

УДК 534.833: 621

**РАСЧЕТ НА ПЭВМ СИСТЕМ ВИБРОИЗОЛЯЦИИ
ДЛЯ ТКАЦКИХ СТАНКОВ, УСТАНОВЛЕННЫХ
НА АБСОЛЮТНО ЖЕСТКОМ ОСНОВАНИИ**

О.С.КОЧЕТОВ, Б.С.САЖИН, Д.А.ПАВЛОВ, Н.В.ШАТРОВА

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

Длительное систематическое воздействие вибрации на организм оператора приводит к развитию вибрационной болезни, входящей в список профессиональных заболеваний. ГОСТ 12.1.012-90 и 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. на ткацкой фабрике "Пролетарская победа" обследованы рабочие места операторов станков типа СТБ2-216 (число оборотов главного вала 213 мин⁻¹), установленных на 3-м этаже ткацкого цеха ("Ромашка") при выработке тканей артикулов: Молодость №43816 и Квант №43372.

Результаты замеров среднеквадратичных значений вертикальных виброускорений, м/с², приведены в табл. 1.

Таблица 1

№	Условия эксперимента	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц					
		2,0	4,0	8,0	16	31,5	63
1	Станок №16 (уст. жестко) при откл. цехе (у передней лапы)	0,001	0,01	0,11	0,22	0,25	0,3
2	Станок №16 (уст. жестко) при откл. цехе (середина)	0,001	0,005	0,12	0,2	0,05	0,15
3	Станок №16 (уст. жестко) при откл. цехе (в проходе)	0,001	0,002	0,07	0,15	0,08	0,15
4	Станок №16 (уст. жестко) при откл. цехе (на корпусе станка)	0,01	0,03	0,07	0,25	0,22	0,3
5	Станок №16 (уст. жестко) при работающем цехе (у передней лапы)	0,001	0,004	0,12	0,22	0,15	0,18
6	Станок №16 (уст. жестко) при работающем цехе (середина)	0,002	0,005	0,15	0,25	0,2	0,24
7	Станок №16 (уст. жестко) при работающем цехе (в проходе)	0,002	0,006	0,1	0,18	0,1	0,2
8	Станки №32,17 (уст. жестко) при работающем цехе (в проходе)	0,002	0,001	0,1	0,17	0,1	0,22
9	ГОСТ 12.1.012-90	0,14	0,1	0,11	0,2	0,4	0,8

Анализ представленных в табл.1 результатов показывает, что превышение нормативных значений на рабочих местах имеет место в полосах частот со среднегеометрическими частотами 8 и 16 Гц, то есть на 2- и 3-й гармонических состав-

ляющих процесса вибровозбуждения основания.

В то же время проведены испытания пневматических ткацких станков типа П-105 (число оборотов главного вала 360 мин⁻¹), установленных на 2-м этаже ткацкого цеха (зал № 2) Ивановской ткацко-

отделочной фабрики им. рабочего Ф.Зиновьева. Среднеквадратичные значения вертикальной виброскорости, дБ, измеренные при выработке ткани арт. № 43

(измерительные точки № 1,2,3,4 расположены по контуру станка), приведены в табл.2.

Таблица 2

№	Условия эксперимента	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц					
		2.0	4.0	8.0	16	31,5	63
1	Станок №294 без виброизоляторов при откл. цехе, т. №1	80	74	88	99	84	85
2	Станок №294 на резиновых виброизоляторах при откл. цехе, т. №1	62	68	81	91	78	78
3	Станок №294 без виброизоляторов при откл. цехе, т. №2	82	72	88	99	82	83
4	Станок №294 на резиновых виброизоляторах при откл. цехе, т. №2	52	64	81	91	76	77
	Станок №294 без виброизоляторов при откл. цехе, т. №3	76	72	83	91	81	83
	Станок №294 на резиновых виброизоляторах при откл. цехе, т. №3	56	62	76	85	72	74
	Станок №294 без виброизоляторов при откл. цехе, т. №4	82	72	82	94	82	84
	Станок №294 на резиновых виброизоляторах при откл. цехе, т. №4	52	64	76	85	74	74
	Станок №294 без виброизоляторов при работающем цехе, т. №4	83	77	94	103	86	88
5	ГОСТ 12.1.012-90	108	99	93	92	92	92

На этой фабрике испытаны резиновые виброизоляторы [1] в количестве 2 штук на каждую лапу станка (размеры виброизолятора призматической формы 50×50×100 мм), расположенные симметрично относительно опорных поверхностей корпуса. Результаты испытаний системы "станок на виброизоляторах" приведены на рис.1, из которого следует, что эффективность установки одного станка составляет в полосе частот 4...63 Гц порядка 4...8 дБ.

На Калининской прядильно-ткацкой фабрике им. А.П.Вагжанова при получении в 1988 г. новых пневматических ткацких станков типа Джеттис-180 НБ (число оборотов главного вала станка до 600 мин⁻¹) в количестве 200 штук была решена задача установки этих станков на виброизолирующие системы типа ВСК-1 [2, 3]. При этом следует отметить, что жесткая установка станков приводила к нарушению санитарно-гигиенических нормативов в полосе частот 8...63 Гц в 1,5...2 раза.

Станок П-105 на резиновых виброизоляторах (г.Иваново)

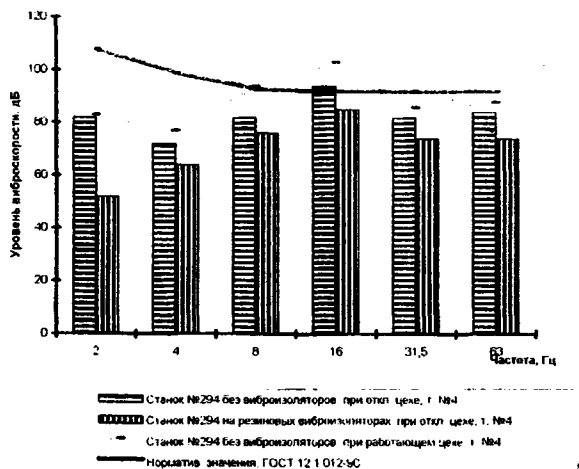


Рис.1

Установка станков на виброизолирующие системы типа ВСК-1 была предпринята после детального теоретического исследования всех возможных случаев резонансных явлений как со стороны основания, так и самой виброизолирующей системы.

Ниже приводятся результаты теоретического исследования на ПЭВМ динамических характеристик системы станок на

виброизоляторах – основание, причем основание рассматривается как абсолютно жесткое. В случае несвязанных колебаний для каждой из координат справедливо дифференциальное уравнение, соответствующее системе с одной степенью свободы, для которой введены и практически используются такие основные понятия теории виброизоляции, как коэффициент

передачи и коэффициент увеличения (раскачки станка на виброизоляторах). Эти коэффициенты служат для оценки эффективности применения тех или иных виброизолирующих устройств.

Рассмотрим три основные схемы установки станков на абсолютно жесткое основание с различным демпфированием.

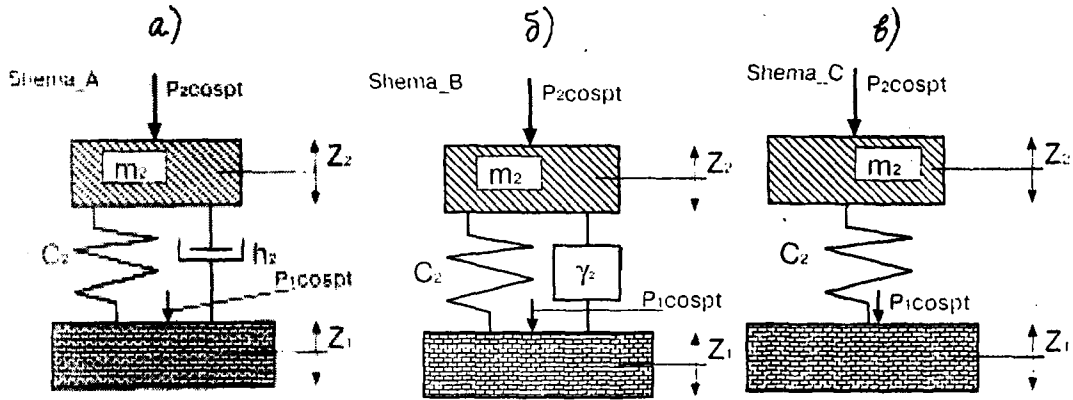


Рис.2

Схема А. Абсолютно жесткое основание. Вязкое демпфирование в системе виброизоляции технологического оборудования (рис.2-а). Коэффициент передачи определяет отношение амплитуды силы, воспринимаемой основанием, к амплитуде возмущающего воздействия. Для систем с одной степенью свободы при гармоническом законе изменения возмущающей силы с постоянной амплитудой коэффициент передачи выражается формулой

$$\eta = \sqrt{\frac{1 + 4 \frac{p^2}{\omega_2^2} D_2^2}{\left(1 - \frac{p^2}{\omega_2^2}\right)^2 + 4 \frac{p^2}{\omega_2^2} D_2^2}} \quad (1)$$

где p – частота возмущающего воздействия, c^{-1} ; ω_2 – собственная частота колебаний машины на упругих опорах, c^{-1} ; D_2 – относительный коэффициент демпфирования системы.

Для того, чтобы сила, передаваемая от машины на перекрытие, была меньше воз-

мущающей силы, необходимо соблюдение условия:

$$\frac{p}{\omega_2} \geq \sqrt{2} \quad (2)$$

Собственная частота колебаний машины и относительный коэффициент демпфирования системы определяются по формулам

$$\omega_2 = \sqrt{\frac{c_2}{m_2}}, \quad (3)$$

$$D_2 = \frac{h_2}{2\sqrt{c_2 m_2}},$$

где c_2 и m_2 – соответственно жесткость упругих элементов виброизоляторов и масса машины; h_2 – абсолютная величина вязкого демпфирования в системе, связанная с логарифмическим коэффициентом δ_2 затухания колебательной системы зависимостью:

$$\delta_2 = \frac{\pi}{\sqrt{m_2 c_2 - \frac{1}{4}}}, \quad (4)$$

Схема В. Абсолютно жесткое основание. Демпфирование в системе виброизоляции обусловлено внутренним поглощением энергии в материале виброизолятора (рис.2-б):

$$|\eta| = \frac{1 + \gamma_2^2}{\sqrt{\left(1 - \frac{p^2}{\omega_2^2}\right)^2 + \gamma_2^2}}, \quad (5)$$

где γ_2 – коэффициент неупругого сопротивления системы, который связан с коэффициентом поглощения ψ_2 (энергии в материале виброизоляторов) и декрементом затухания δ_2 зависимостью

$$\gamma_2 = \frac{\psi_2}{2\pi} = \frac{\delta_2}{\pi}. \quad (6)$$

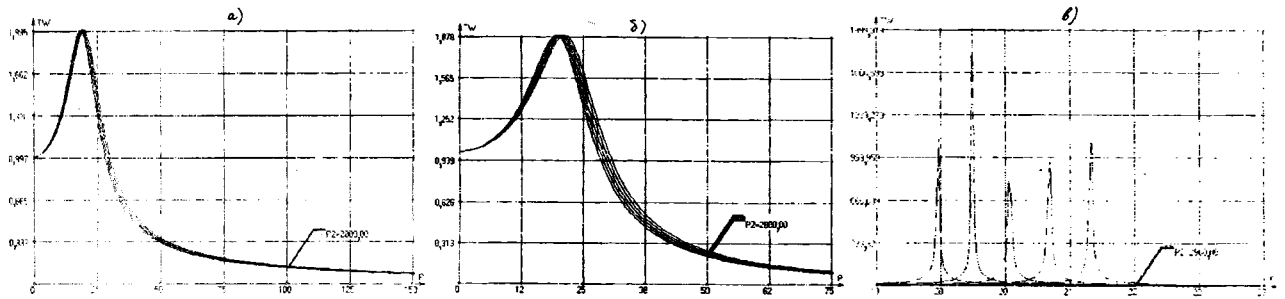


Рис.3

На рис.3-а представлен коэффициент передачи системы "станок на виброизоляторах" при следующих параметрах: $C_2 = 1106$ кГс/см, $D_2 = 0,3$. Причем исследовались изменения виброзащитных свойств системы при срабатывании навоя (то есть при изменении P_2 от 2400 до 2800 кГс). Из рисунка видно, что резонанс системы имеет место при $\omega = 20$ с⁻¹, частота среза (на которой $T(\omega) = 1,0$) равна 28,2 с⁻¹, а изменение веса объекта в данном диапазоне практически не оказывает влияния на характер динамики системы. Тот же вывод можно сделать и относительно демпфирования в системе виброизоляции, обусловленным внутренним поглощением энергии в материале виброизоляторов (рис.3-б). В этом случае исследования проводили при

Схема С. Абсолютно жесткое основание. Система виброизоляции без демпфирования (рис.2-в):

$$\eta = \frac{1}{\sqrt{\left(1 - \frac{p^2}{\omega_2^2}\right)^2}}. \quad (7)$$

Для теоретического исследования динамических характеристик этих схем была составлена программа расчета на ПЭВМ (язык программирования "СИ++").

Анализируя результаты, полученные при проведении машинного эксперимента на ПЭВМ по исследованию коэффициентов передачи системы "станок на виброизоляторах" (при установке станка на абсолютно жесткое основание), можно сделать следующие выводы.

следующих параметрах: $C_2 = 1106$ кГс/см; $\gamma_2 = 0,037$ и изменении P_2 от 2400 до 2800 кГс. Что же касается характеристик системы "станок на виброизоляторах" при установке станка на абсолютно жесткое основание и отсутствии демпфирования в системе виброизоляции (рис.3-в, $D_2 = 0$), то следует отметить наличие пяти резонансных пиков (параметр P_2 изменялся от 2400 до 2800 кГс; $C_2 = 1106$ кГс/см) в диапазоне частот 19...22 с⁻¹, причем величина наибольшего резонансного пика достигает $T(\omega) = 1700$, частота среза при этом равна 31 с⁻¹.

Эффективность установки станков на виброизолирующую систему типа ВСК-1 с демпфированием в системе виброизоляции, обусловленным внутренним погло-

щением энергии в материале виброизоляторов, составляет порядка 10...15 дБ, что позволяет операторам работать в условиях, регламентированных санитарными нормами. Измерения уровней вибрации в проходах между станками при виброизоляции всего количества станков в ткацком зале второго этажа (102 станка) выявили снижение уровней вибрации на 14...18 дБ.

ВЫВОДЫ

1. Составлена программа расчета на ПЭВМ динамических характеристик системы станок на виброизоляторах – абсолютно жесткое основание, позволяющая осуществлять теоретические исследования динамических систем на этапе предпроектной подготовки производства вибро-

изолирующих систем для стационарного технологического оборудования.

2. Разработанная конструкция виброизолирующей системы типа ВСК-1 для ткацких станков дает возможность уменьшить уровни вибрации на рабочих местах на 14...18 дБ.

ЛИТЕРАТУРА

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

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

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

Рекомендована кафедрой процессов и аппаратов химической технологии и безопасности жизнедеятельности. Поступила 27.06.01.