

УДК 697.922

**МЕТОДИКА РАСЧЕТА ЗВУКОИЗОЛИРУЮЩИХ ОГРАЖДЕНИЙ
ПРИВОДА ВЕРЕТЕН ПРЯДИЛЬНЫХ МАШИН***О. С. КОЧЕТОВ**(Московская государственная текстильная академия им. А. Н. Косыгина)*

Одним из наиболее эффективных конструктивных методов борьбы с шумом прядильных машин является метод звукоизоляции привода веретен как одного из главных источников шума прядильных машин [1].

На прядильно-ткацкой фабрике «Красное эхо» были проведены исследования акустической активности крутильной машины типа «VTS-07». Испытания проводились в тростильно-крутильном цехе фабрики после окончания 2-й смены на машине № 3 при скорости веретен $n=6000$ мин⁻¹ с заправкой и без заправки машины с использованием аппаратуры фирмы «Брюль и Кьер» (Дания): микрофон 4131, шумомер 2203, октавные фильтры 1613. Схема расположения измерительных точек представлена на рис. 1, а значения уровней звукового давления L_i , дБ, — в табл. 1.

Результаты испытаний показали, что уровни шума машин превышают допустимые санитарно-гигиенические нормы на рабочих местах [2] по спектру в полосе частот 500...8000 Гц на 5...20 дБ и на 17 дБА по уровню звука.

Испытания машины без заправки и с заправкой позволили выявить влияние аэродинамического шума быстровращающейся нити, образующей воздушный баллон. Это влияние сказывается в низкочастотной области, начиная с 31,5 до 500 Гц, при этом разница уровней

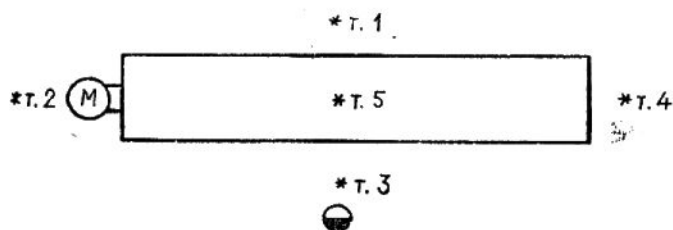


Рис. 1.

звукового давления в этой полосе частот составляет порядка 4...6 дБ, причем в этом диапазоне частот нет превышения нормативных значений уровней звукового давления. Следовательно, основным источником шума машины VTS-07 в высокочастотной области является тангенциальный ременный привод и опорные узлы веретен, а также направляющие и поддерживающие ролики тангенциального привода, дающие превышение уровней звукового давления в цехе над допустимыми значениями до 20 дБ.

Таблица 1

| Условия замеров | № изм. точки | Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц | | | | | | | | Уровень звука, дБА | |
|--------------------------------------|--------------|---|----|-----|-----|-----|------|------|------|--------------------|------|
| | | 31,5 | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | | 8000 |
| Машина заправлена | 1 | 81 | 84 | 84 | 81 | 85 | 85 | 83 | 84 | 83 | 91 |
| | 2 | 79 | 79 | 80 | 76 | 81 | 80 | 79 | 77 | 75 | 85,5 |
| | 3 | 78 | 84 | 85 | 81 | 84 | 86 | 84 | 83 | 84 | 91 |
| | 4 | 78 | 80 | 79 | 76 | 80 | 78 | 77 | 77 | 76 | 84,5 |
| | 5 | 77 | 82 | 82 | 80 | 83 | 84 | 81 | 80 | 79 | 88 |
| Машина без заправки и ограждения | 1 | 58 | 78 | 85 | 77 | 81 | 85 | 83 | 82 | 82 | 90 |
| | 2 | 55 | 75 | 82 | 75 | 79 | 79 | 79 | 79 | 75 | 85 |
| | 3 | 60 | 79 | 83 | 78 | 81 | 84 | 85 | 82 | 83 | 91 |
| | 4 | 54 | 70 | 77 | 75 | 77 | 77 | 76 | 75 | 75 | 83 |
| | 5 | 57 | 74 | 80 | 77 | 81 | 83 | 81 | 78 | 78 | 88 |
| Без заправки с ограждением | 1 | 81 | 81 | 74 | 77 | 74 | 77 | 76 | 73 | 72 | 83 |
| | 2 | 84 | 80 | 73 | 73 | 72 | 75 | 71 | 67 | 65 | 78 |
| | 3 | 77 | 81 | 75 | 75 | 74 | 76 | 76 | 73 | 72 | 83 |
| | 4 | 80 | 80 | 76 | 71 | 75 | 78 | 74 | 71 | 68 | 80 |
| | 5 | 80 | 80 | 76 | 74 | 74 | 77 | 75 | 70 | 69 | 81 |
| Эффективность звукоизоляции для т. 3 | — | — | — | 3 | 7 | 8 | 9 | 9 | 11 | 8 | |
| Работают все машины в цехе, т. 3 | 84 | 90 | 87 | 87 | 90 | 92 | 90 | 88 | 89 | 97 | |
| Нормированные значения СН3223—85 | 107 | 95 | 87 | 82 | 78 | 75 | 73 | 71 | 69 | 80 | |
| Превышение | — | — | — | 5 | 12 | 17 | 17 | 17 | 20 | 17 | |

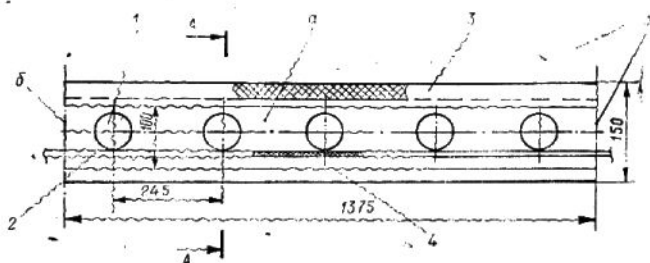


Рис. 2.

Для снижения шума крутильной машины от данного источника было разработано звукоизолирующее ограждение [3], конструктивная схема которого изображена на рис. 2, 3. На рис. 2 показан вид сверху на секцию кожуха из пяти веретен при снятых паковках, а на рис. 3 — сечение по веретсу 1, контактирующему с тангенциальным ремнем 2. Передняя 3 и задняя 4 стенки кожуха выполнены из стального листа толщиной 1 мм, обработаны вибродемпфирующим материалом 5 и покрыты звукопоглощающим материалом 6 (толщина 30 мм) и 7 (толщина 20 мм). Кожух негерметичен и имеет технологические отверстия *a* для размещения паковок, *b* и *c* — для предотвращения перегрева ременного привода. Результаты испытаний звукоизолирующего ограждения в пяти измерительных точках и эффективность звукоизоляции (для точки 3) приведены в табл. 1.

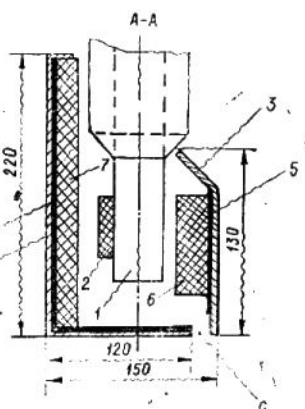


Рис. 3.

Расчет для негерметичных ограждений [4, 5] проводили по зависимости

$$R_{\text{кож.тр}} \leq R_{st} - 10 \lg \frac{\sum_{i=1}^n \tau_i S_{oi}}{\sum_{i=1}^n S_i} \cdot 10^{0,1 R_{si}} \quad (1)$$

$$\alpha + \frac{\sum_{i=1}^n S_i}{\sum_{i=1}^n S_i} + (\sqrt{1-\alpha}) \cdot 10^{-0,1 R_{si}}$$

где $R_{\text{кож.тр}}$ — требуемая звукоизоляция кожуха, дБ, определяемая по формуле

$$R_{\text{кож.тр}} = L_i - L_{\text{доп}} + 5; \quad (2)$$

L_i — октавный уровень звукового давления в расчетной точке от одиночно работающей изолируемой машины, дБ;

- n — число кожухов на машине;
 $L_{\text{доп}}$ — допустимый по нормам уровень звукового давления в расчетной точке, дБ;
 R_{si} — средняя звукоизоляция сплошной части ограждений i -го кожуха, дБ;
 α — реверберационный коэффициент звукопоглощения внутри i -го кожуха;
 τ_i — энергетический коэффициент прохождения звука через глушитель технологического отверстия. Для простого отверстия $\tau_i = 1$ (простым отверстием считается отверстие без глушителя шума, как в нашем случае);
 $\sum_{i=1}^n S_{oi}$ — суммарная площадь технологических отверстий для i -го кожуха машины, м²,

то есть

$$\sum_{i=1}^n S_{oi} = S_{oa} + S_{ob} + S_{oc} = 0,1 \cdot 1,375 + 2 \cdot 0,1 \cdot 0,13 + 0,03 \cdot 1,375 = 0,2 \text{ (м}^2\text{)};$$

$\sum_{i=1}^n S_i$ — суммарная площадь сплошной части ограждения, м², определяемая по формуле

$$\sum_{i=1}^n S_i = 2(l_i b_i + b_i h_i + l_i h_i) - \sum_{i=1}^n S_{oi}, \quad (3)$$

l_i , b_i , h_i — соответственно длина, ширина и высота i -го кожуха, м;
 для нашего случая

$$\sum_{i=1}^n S_i = 2(1,375 \cdot 0,15 + 0,15 \cdot 0,2 + 1,375 \cdot 0,2) - 0,2 = 0,82 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Величину реверберационного коэффициента звукопоглощения внутри ограждения находим по выражению

$$\alpha = \frac{\alpha_0 \left(\sum_{i=1}^n S_i - \sum_{i=1}^n S_M \right) + \alpha_M \sum_{i=1}^n S_M}{\sum_{i=1}^n S_i}, \quad (4)$$

где α_0 — реверберационный коэффициент звукопоглощения для ограждений без звукопоглощающего материала;

α_M — реверберационный коэффициент звукопоглощения звукопоглощающего материала;

$\sum_{i=1}^n S_M$ — площадь нанесения звукопоглощающего материала, м²;

для нашего случая

$$\sum_{i=1}^n S_M = \sum_{i=1}^n S_i - 0,1 \cdot 1,375 = 0,82 - 0,14 = 0,68 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Средняя звукоизоляция сплошной части ограждений, дБ, при наличии вибрационных нагрузок на элементы кожуха рассчитывается согласно

$$R_{si} = R_i K + 10 \lg \frac{\eta}{\eta_0}, \quad (5)$$

где R_i — звукоизоляция материала ограждения, дБ;

K — коэффициент, учитывающий снижение звукоизоляции материала ограждений при действующем вибрационном возбуждении;

η — коэффициент потерь конструкций кожухов со средствами вибропоглощения и вибродемпфирования;

η_0 — коэффициент потерь конструкций кожухов, не снабженных средствами вибропоглощения.

Результаты расчетов по формулам (1..5) сведены в общую таблицу (табл. 2).

Таблица 2

| № | ц/п | Расчетные формулы и зависимости | Среднегеометрические частоты, Гц | | | | | | | |
|----|-----|--|----------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
| 1 | | L_z , дБ | 79 | 83 | 78 | 81 | 86 | 85 | 82 | 83 |
| 2 | | $L_{доп}$, дБ | 95 | 87 | 82 | 78 | 75 | 73 | 71 | 69 |
| 3 | | $R_{кон.тр} = L_z - L_{доп} + 5$, дБ | -11 | 1 | 1 | 2 | 16 | 17 | 16 | 19 |
| 4 | | R_i , дБ (стальной лист, 1 мм) | 13 | 17 | 21 | 25 | 28 | 32 | 36 | 35 |
| 5 | | K | — | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,4 | 0,4 | 0,4 | 0,3 |
| 6 | | $10 \lg \frac{\eta}{\eta_0}$ (резиновая пластинка, толщина 3 мм) | — | 4,7 | 6 | 8,5 | 10,5 | 8,2 | 7 | 4 |
| 7 | | $R_{si} = R_i K + 10 \lg \frac{\eta}{\eta_0}$, дБ | 13 | 9,8 | 12,3 | 16 | 21,7 | 21 | 21,4 | 14,5 |
| 8 | | α_0 | — | 0,05 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,05 | 0,06 | 0,1 |
| 9 | | α_M (винипор полужесткий, 30 мм) | 0,01 | 0,15 | 0,25 | 0,56 | 0,85 | 0,9 | 0,9 | 0,9 |
| 10 | | $\alpha = \frac{\alpha_0 (\sum_{i=1}^n S_i - \sum_{i=1}^n S_M) + \alpha_M \sum_{i=1}^n S_M}{\sum_{i=1}^n S_i}$ | 0,01 | 0,13 | 0,21 | 0,47 | 0,71 | 0,75 | 0,75 | 0,76 |
| 11 | | $R_{кож}$, расчетная формула (1), дБ | 0,1 | 1,4 | 2,4 | 4,5 | 5,9 | 6,1 | 6,1 | 5,9 |

Анализ расчетных и экспериментальных данных позволяет сделать вывод о достоверности выбранной методики расчета в части характера полученного спектра звукоизоляции спроектированного ограждения и подтверждает правильность выбора изолирующего (стальной лист толщиной 1 мм) и звукопоглощающего (полужесткий винипор толщи-

ной 30 мм) материалов, а также учета технологических отверстий. Расхождение теоретических и экспериментальных данных (на 40...50%) вызвано, во-первых, выбором для расчета одной секции ограждения из пяти веретен, а не всей машины, а, во-вторых, применением нового вибродемпфирующего материала «герлен-Д» [3] взамен резинового листа. Коэффициенты потерь η и η_0 для этого материала предстоит определять экспериментальным или теоретическим путем, основываясь на вышеизложенной методике. Заметим, что эффективность звукоизоляции ограждения, полученная экспериментальным путем, оказалась выше (на 40...50%), по мнению автора, именно за счет применения нового вибродемпфирующего материала.

ВЫВОДЫ

1. Разработана методика расчета звукоизолирующих ограждений для привода веретен прядильных машин как негерметичных ограждений с учетом технологических отверстий, энергетического коэффициента прохождения звука через глушитель шума этих отверстий, а также коэффициента, учитывающего снижение звукоизоляции материала ограждений при действующем вибрационном возбуждении от веретенного бруса машины.

2. Спроектировано и испытано звукоизолирующее ограждение привода веретен крутильной машины VTS-07, эффективность которого в полосе частот 500...8000 Гц составляет 7...11 дБ, а по уровню звука 8 дБА.

ЛИТЕРАТУРА

1. Устройство для снижения виброакустической активности тростильно-крутильных машин/Кочетов О. С., Старостин С. В. — И. Л. МГЦНТИ, № 140-87, 1987.
2. СН № 3223—85. Санитарные нормы допустимых уровней шума на рабочих местах. — М.: ГСЭУ, 1988.
3. А. с. № 1388484. Ограждение веретен текстильной машины/Кочетов О. С. и др. — Оpubл. Бюл. № 14.
4. РТМ 27-60-1075—85. Проектирование звукозащитных ограждений полиграфических машин. — М.: Минлегпишемаш, 1985.
5. Руководство по расчету и проектированию шумоглушения в промышленных зданиях. — М.: Стройиздат, 1982.

Рекомендована кафедрой процессов и аппаратов химической технологии и безопасности жизнедеятельности. Поступила 31.10.96.