

УДК 534.833: 621

**МЕТОДИКА РАСЧЕТА ТАРЕЛЬЧАТЫХ ВИБРОИЗОЛЯТОРОВ
ДЛЯ ТКАЦКИХ СТАНКОВ**

О.С. КОЧЕТОВ

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

При размещении нового оборудования или модернизации существующего, связанной с увеличением рабочих скоростей, на старых производственных площадях приходится либо увеличивать жесткость межэтажного перекрытия, либо устанавливать оборудование на виброизолирующие системы [1,2]. Последнее зачастую более предпочтительно, поскольку не требует больших затрат на реконструкцию зданий.

На Московском производственном камвольном объединении (МПКО) «Октябрь» (1991г.) требовалось снизить динамические нагрузки в ткацком производстве на перекрытия над 2-м этажом в осях 3-5/А-В, так как было зафиксировано пре-

вышение допустимых динамических нагрузок [3] на данное перекрытие в 2 с лишним раза в полосах частот со среднегеометрическими частотами 8 и 16 Гц (табл.1 – среднеквадратичные значения вертикальной виброскорости ($m \cdot c^{-1} \cdot 10^{-2}$), измеренные на 3-м этаже ткацкого корпуса МПКО «Октябрь» в осях 3-5/А-В при установке 6 станков типа СТБ 2-175 с кареточным зевобразовательным механизмом СКН-14 жестко и на тарельчатые виброизоляторы; число оборотов главного вала 220 $мин^{-1}$).

Таблица 1

№	Условия эксперимента	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц					
		2,0	4,0	8,0	16	31,5	63
1	6 станков СТБ 2-175 с кареткой СКН-14 установлены жестко, точка замера: т. № 1	0,04	0,08	0,17	0,23	0,09	0,05
2	6 станков СТБ 2-175 установлены на тарельчатые виброизоляторы, т. № 1	0,04	0,11	0,07	0,09	0,05	0,04
3	6 станков СТБ 2-175 установлены жестко, точка замера: т. № 2	0,05	0,09	0,20	0,25	0,10	0,06
4	6 станков СТБ 2-175 установлены на тарельчатые виброизоляторы, т. № 2	0,05	0,12	0,09	0,08	0,06	0,03
5	ГОСТ 12.1.012 – 90	0,64	0,23	0,12	0,12	0,12	0,12

К проектируемой системе виброизоляции для станков СТБ 2-175 с кареткой СКН-14 (вес станка с навоем $Q = 2460$ кгс) сформулированы технические требования:

а) виброизоляторы должны вписываться в контур станка и не выходить за его

габаритные размеры (для сохранения технологических проездов и проходов);

б) виброизоляторы должны обеспечивать снижение динамических нагрузок на основание не менее чем в 2 раза;

в) виброизоляторы не должны повышать обрывность нитей и снижать надежность работы станка;

г) виброизоляторы должны быть долговечны, удобны в обслуживании и монтаже, а также иметь малую стоимость.

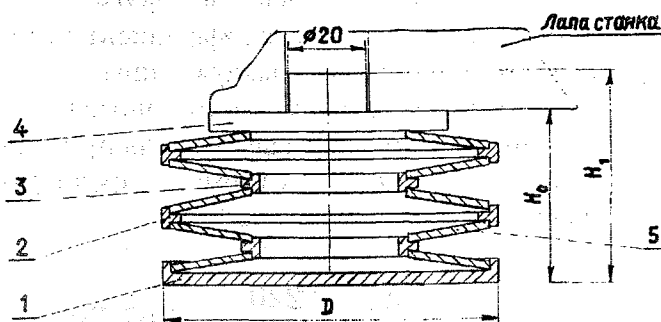


Рис. 1

Таковыми виброизоляторами являются виброизоляторы на базе тарельчатых пружин, оригинальная конструкция одного из которых [5], изображена на рис.1, где 1 – основание, являющееся опорной поверхностью тарельчатых пружин 5 по наружному диаметру; 4 – упор, фиксирующий тарельчатые пружины по внутреннему диаметру; между основанием 1 и упором 4 размещен набор тарельчатых пружин 5 с отверстиями по центру, которые фиксируются с помощью опорно-дистанционных колец 2 и 3. Между тарельчатыми пружинами 5 и опорно-дистанционными кольцами 2 и 3 расположен упруговязкий демпфер в виде резиновых колец, расположенных в канавках опорно-дистанционных колец и взаимодействующих с тарельчатыми пружинами (резиновые кольца на рис.1 не показаны).

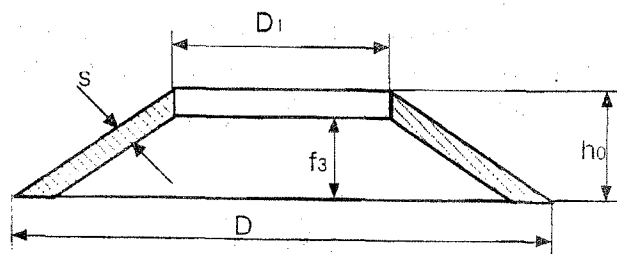


Рис. 2

Рассмотрим методику расчета представленного виброизолятора. По ГОСТу 3057–79 [4] выберем параметры тарельчатой пружины, расчетная схема которой изображена на рис.2, согласно опорным реакциям станка по максимально допустимой нагрузке P_3 , кгс. Возьмем тарельчатую пружину нормальной точности (рис.2), получаемую штамповкой без механической обработки поверхности обреза из стали марки 60С2А по ГОСТ14959–79, НРС 44...50. Геометрические параметры пружины: наружный диаметр $D=50$ мм; внутренний диаметр $D_1=25$ мм; статическая осадка под максимальной нагрузкой $f_3=1,45$ мм; толщина тарельчатой пружины $s=1,8$ мм; высота в свободном состоянии $h_0=3,25$ мм.

Определим вид упругой характеристики пружины по соотношению:

$$\frac{f_3}{s} < 0,6 \text{ – линейная характеристика;} \quad (1)$$

$$\frac{f_3}{s} \geq 0,6 \text{ – нелинейная характеристика.}$$

Для наших размеров $\frac{f_3}{s} = \frac{1,45}{1,8} = 0,8$ – характеристика нелинейная.

Далее определим жесткость пружины по формуле

$$k_z = \frac{4Es^3}{(1-\mu^2)YD^2} \left[\left(\frac{f_3}{s} \right)^2 - 3 \frac{f_3 f}{s^2} + \frac{3}{2} \left(\frac{f}{s} \right)^2 + 1 \right] =$$

$$= \frac{4 \cdot 2,1 \cdot 10^6 \cdot 0,18^3}{(1-0,3^2) \cdot 0,687 \cdot 5^2} \left[(0,8)^2 - 3 \cdot 0,8 \left(\frac{0,116}{0,18} \right) + \frac{3}{2} \left(\frac{0,116}{0,18} \right)^2 + 1 \right] = 2225 \frac{\text{кгс}}{\text{см}}, \quad (2)$$

где E – модуль упругости для стали, равный $2,1 \cdot 10^6$ кГс/см²; μ – коэффициент Пуассона для стали $\mu=0,3$;

$$Y = \frac{6}{\pi \ln A} \left[\frac{A-1}{A} \right]^2 =$$

$$= \frac{6}{3,14 \ln 2} \left(\frac{2-1}{2} \right)^2 = 0,687, \quad (3)$$

$$A = \frac{D}{D_1} = \frac{50}{25} = 2 - \text{отношение диаметров пружины.}$$

При последовательном соединении пружин в комплекте жесткость вычисляется по формуле

При последовательном соединении пружин в комплекте жесткость вычисляется по формуле

$$k_{z\text{общ}} = \frac{k_z}{n} = \frac{2225}{10} = 222,5 \frac{\text{кГс}}{\text{см}}, \quad (4)$$

где n – число пружин в комплекте.

Вычислим суммарную жесткость системы виброизоляции в вертикальном направлении:

$$C_z = 4k_{z\text{общ}} = 4 \cdot 222,5 = 890 \frac{\text{кГс}}{\text{см}}, \quad (5)$$

Определим собственную частоту колебаний системы «станок на виброизоляторах» в вертикальном направлении:

$$f_z = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{C_z g}{Q}} =$$

$$= \frac{1}{2 \cdot 3,14} \sqrt{\frac{890 \cdot 981}{2460}} = 3 \text{ Гц}. \quad (6)$$

Найдем эффективность виброизоляции для схемы установки станка на абсолютно жестком основании, причем следует отметить, что демпфирование в системе обусловлено внутренним поглощением энергии в материале резиновых колец виброизоляторов (коэффициент неупругого сопротивления $\gamma=0,037$). Коэффициент передачи силы на частоте вынужденных колебаний станка в вертикальном направлении при числе оборотов главного вала $n_1 = 220$ мин⁻¹ для первых трех гармоник будет равен

$$f_{B1} = \frac{n_1}{60} = \frac{220}{60} = 3,67 \text{ Гц};$$

$$f_{B2} = 7,33 \text{ Гц};$$

$$f_{B3} = 11,01 \text{ Гц};$$

$$\eta_z^1 = \sqrt{\frac{1 + \gamma^2}{\left(1 - \frac{f_{B1}^2}{f_z^2}\right)^2 + \gamma^2}} =$$

$$= \sqrt{\frac{1 + 0,037^2}{\left(1 - \frac{3,67^2}{3^2}\right)^2 + 0,037^2}} = 2. \quad (7)$$

Аналогично определяли коэффициенты виброизоляции для 2-й и 3-й гармоник:

$$\eta_z^2 = 0,21; \quad \eta_z^3 = 0,08.$$

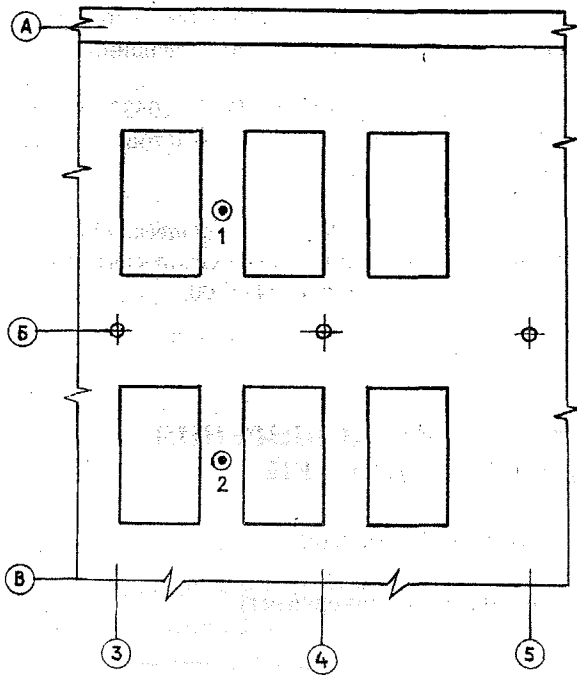


Рис. 3

С целью проведения экспериментальных исследований выбрали опытный участок на 3-м этаже ткацкого корпуса МПКО «Октябрь», расположенный в осях 3-5/А-В.

Среднеквадратичные значения (\odot – точки на рис.3) вертикальной виброскорости ($\text{м}\cdot\text{с}^{-1}\cdot 10^{-2}$), измеренные на 3-м этаже этого ткацкого корпуса (схема опытного участка показана на рис.3) в осях 3-5/А-В при установке 6 станков типа СТБ 2-175 с кареточным зевобразовательным механизмом СКН-14 жестко и на тарельчатые виброизоляторы (число оборотов главного вала 220 мин^{-1}), представлены на рис.4, где кривая 1 – нормативные значения по ГОСТ 12.1.012–90; 2 – 6 станков СТБ 2-175 установлены жестко, точка замера: т. № 2; 3 – 6 станков СТБ 2-175 с кареткой СКН-14 установлены жестко, точка замера: т. № 1; 4 – 6 станков СТБ 2-175 установлены на тарельчатые виброизоляторы, т. № 1; 5 – 6 станков СТБ 2-175 установлены на тарельчатые виброизоляторы, т. № 2.

Из представленных результатов следует, что прохождение резонансного режима работы станка на тарельчатых виброизоляторах на первой гармонике (3,67 Гц) прак-

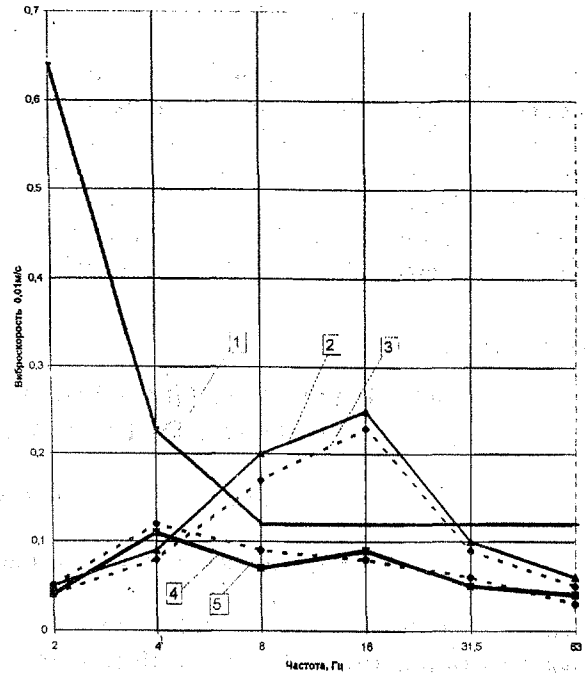


Рис. 4

тически не отразилось на его эффективности в требуемом диапазоне частот (8...16 Гц). В полосе частот со среднегеометрической частотой 4 Гц имеет место незначительное увеличение виброскорости ($\text{м}\cdot\text{с}^{-1}\cdot 10^{-2}$), например для точки №1 с 0,08 до 0,11; для точки № 2 – с 0,09 до 0,12 (при норме 0,23). Динамические нагрузки от станка на тарельчатых виброизоляторах на перекрытие в полосе частот 8...16 Гц уменьшаются в 2,5...3 раза, приводя их в соответствие с нормативными значениями по ГОСТ 12.1.012–90.

ВЫВОДЫ

Разработана методика расчета тарельчатых виброизоляторов для станков типа СТБ 2-175 с кареточным зевобразовательным механизмом СКН-14 с учетом предварительных замеров уровней виброскорости на межэтажных перекрытиях фабричных зданий, а также испытана созданная система виброизоляции для ткацких станков, включающая тарельчатые пружины. Предлагаемая система снижает динамические нагрузки на перекрытие в полосе частот 8...16 Гц в 2,5...3 раза.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кочетов О.С. // Изв.вузов. Технология текстильной промышленности.–1995, №1. С.88...92.

2.А.с. 1668773 СССР. Виброизолирующая система Кочетова для ткацких станков / О.С.Кочетов. – Оpubл. 1991. Бюл. № 29.

3. ГОСТ 12.1.012 – 90. ССБТ. Вибрация.Общие требования безопасности. – М.: Госстандарт, 1991.

4. Ануриев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. Т.3. – М.: Машиностроение, 1980.

5.Свидетельство РФ на ПМ № 10433. Тарельчатый виброизолятор / О.С.Кочетов и др. – Оpubл.1999. Бюл. № 7.

Рекомендована кафедрой процессов и аппаратов химической технологии и безопасности жизнедеятельности. Поступила 04.05.00.