

РАСЧЕТ НА ПЭВМ СИСТЕМ ВИБРОИЗОЛЯЦИИ ДЛЯ ТКАЦКИХ СТАНКОВ, УСТАНОВЛЕННЫХ НА НЕЖЕСТКОМ ОСНОВАНИИ

О.С. КОЧЕТОВ, А.В. СИНЕВ, В.С. СОЛОВЬЕВ, Б.С. САЖИН

(Московский государственный текстильный университет им. А. Н. Косыгина,
Институт машиноведения им. академика А.А. Благонравова РАН)

Длительное систематическое воздействие вибрации на организм оператора приводит к развитию вибрационной болезни, имеющейся в списке профессиональных заболеваний. ГОСТ 12.1.012-90 и Санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.556-96 "Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий" регламентируют параметры производственной вибрации и правила работы с виброопасным оборудованием.

В 1990 г. по просьбе руководства Московской ткацкой фабрики им. Петра Алексеева были проведены работы по обследо-

ванию вибросостояния рабочих мест на 3-м этаже ткацкого цеха (зал № 2).

Испытания проводили при различных способах установки станков типа СТБ2-216: жестко, на серийно выпускаемые виброизоляторы типа ОВ-31 и на оригинальные резиновые виброизолирующие системы [1]. При жесткой (без виброизоляторов) установке станков определяли степень распределения вибрационной нагрузки на основание в рамках производственной площади, занимаемой станком, то есть под передними и задними лапами станка, а также в проходах между станками.

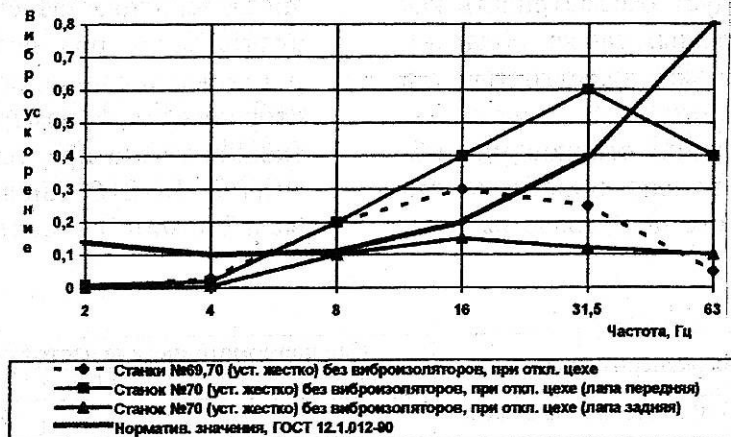


Рис. 1

На рис.1 представлен спектр среднеквадратичных значений вертикальных виброускорений, м/с^2 , измеренный у станков типа СТБ2-216 (№ 69 и 70 — число оборотов главного вала 196 мин^{-1}) в режиме отключенного цеха. Из рис. 1 следует, что при жесткой установке станков (на рабочих местах станков № 69 и 70) имеет место превышение уровней виброускорений над нормативными уровнями в полосе частот $8...16 \text{ Гц}$ в $1,5...2$ раза.

В то же время замеры, проведенные у передней лапы станка № 70, фиксируют

превышение уровней виброускорений в полосе частот $4...31,5 \text{ Гц}$ в 2 раза над нормативными уровнями, тогда как замеры, проведенные у задней лапы станка № 70, не фиксируют превышение уровней виброускорений во всем частотном диапазоне.

Результаты замеров среднеквадратичных значений вертикальных виброускорений, м/с^2 , при установке станков типа СТБ2-216 (число оборотов главного вала 196 мин^{-1}) на виброопоры ОВ-31 и на резиновые виброизоляторы, приведены в табл.1.

Таблица 1

№ п/п	Условия эксперимента	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц					
		2,0	4,0	8,0	16	31,5	63
1	Станки №69,70 (установленные жестко) без виброизоляторов при отключенном цехе	0,003	0,03	0,2	0,3	0,25	0,05
	Станки №189,192,155,156 на виброизоляторах ОВ-31 (зал №4, 2-й этаж)	0,01	0,01	0,15	0,25	0,2	0,15
	Станок №74 на резиновых виброизоляторах при отключенном цехе (лапа передняя)	0,005	0,005	0,09	0,06	0,04	0,03
5	Нормативные значения ГОСТ 12.1.012-90	0,14	0,1	0,11	0,2	0,4	0,8

Анализ результатов, представленных в табл.1, показал, что установка станков на виброопоры ОВ-31 в условиях этой фабрики малоэффективна, так как в полосе частот со среднегеометрическими частотами 8...16 Гц на рабочих местах остается превышение уровней виброускорений над нормативными значениями. Это служит подтверждением тому теоретическому предположению, что при расчете новых и подборе параметров существующих виброизоляторов необходимо учитывать жесткость основания, на котором будут установлены станки, то есть основания в расчетных схемах следует рассматривать как колебательные системы, также обладающие инерционностью, жесткостью и демпфированием.

Примером установки станков на виброизоляторы с правильно подобранными параметрами для этого цеха является уста-

новка станка № 74 на оригинальные резиновые виброизоляторы [1]. В этом случае замеры уровней виброускорений у передней лапы станка (наиболее виброактивной) показывают, что во всем частотном диапазоне 2...63 Гц отсутствует превышение замеренных уровней виброускорений над их нормативными значениями.

Аналогичным примером правильного подбора параметров виброизоляторов с учетом конкретных характеристик межэтажного перекрытия цеха является установка станков на резиновые виброизоляторы [1] на Ткацкой фабрике им. Я.М.Свердлова (Московская область), результаты замеров на которой (среднеквадратичные значения вертикального виброускорения, m/s^2 , измеренные на 2-м этаже ткацкого цеха при установке 4-х станков типа СТБ2-216; число оборотов главного вала 210 мин⁻¹) представлены в табл.2.

Таблица 2

№	Условия эксперимента	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц					
		2,0	4,0	8,0	16	31,5	63
1	Станки №54,55 (установленные жестко) без виброизоляторов при отключенном цехе	0,01	0,03	0,23	0,18	0,3	0,3
2	Станки №34,35 (установленные жестко) без виброизоляторов при отключенном цехе	0,01	0,01	0,2	0,4	0,35	0,35
3	Станки №42,43 (установленные жестко) без виброизоляторов при отключенном цехе	0,01	0,02	0,22	0,23	0,27	0,26
4	Станки №56,57 на резиновых виброизоляторах при отключенном цехе	0,005	0,02	0,15	0,12	0,07	0,08
5	Станки №58,59 на резиновых виброизоляторах при отключенном цехе	0,005	0,03	0,17	0,14	0,09	0,1
6	Нормативные значения, ГОСТ 12.1.012-90	0,14	0,1	0,11	0,2	0,4	0,8

Переходя к вопросу теоретического исследования динамических характеристик системы станок на виброизоляторах – не жесткое основание, следует отметить, что рассмотренные ранее [2] модели систем виброизоляции предполагали неподвижное основание под виброизоляторами с большой (в сравнении со станком) массой или значительной (по сравнению с виброизоляторами) жесткостью, что вполне справедливо для упругой установки станков на первом этаже зданий без подвальных помещений.

Однако при установке высокопроизводительного, более металлоемкого оборудования на существующее межэтажное перекрытие фабричных зданий и корпусов без дополнительной их реконструкции (усиления) принятые допущения становятся некорректными, поскольку масса балок и плит перекрытия меньше массы устанавливаемого на нем оборудования, а жесткость перекрытия соизмерима с жесткостью виброизоляторов. Для расчета таких случаев метод сосредоточенных параметров распространим и на элементы этажного перекрытия.

Рассмотрим четыре основных схемы установки станков на не жесткое (реальное) основание, универсальная схема которых представлена на рис.2.

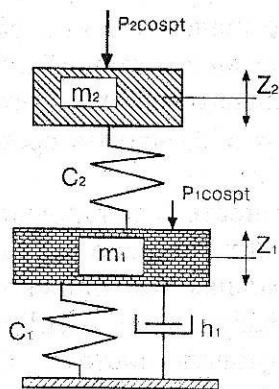


Рис. 2

Схема № 1. Система виброизоляции без демпфирования. Безынерционное упругое основание, лишенное демпфирования (рис. 2 – $m_1 = 0$; $h_1 = 0$). При гармоническом законе изменения возмущающей силы с постоянной амплитудой коэффициент

передачи выражается формулой

$$|\eta| = \frac{1}{1 - \frac{p^2}{\omega_2^2} \frac{(c_1 + c_2)}{c_1}}, \quad (1)$$

где p – частота возмущающего воздействия, c^{-1} ; ω_2 – собственная частота колебаний машины на упругих опорах, c^{-1} ; c_1 – жесткость основания; c_2 – жесткость виброизоляторов.

В этих схемах дополнительными исходными данными для расчета параметров системы виброизоляции являются величины m_1 , c_1 и h_1 , характеризующие инерционно-упругие свойства межэтажного перекрытия, которые получают экспериментальным методом осциллографирования и обследованием межэтажного перекрытия, предусматривающими помимо взятия "шурфов" запись свободных колебаний перекрытия при неработающем цехе (возбуждение – импульс единичной силы), а также вынужденных колебаний при различных режимах работы оборудования.

Схема № 2. Система виброизоляции без демпфирования. Инерционное основание, лишенное жесткости и демпфирования (рис. 2 – $c_1 = 0$; $h_1 = 0$):

$$|\eta| = \frac{1}{\left(1 - \frac{p^2}{\omega_2^2} + \frac{m_2}{m_1}\right)}, \quad (2)$$

где m_1 – масса основания; m_2 – масса станка.

Схема № 3. Система виброизоляции без демпфирования. Вязкодемпирированное основание, лишенное упругости и инерции (рис. 2 – $m_1 = 0$; $c_1 = 0$):

$$|\eta| = \frac{1}{\sqrt{\left(1 - \frac{p^2}{\omega_2^2}\right)^2 + \frac{p^2}{\omega_2^2} \frac{c_2 m_2}{h_1^2}}}, \quad (3)$$

где h_1 – абсолютная величина вязкого демпфирования основания.

$$\eta = \frac{1}{\sqrt{\left(1 - \frac{m_2 p^2}{c_2}\right)^2 - \frac{m_2^2 p^4 - 2m_2 p^2 (c_1 - m_1 p^2) \left(1 - \frac{m_2 p^2}{c_2}\right)}{(c_1 - m_1 p^2)^2 + p^2 h_1^2}} \quad (4)$$

Связь абсолютной величины вязкого демпфирования основания h_1 и относительного коэффициента демпфирования определяется формулой

$$D_1 = \frac{h_1}{2\sqrt{c_1 m_1}} \quad (5)$$

В целях теоретического исследования динамических характеристик этих схем составлена программа расчета на ПЭВМ (язык программирования "СИ++"). Анализ результатов, полученных при проведении эксперимента на ПЭВМ по исследованию коэффициентов передачи системы "станок на виброизоляторах" (при установке станка на реальное основание), позволил сделать следующие выводы.

На рис.3-а представлен коэффициент передачи системы, выполненной по схеме №1 (безынерционное упругое основание, лишнее демпфирования) при следующих параметрах: $P_1 = 0$; $C_2 = 1106$ кГс/см; $C_1 = 14323$ кГс/см; $D_1 = 0$; исследовались изменения виброзащитных свойств системы при срабатывании навоя (то есть при изменении P_2 от 2400 до 2800 кГс).

Из рис. 3 видно наличие пяти резонансных пиков в диапазоне частот 18...21 c^{-1} ; величина наибольшего резонансного пика достигает $T(\omega) = 4900$, частота среза при этом равна 29,6 c^{-1} .

На рис.3-б представлен коэффициент передачи системы, выполненной по схеме №2 (инерционное основание, лишнее жесткости и демпфирования) при следующих параметрах: параметр P_2 изменялся от 2400 до 2800 кГс; $P_1 = 1100$ кГс; $C_2 = 1106$ кГс/см; $C_1 = 0$; $D_1 = 0$. Из рисунка также видно наличие пяти резонансных пиков в диапазоне частот 35...40 c^{-1} ; величина наибольшего резонансного пика достигает $T(\omega) = 320$, частота среза при этом равна 56,4 c^{-1} .

Эффективность установки ткацких пневматических станков типа Джеттис-180НБ в условиях Калининской прядильно-ткацкой фабрики им. А.П.Вагжанова на виброизолирующую систему ВСК-1 [3] с демпфированием в системе виброизоляции, обусловленным внутренним поглощением энергии в материале виброизоляторов, составляет порядка 10...15 дБ, что позволяет работать операторам в условиях, регламентированных санитарными нормами. Измерения уровней вибрации в проходах между станками при виброизоляции всего количества станков в ткацком зале

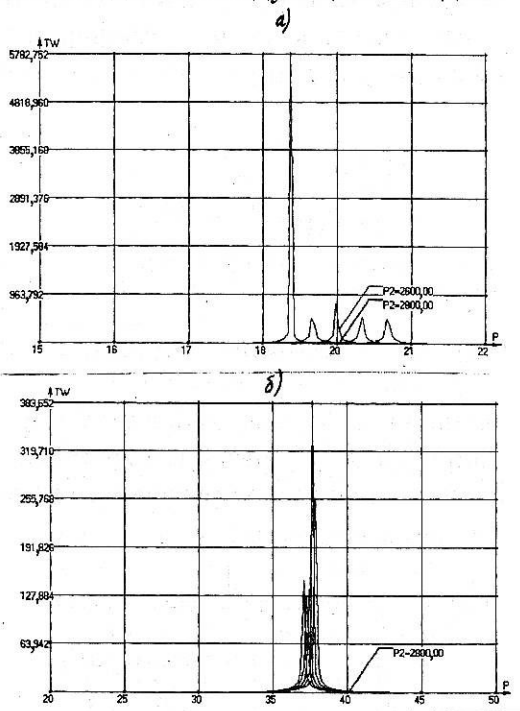


Рис. 3

второго этажа (102 станка) выявили снижение уровней вибрации на 14...18 дБ [4].

ВЫВОДЫ

1. Разработана программа расчета на ПЭВМ динамических характеристик системы станок на виброизоляторах – нежесткое основание, которая позволяет осуществлять теоретические исследования динамических систем на этапе предпроектной подготовки производства виброизолирующих систем для стационарного технологического оборудования.

2. Разработанная по результатам расчета конструкция виброизолирующей системы на базе резиновых виброизоляторов для ткацких станков испытана на Московской ткацкой фабрике им. Петра Алексеева. Результаты испытаний показали, что на

рабочих местах во всем частотном диапазоне 2...63 Гц отсутствует превышение уровней виброускорений над их нормативными значениями.

ЛИТЕРАТУРА

1. А.с. № 1737181 СССР. Эластичный виброизолятор Кочетова / О.С.Кочетов. – Оpubл.1992. Бюл. № 20.

2. Вибрация и шум в текстильной и легкой промышленности / Под ред. проф. Коритыцкого Я.И. – М.: Легкая индустрия, 1974.

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

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

Рекомендована кафедрой процессов и аппаратов химической технологии и безопасности жизнедеятельности. Поступила 26.02.02.