

УДК 534.833: 621

**РАСЧЕТ ТАРЕЛЬЧАТЫХ ВИБРОИЗОЛЯТОРОВ
ДЛЯ ТКАЦКИХ СТАНКОВ**

Б.С.САЖИН, О.С.КОЧЕТОВ, А.В. ШЕСТЕРНИНОВ, Е.О.БОБРОВА

**(Московский государственный текстильный университет им.А.Н. Косыгина,
Ульяновский государственный технический университет)**

Актуальность вопроса размещения нового, более высокопроизводительного оборудования на старых производственных площадях связана с тем, что приходится либо увеличивать жесткость межэтажных перекрытий, либо устанавливать оборудование на виброизолирующие системы [1], [2]. Последний вариант зачастую более предпочтителен, так как не требует больших затрат на реконструкцию зданий.

Так, например, в ЗАО "МПКО (Московское производственное камвольное объединение) "Октябрь" был решен вопрос о снижении динамических нагрузок в ткацком производстве на перекрытия над 2-м этажом в осях 3-5/А-В в пользу установки оборудования на виброизолирующие

системы. Это решение было связано с требованиями проверяющей организации ГПИ-1 о снижении динамических нагрузок, которая при очередном обследовании перекрытия зафиксировала превышение допустимых [3] динамических нагрузок на данное перекрытие в 2 с лишним раза в полосах частот со среднегеометрическими частотами 8 и 16 Гц (табл.1 – среднегеометрические значения вертикальной виброскорости ($мс^{-1} \cdot 10^{-2}$), 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)).

Т а б л и ц а 1

№ п/п	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	Нормативные значения, 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 навоём Q = 2460 кгс) были 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 надеж-

ность работы станка;

г) виброизоляторы должны быть долго-

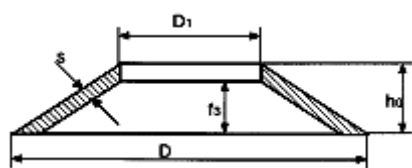


Рис. 1

вечны, удобны в обслуживании и монтаже, а также иметь малую стоимость.

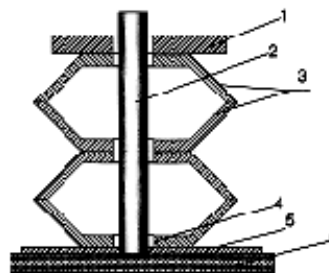


Рис. 2

Таковыми виброизоляторами являются виброизоляторы на базе тарельчатых пружин (рис. 2 – конструктивная схема тарельчатого виброизолятора). Виброизолятор устанавливается на основание 6 с вибродемпфирующим слоем 5 и состоит из верхней плиты 1, являющейся опорной поверхностью устанавливаемого оборудования и стержня 2, который фиксирует тарельчатые пружины 3 по внутреннему диаметру. Между тарельчатыми пружинами 3 и стержнем 2 выполнен зазор 4 в пределах, обеспечивающих оптимальное скольжение тарельчатых пружин 3 по внутреннему диаметру.

Остановимся на методике расчета такого виброизолятора. По ГОСТу 3057–79 [4] выбираем параметры тарельчатой пружины, расчетная схема которой представлена на рис.1, согласно опорным реакциям станка по максимально допустимой нагрузке P_3 , кгс. Выбираем тарельчатую пружину нормальной точности, изображенную на рис.1 и получаемую штамповкой без механической обработки поверх-

ности обреза из стали марки 60С2А по ГОСТу 14959–79, 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:

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

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

$$\text{Для наших размеров } \frac{f_3}{s} = \frac{1,45}{1,8} = 0,8 \text{ ха-}$$

рактеристика нелинейная.

Теперь определим жесткость пружины по формуле:

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

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

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

$$Y = \frac{6}{\pi \ln A} \left[\frac{A-1}{A} \right]^2 = \frac{6}{3,14 \times \ln 2} \left(\frac{2-1}{2} \right)^2 = 0,687; \quad (3)$$

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

При последовательном соединении пружин в комплекте жесткость вычисляется по формуле

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

где n — число пружин в комплекте.

Определим суммарную жесткость системы виброизоляции в вертикальном направлении:

$$C_Z = 4 \times k_{Z_{\text{общ}}} = 4 \times 222,5 = 890 \frac{\text{кГс}}{\text{см}}. \quad (5)$$

$$f_{B1} = \frac{n_1}{60} = \frac{220}{60} = 3,67 \text{ Гц}; f_{B2} = 7,33 \text{ Гц}; f_{B3} = 11,02 \text{ Гц};$$

$$\eta_Z^1 = \sqrt{\frac{1 + \gamma^2}{\left(1 - \frac{f_{B1}^2}{f_Z^2}\right)^2 + \gamma^2}} = \sqrt{\frac{1 + 0,037^2}{\left(1 - \frac{3,67^2}{3^2}\right)^2 + 0,037^2}} = 2. \quad (7)$$

Аналогично были определены коэффициенты виброизоляции для 2 и 3-й гармоник:

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

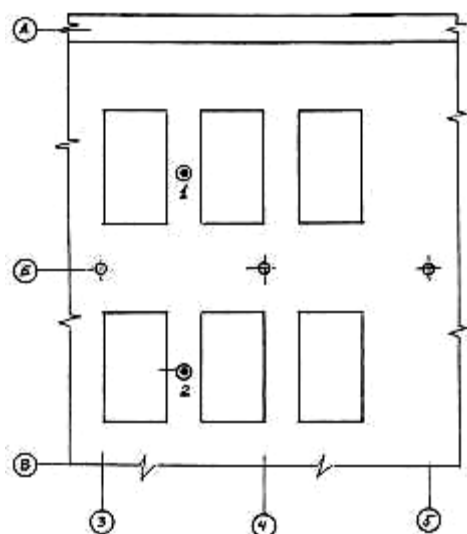


Рис. 3

Рассчитаем собственную частоту колебаний системы "станок на виброизоляторах" в вертикальном направлении:

$$f_Z = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{C_Z g}{Q}} = \frac{1}{2 \times 3,14} \sqrt{\frac{890 \times 981}{2460}} = 3 \text{ Гц}. \quad (6)$$

Вычислим эффективность виброизоляции для схемы установки станка на абсолютно жесткое основание, причем следует отметить, что демпфирование в системе обусловлено внутренним поглощением энергии в материале виброизоляторов (коэффициент неупругого сопротивления $\gamma=0,037$).

Определим коэффициент передачи силы на частоте вынужденных колебаний станка в вертикальном направлении, при числе оборотов главного вала $n_1 = 220 \text{ мин}^{-1}$, для первых трех гармоник:

Для проведения экспериментальных исследований был выбран опытный участок на 3-м этаже ткацкого корпуса МПКО "Октябрь", расположенный в осях 3-5/А-В, схема которого представлена на рис.3.

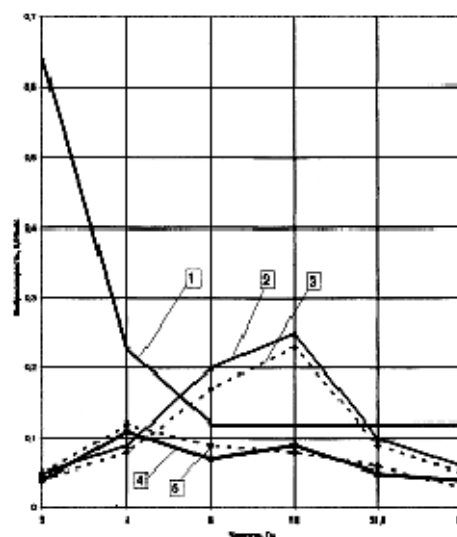


Рис. 4

Среднеквадратичные значения вертикальной виброскорости ($\text{мс}^{-1} \times 10^{-2}$), 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}), приведены на рис.4, кривая 1 – нормативные значения по ГОСТу 12.1.012–90; кривая 2 – 6 станков СТБ 2-175 установлены "жестко", точка замера: т. № 2; кривая 3 – 6 станков СТБ 2-175 с кареткой СКН-14 установлены "жестко", точка замера: т. № 1; кривая 4 – 6 станков СТБ 2-175 установлены на тарельчатые виброизоляторы, т. № 1; кривая 5 – 6 станков СТБ 2-175 установлены на тарельчатые виброизоляторы, т. № 2.

Из представленных материалов видно, что прохождение резонансного режима работы станка на тарельчатых виброизоляторах на первой гармонике (3,67 Гц) практически 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 ($\text{мс}^{-1} \times 10^{-2}$), 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 ГОСТу 12.1.012–90.

ВЫВОДЫ

1. 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.

2. Разработана и испытана система виброизоляции для ткацких станков, включающая в себя тарельчатые пружины, которая 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. СССР № 1668773. 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.

Рекомендована кафедрой процессов и аппаратов химической технологии и безопасности жизнедеятельности. Поступила 18.04.06.