочной фабрики им. Н.Э.Баумана с размерами:  $D \times W \times H$  (длина, ширина, высота цеха) =  $=11,75 \times 5,75 \times 2,7$  м, в котором установлены 3 резинооплеточные машины типа ОРН-1, имеющие габаритные размеры: длина  $l_{\text{max}} = 4,2$  м; ширина  $l = 0,6$  м; высота  $h = 1,8$  м.

Для определения уровней звуковой мощности машины проводились замеры ее акустических характеристик в цехе согласно требованиям ГОСТа 12.1.028–80 с помощью аппаратуры фирмы Брюль и Кьер (Дания): микрофон 4131, шумомер 2203, октавные фильтры 1613 при режиме работы веретен 9000 об/мин.

Исходными данными для расчета служили:  $S_{\text{опр}} = 12 \text{ м}^2$  – площадь оконных и дверных проемов в цехе;  $S_{\text{огр}} = 229,6 \text{ м}^2$  – площадь ограждающих поверхностей цеха;  $S_{\text{обл}} = 150 \text{ м}^2$  – площадь звукопоглощающей облицовки стен и потолка;  $q = 0,044 \text{ шт/м}^2$  – плотность установки станков;  $N_{\text{общ}}$  – общее число станков в цехе;  $N_{\text{пр}}$  – число простаивающих станков (находящихся в капитальном ремонте или простаивающих по причине отсутствия сырья).

Средний коэффициент звукопоглощения в цехе со звукопоглощающими облицовками и штучными звукопоглотителями рассчитывали по формуле

$$\alpha_{i_1} = \frac{A + \Delta A_{i_1}}{S_{\text{опр}}}, \quad (1)$$

где  $A = \alpha(S_{\text{опр}} - S_{\text{обл}})$  – величина звукопоглощения акустически необработанного цеха,  $\text{м}^2$ ;  $\alpha$  – средний коэффициент зву-

копоглощения для цехов текстильных предприятий до устройства звукопоглощающей облицовки (0,1...0,15);  $i = 1, 2, 3$  – число последовательных приближений к выбору максимально достаточной площади  $\Delta A_i$  дополнительного звукопоглощения в цехе:

$$\Delta A_1 = \alpha_{\text{обл}} S_{\text{обл}}, \quad (2)$$

$$\Delta A_2 = \alpha_{\text{обл}} S_{\text{обл}} + A_{\text{шт}} N_{\text{шт}}, \quad (3)$$

$$\Delta A_3 = \alpha_{\text{обл}} S_{\text{обл. макс}} + A_{\text{шт}} N_{\text{шт. макс}}, \quad (4)$$

где  $\alpha_{\text{обл}}$  – коэффициент звукопоглощения облицовки стен и потолка (табл.42 [3]);  $A_{\text{шт}}$  – эквивалентная площадь звукопоглощения штучных звукопоглотителей,  $\text{м}^2$  (табл.43 [3]);  $N_{\text{шт}}$  – количество штучных звукопоглотителей в цехе;  $S_{\text{обл. макс}}$  – максимально допустимая площадь звукопоглощающей облицовки с учетом оконных и дверных проемов, а также технологических проходов и колонн,  $\text{м}^2$ ;  $N_{\text{шт. макс}}$  – максимально допустимое количество штучных звукопоглотителей (с учетом оптимального расстояния между ними  $B_{\text{шт}}$ ).

Затем определяем величину поправки  $\Delta L$ , дБ в зависимости от расчетного коэффициента звукопоглощения  $\alpha_1$  по табл.1.

Таблица 1

$\alpha_1$	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
$\Delta L$ , дБ	2,5	3,8	4,8	5,8	6,6	7,5

Уровни звукового давления  $L_2$ , дБ в цехе на рабочих местах со звукопоглощающими конструкциями определяли с помощью выражения

$$L_2 = L_1 - \Delta L. \quad (5)$$

При этом, если

$$L_2 \leq L_{\text{доп}}, \quad (6)$$

то расчет заканчивали.

Если  $L_2 > L_{\text{доп}}$ , то в (1) необходимо подставить значение  $\Delta A_2$ , рассчитанное по формуле (3) и для нового значения  $\alpha_{1-2}$  определить поправку  $\Delta L$  по табл.1, а затем по формуле (5) вычислить новое значение

ние  $L_2$  и сравнить его с  $L_{\text{доп}}$  и т.д. до  $i=3$ , пока не будет выполняться условие (6).

Если же с учетом поправки  $\Delta A_3$  для данного цеха не выполняется условие (6), то необходимо подобрать для обслуживающего персонала средства индивидуальной защиты (СИЗ) от шума таким образом, чтобы выполнялось неравенство:

$$L_2 - \Delta L_{\text{СИЗ}} \leq L_{\text{доп}}. \quad (7)$$

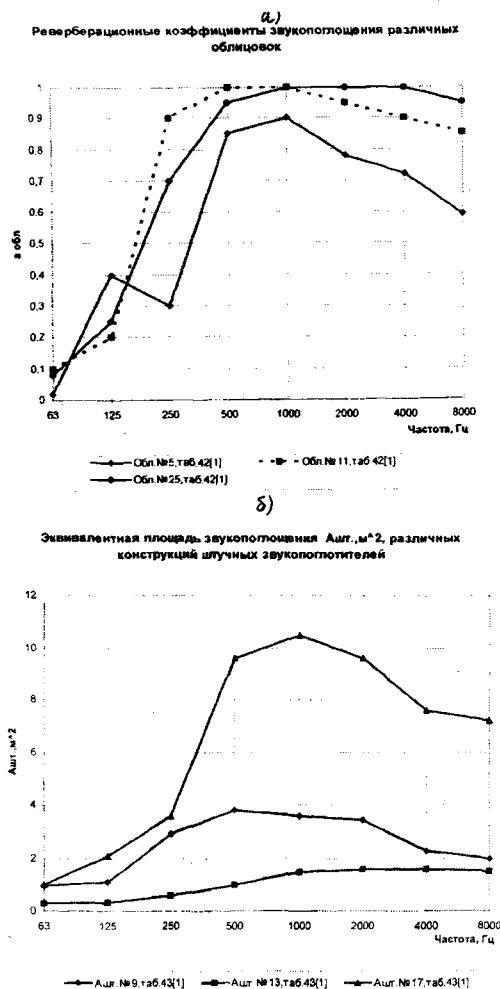


Рис. 1

На рис.1-а,б приведены акустические характеристики ( $\alpha_{\text{обл}}$  и  $A_{\text{шт}}$ ) различных конструкций звукопоглощающих облицовок и штучных звукопоглотителей, которые были использованы в машинном эксперименте.

При проведении расчетов на ПЭВМ исследовалась возможность применения (конструктивного размещения) и эффективность снижения шума по вышеизложенному методу с помощью облицовочных звукопоглощающих конструкций (стены и потолки, колонны) отдельно или

В совокупности со штучными звукопоглощающими конструкциями на примере резинооплеточного цеха Московской чулочной фабрики им. Н.Э.Баумана.

При расчете по ориентировочному методу (с учетом плотности установки оборудования  $q$ , шт/м<sup>2</sup>) величины  $\alpha_{обл}$  и  $A_{шт}$  входят как составные части в величину площади  $\Delta A$  дополнительного звукопоглощения в цехе, по которой определяется параметр  $\alpha_1$  – средний коэффициент звукопоглощения в цехе со звукопоглощающими облицовками и штучными звукопоглотителями. Причем, чем больше этот коэффициент, тем больше величина поправки  $\Delta L$ , дБ (табл.1), непосредственно влияющей на уровни звукового давления  $L_2$ , дБ в цехе на рабочих местах со звукопоглощающими конструкциями.

Формула для определения величины площади дополнительного звукопоглощения в цехе  $\Delta A_2 = \alpha_{обл} S_{обл} + A_{шт} N_{шт}$  учитывает вклад, вносимый как облицовками, так и штучными звукопоглотителями в зависимости от их количественной оценки, то есть  $S_{обл}$  (150 м<sup>2</sup>) – площади звукопоглощающей облицовки стен и потолка и  $N_{шт}$  – количества штучных звукопоглотителей в цехе. Для рассматриваемых условий размещения оконных и дверных проемов и оборудования (три станка модели ОРН-1) в цехе величина  $S_{обл}$  является постоянной и максимальной (технически достижимой).

Исследования возможности как раздельного применения в цехе этих конструкций, так и совместного проводили в три этапа.

Первый этап исследования заключался в возможности применения в указанном ранее цехе чулочной фабрики в качестве средств снижения шума только облицовочных звукопоглощающих конструкций, то есть без применения штучных подвесных звукопоглотителей ( $N_{шт} = 0$ ), причем при расчетах варьировались акустические характеристики ( $\alpha_{обл}$ ) различных конструкций звукопоглощающих облицовок.

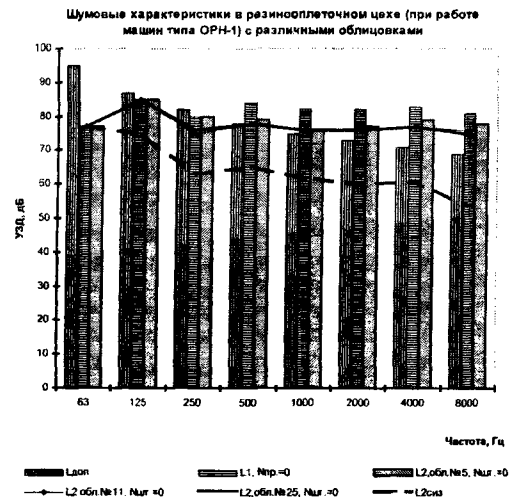


Рис. 2

На рис.2 приведена гистограмма, отображающая эффективность применения звукопоглощающих облицовок № 5,11,25 [3] в названном цехе упомянутой выше фабрики при  $N_{пр} = 0$  (работают все станки) и  $N_{шт} = 0$ , то есть рассматривается эффективность снижения шума только звукопоглощающими облицовками. Из представленных результатов расчета можно сделать вывод о том, что при равных условиях размещения в цехе наиболее эффективными являются облицовки № 11 и № 25 (на рис.2 эти кривые практически совпадают), при этом облицовка № 5 уступает этим конструкциям в широком спектре частот на 3...5 дБ.

Второй этап исследования заключался в возможности применения в указанном ранее цехе в качестве средств снижения шума только штучных подвесных звукопоглотителей, то есть без применения облицовок ( $\alpha_{обл} = 0$ ), причем при расчетах варьировались как акустические параметры штучных звукопоглотителей под № 1,9,13,17 [3], так и их количество  $N_{шт}$ .

Анализируя результаты расчетов на ПЭВМ, можно сделать вывод о том, что применение некоторых конструкций штучных звукопоглотителей в малом количестве еще не приводит к снижению шума в цехе, и, наоборот, чрезмерное их увеличение свыше какого-то числа (оптима) уже не приводит к дальнейшему снижению шума. Так, например, использование конструкции  $A_{шт}$  №17 в количест-

ве  $N_{шт} = 6$  не приводит к снижению шума в цехе (рис.3), а в количестве 9 шт приводит к снижению шума в полосе частот 500...2000 Гц на 3 дБ; 12 шт – в полосе частот 500...8000 Гц на 3...5 дБ; 15 шт – в полосе частот 500...8000 Гц на 5...6 дБ, а 24 шт – в полосе частот 250...8000 Гц на 6...8 дБ (рис.3).

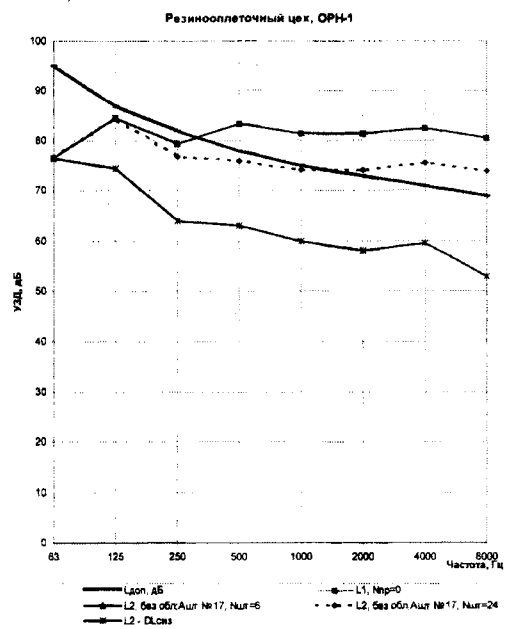


Рис. 3

Использование конструкции  $A_{шт}$  №1 в количестве  $N_{шт} =$  до 65 не приводит к снижению шума в цехе, а в количестве 150 шт приводит к снижению шума в полосе частот 250...8000 Гц на 3...7 дБ.

Использование конструкции  $A_{шт}$  №9 в количестве  $N_{шт} = 15$  не приводит к снижению шума в цехе, а в количестве 30 шт приводит к снижению шума в полосе частот 250...2000 Гц на 3...4 дБ; 45 шт – в полосе частот 250...8000 Гц на 3...6 дБ; 90 шт – во всей полосе частот 63...8000 Гц на 3...8 дБ, а дальнейшее увеличение  $N_{шт}$  до 150 и 1500 приводит по сравнению с  $N_{шт} = 90$  лишь к незначительному снижению шума в низкочастотной области 63...125 Гц соответственно на 2,5...3 дБ и 1,3...2,2 дБ, где нет превышения допустимых норм.

Следовательно, для конструкции  $A_{шт}$  №9 оптимальным для данного цеха будет количество  $N_{шт} = 90$ , а для конструкции №17 –  $N_{шт} = 24$ . Следует отметить, что

применение конструкции  $A_{шт}$  №17 в количестве  $N_{шт} = 24$  при работе одного станка в цехе ( $N_{пр} = 2$ ) приводит к снижению шума до уровня санитарных норм (рис.4).

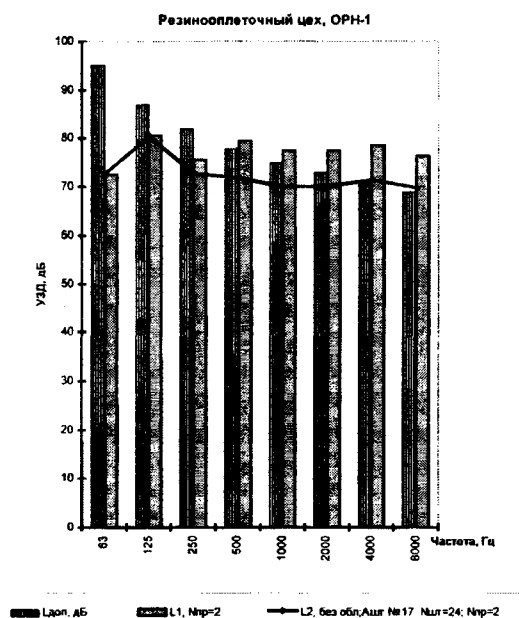


Рис. 4

Третий этап исследования заключался в возможности применения в резинооплеточном цехе в качестве средств снижения шума комбинированного варианта, то есть совместного применения штучных подвесных звукопоглотителей и звукопоглощающих облицовок ( $\alpha_{обл}$  № 25), причем при расчетах варьировались как акустические параметры штучных звукопоглотителей под № 9,13,17 [3], так и их количество  $N_{шт}$ .

Анализируя результаты расчетов на ПЭВМ, можно сделать вывод о том, что при  $N_{пр} = 0$  (работают все станки) и  $\alpha_{обл}$  №25 перебор различных сочетаний характеристик и количества штучных звукопоглотителей практически не влияет на величину  $L_2$ ; отличие имеет место только в низкочастотной области 63...250 Гц и составляет порядка 3...7 дБ.

Величина  $N_{пр}$  существенно влияет как на величину  $L_1$ , так и на величину  $L_2$ , причем при увеличении  $N_{пр}$  (уменьшении количества работающих станков в цехе) можно подобрать такое сочетание параметров облицовки и штучных поглотите-

лей, что уровни звукового давления на рабочем месте будут соответствовать допустимым санитарно-гигиеническим нормам [1].

Экспериментальная проверка результатов расчета подтвердила регламентированную погрешность ориентировочного метода, которая находится в пределах 2 дБ [2].

### ВЫВОДЫ

1. На базе ориентировочного метода определения уровней звукового давления в производственных помещениях разработана программа расчета на ПЭВМ эффективности снижения шума в цехах текстильной промышленности с использованием звукопоглощающих конструкций.

2. Разработанная программа позволяет осуществлять оптимальный подбор параметров звукопоглощающих конструкций с учетом реального спектра шума в производственных цехах.

### ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 12.1.003–83. ССБТ. Шум. Общие требования безопасности. – М.: Госстандарт, 1984.
2. Кочетов О.С. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1997, № 2. С.106...111.
3. Руководство по расчету и проектированию шумоглушения в промышленных зданиях. – М.: Стройиздат, 1982.

Рекомендована кафедрой процессов и аппаратов химической технологии и безопасности жизнедеятельности. Поступила 28.03.02.