

УДК 534.833:621

РАСЧЕТ НА ПЭВМ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВИБРОИЗОЛИРУЮЩЕГО ПОМОСТА ОСНОВОВЯЗАЛЬНЫХ МАШИН

Б.С. САЖИН, О.С. КОЧЕТОВ, М.В. ЧУНАЕВ, И.Н. ШВЕЦОВА

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

Систематическое воздействие вибрации – одного из основных вредных производственных факторов на предприятиях текстильной промышленности – приводит как к снижению производительности труда, так и (при длительном воздействии) – к возникновению профессиональных заболеваний [1]. ГОСТ12.1.012–90 [2] и СН2.2.4/2.1.8.556–96 “Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий” регламентируют параметры производственной вибрации и правила работы с виброопасным оборудованием. В связи с этим актуальной инженерной задачей является создание эффективных технических средств виброзащиты производственного персонала.

Одним из достаточно эффективных и вместе с тем простых в техническом исполнении способов виброзащиты являются виброизолированные помосты [3] для человека-оператора, которые в текстильной промышленности практически не использовались.

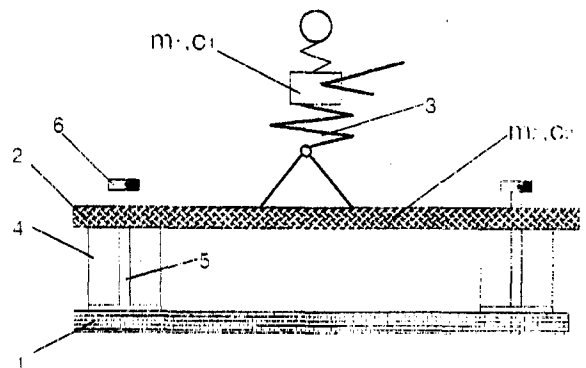


Рис. 1

На рис.1 изображена конструктивная схема виброизолирующего помоста с находящимся на нем оператором, представленным моделью динамического гасителя колебаний. Помост установлен на основании 1 и состоит из каркаса 2, выполненного из металлических уголков с деревянным настилом, являющимся опорной поверхностью для оператора 3, и упругих элементов 4 с направляющим 5 и ограничительным 6 устройствами, предотвращающими выпадение упругих элементов 4

из каркаса 2 при повороте помоста во время уборки цеха.

Для аналитического исследования виброколебаний в механической системе помост-оператор и выбора рациональных конструктивных параметров помоста необходима его математическая модель, адекватно описывающая динамику процесса виброизоляции.

Данным требованиям отвечает двухмассовая модель системы помост-оператор, учитывающая биодинамические характеристики тела человека-оператора [1,4], где тело человека-оператора представлено в виде динамического гасителя

колебаний с массой m_1 , жесткостью c_1 и демпфированием b_1 , а масса, жесткость и демпфирование виброизолирующего помоста соответственно m_2 , c_2 и b_2 , причем Z_1 и Z_2 – абсолютные перемещения соответственно масс m_1 и m_2 , а U – абсолютное перемещение основания (межэтажного перекрытия) фабрики. Эта модель и использована для анализа виброколебаний в предложенной системе виброизоляции.

Таким образом, в рамках выбранной модели динамика рассматриваемой системы виброизоляции описывается следующей системой обыкновенных дифференциальных уравнений:

$$\left. \begin{aligned} m_1 s^2 Z_1 + b_1 s (Z_1 - Z_2) + c_1 (Z_1 - Z_2) &= 0, \\ m_n s^2 Z_2 + b_1 s (Z_2 - Z_1) + c_1 (Z_2 - Z_1) + b_n s (Z_2 - U) + c_n (Z_2 - U) &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

В целях анализа виброизолирующих свойств системы помост-оператор введем рассмотрение ее передаточную функцию $T(s)$ по каналу виброскорость основания –

виброскорость помоста, где $s = j\omega$ – комплексная частота; j – мнимая единица, ω – круговая частота колебаний:

$$T(s) = \frac{z_2}{U} = \frac{(m_1 s^2 + b_1 s + c_1)(b_n s + c_n)}{(m_1 s^2 + b_1 s + c_1)(m_n s^2 + b_1 s + c_1 + b_n s + c_n) - (b_1 s + c_1)^2}. \quad (2)$$

Передаточную функцию $T(s)$ нетрудно найти из (1) и (2) посредством метода преобразования Лапласа:

$$T(s) = (a_0 s^3 + a_1 s^2 + a_2 s + a_3) / (K_0 s^4 + K_1 s^3 + K_2 s^2 + K_3 s + K_4),$$

$$a_0 = m_1 b_n,$$

$$a_1 = b_1 b_n + m_1 c_n,$$

$$a_2 = b_n c_1 + b_1 c_n,$$

$$a_3 = c_1 c_n,$$

$$K_0 = m_1 m_n,$$

$$K_1 = b_1 m_n + m_1 b_1 + m_1 b_n,$$

$$K_2 = c_1 m_n + m_1 c_1 + b_1 b_n + m_1 c_n, \quad (3)$$

$$K_3 = c_1 b_n + b_1 c_n,$$

$$K_4 = c_1 c_n.$$

Для теоретического исследования динамических характеристик этой системы была составлена программа расчета на ПЭВМ (язык программирования СИ++). Машинный эксперимент осуществляли по плану, приведенному в табл. 1.

$P_1, \text{кГс}$	$\omega_1, \text{с}^{-1}$	β_1	$P_2, \text{кГс}$	$\omega_2, \text{с}^{-1}$	β_2	Диапазон изменения
80	var	0.2	50	37,68	0.05	$\omega_1=20\dots40$
var	25,4	0.2	50	37,68	0.05	$P_1=50\dots150$
80	25,4	0.2	50	var	0.05	$\omega_2=6,28\dots37,68$
80	25,4	var	50	62,8	0.05	$\beta_1=0\dots1$
80	25,4	0.2	50	62,8	var	$\beta_2=0\dots1$
80	25,4	0.6	50	62,8	var	$\beta_2=0\dots1$
80	25,4	var	50	12,56	0.05	$\beta_1=0\dots1$
80	25,4	0.2	50	12,56	var	$\beta_2=0\dots0,7$
var	25,4	0.2	50	12,56	0.05	$P_1=50\dots150$
var	25,4	0.2	50	18,84	0.05	$P_1=50\dots150$
var	25,4	0.2	50	25,12	0.05	$P_1=50\dots150$

Анализируя результаты, полученные при проведении машинного эксперимента на ПЭВМ по исследованию динамических характеристик системы “оператор на виброизолирующем помосте”, можно сделать следующие выводы.

При изменении биодинамических характеристик тела человека-оператора (его

упругоинерционных и диссипативных свойств), в частности, в рассматриваемой математической модели парциальной частоты ω_1 (в диапазоне от 20 до 40 с^{-1}) динамического гасителя колебаний, которым моделируется тело оператора, отметим следующее.

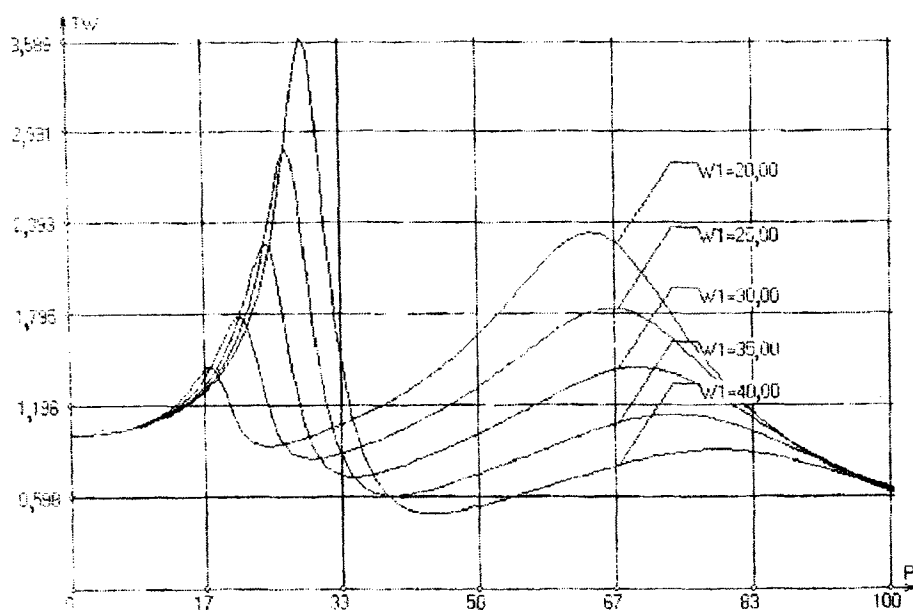


Рис. 2

С уменьшением ω_1 уменьшается величина первого резонансного пика динамической характеристики со смещением влево по частотной оси, а величина второго резонансного пика динамической характеристики увеличивается, также смещаясь влево. При этом величина амплитудного провала, обусловленного поведением тела человека-оператора как динамического гасителя, уменьшается со смещением его

максимума влево по частотной оси. Так, например, при $\omega_1 = 20 \text{ с}^{-1}$ (рис.2, параметры: $P_1 = 80 \text{ кгс}$; $\omega_1(\text{var } 20 \dots 40 \text{ с}^{-1})$; $\beta_1 = 0.2$; $P_2 = 50 \text{ кгс}$; $\omega_2 = 37,68 \text{ с}^{-1}$; $\beta_2 = 0,05$) и $\omega_1 = 40 \text{ с}^{-1}$ координаты резонансных пиков и амплитудных провалов динамической характеристики распределяются согласно данным, представленным в табл.2.

Таблица 2

Парциальная частота $\omega_1, \text{ с}^{-1}$	Координаты 1-го резонансного пика	Координаты 2-го резонансного пика	Координаты амплитудного провала
$\omega_1 = 20 \text{ с}^{-1}$	$p=18 \text{ с}^{-1}$; $T(\omega)=1,4$	$p=59 \text{ с}^{-1}$; $T(\omega)=2,3$	$p=23 \text{ с}^{-1}$; $T(\omega)=0,9$
$\omega_1 = 40 \text{ с}^{-1}$	$p=30 \text{ с}^{-1}$; $T(\omega)=3,6$	$p=80 \text{ с}^{-1}$; $T(\omega)=0,9$	$p=40 \text{ с}^{-1}$; $T(\omega)=0,5$

Таким образом, при парциальной частоте подвеса помоста $\omega_2 = 37,68 \text{ с}^{-1}$ (реализуется с помощью резиновых виброизоляторов) виброзащитные свойства помоста ($T(\omega) < 1$) будут иметь место для $\omega_1 = 20 \text{ с}^{-1}$ начиная с частоты 86 с^{-1} , а для $\omega_1 = 40 \text{ с}^{-1}$ начиная с частоты 34 с^{-1} .

При изменении веса P_1 оператора от 50 до 150 кгс при $\omega_1 = 25,4 \text{ с}^{-1}$ и $\omega_2 = 37,68 \text{ с}^{-1}$ (резиновый подвес помоста) координаты первого резонансного пика остаются без

изменения, а второго – существенно меняются как по величине от $T(\omega)=2,2$ при $P_1 = 50 \text{ кгс}$ до $T(\omega)=1,3$ при $P_1 = 150 \text{ кгс}$, так и по частоте: от $p=58 \text{ с}^{-1}$ при $P_1 = 50 \text{ кгс}$ до $p=80 \text{ с}^{-1}$ при $P_1 = 150 \text{ кгс}$. Виброизоляция человека-оператора на помосте начинается при его весе 50 кгс с частоты 77 с^{-1} , а при весе 150 кгс – с частоты 105 с^{-1} .

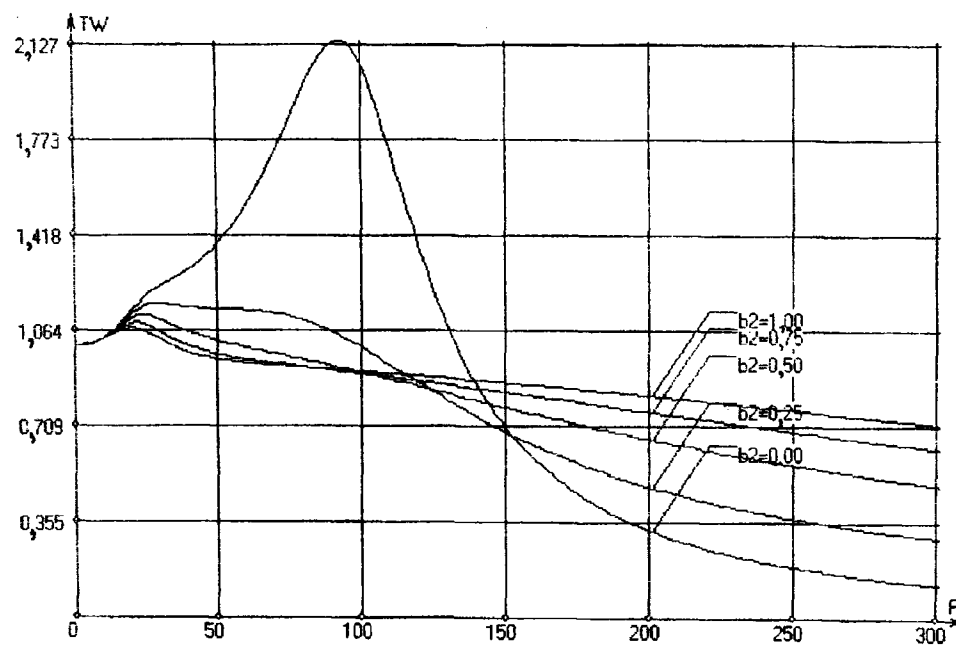


Рис. 3

Изменение демпфирования в схеме, моделирующей тело оператора, то есть β_1 от 0 до 1, слабо сказывается на изменении в динамической характеристике системы (за исключением случая, когда $\beta_1 = 0$, при этом появляется второй резонансный пик). Изменение демпфирования в схеме, моделирующей подвеску помоста, то есть β_2 от 0 до 1 (рис.3, параметры: $P_1 = 80 \text{ кГц}$; $\omega_1 = 25,4 \text{ с}^{-1}$; $\beta_1 = 0,6$; $P_2 = 50 \text{ кГц}$; $\omega_2 = 62,8 \text{ с}^{-1}$; $\beta_2 (\text{var } 0 \dots 1)$), существенно влияет как на частоту, так и на величину первого резонансного пика.

При частичной частоте подвеса помоста $\omega_2 = 12,56 \text{ с}^{-1}$ (реализуется с помощью пружинных и тарельчатых виброизоляторов) динамическая характеристика системы имеет практически один ярко выраженный резонансный пик, совпадающий с частотой подвеса ω_2 ; при этом изменения параметров системы P_1 ; β_1 ; β_2 (рис.4, параметры: $P_1 (\text{var } 50 \dots 150 \text{ кГц})$; $\omega_1 = 25,4 \text{ с}^{-1}$; $\beta_1 = 0,2$; $P_2 = 50 \text{ кГц}$; $\omega_2 = 12,56 \text{ с}^{-1}$; $\beta_2 = 0,05$) практически не оказывают влияния на виброизолирующие свойства помоста, которые начинаются с 15 с^{-1} .

Из вышеизложенного заключаем, что биодинамические характеристики тела человека-оператора проявляют свои свойства как динамического гасителя колебаний в большей степени при собственных частотах

подвеса помоста начиная с частоты 18 с^{-1} .

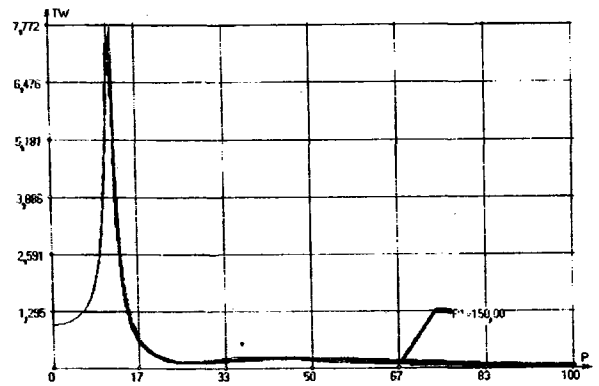


Рис. 4

Экспериментальную проверку эффективности разработанной конструкции виброизолированного помоста проводили в вязальном цехе Московского производственного коврового объединения, оснащенного 21 помостом при скорости вращения главного вала основовязальных машин 499 об/мин.

В табл.3 приведены результаты замеров уровней вертикальных виброускорений (дБ) на рабочих местах машин без помоста и с виброизолированным помостом на фоне допустимых санитарно-гигиенических норм.

Таблица 3

Условия эксперимента	Среднегеометрическая частота, Гц					
	2	4	8	16	31,5	63
Помост без виброизоляторов	86	86	97	110	114	119
Виброизолированный помост без оператора	86	90	92	102	109	118
Виброизолированный помост с оператором	86	92	89	99	106	109
Нормативные значения ГОСТ12.1.012 – 90	103	100	101	106	112	118
Виброизоляция помоста, дБ	0	-6	8	11	8	10

Внедрение и опытная эксплуатация виброизолирующих помостов в вязальном цехе Московского производственного коврового объединения привели к положи-

тельным результатам, что позволяет говорить о целесообразности их применения для крупногабаритных виброактивных машин, связанных в технологическую цепочку.

ВЫВОДЫ

1. Разработана программа расчета на ПЭВМ динамических характеристик виброизолирующих помостов и выполнен анализ работы помоста в динамическом режиме.

2. Экспериментальная проверка эффективности виброизолированного помоста подтвердила правильность выбора математической модели для расчета виброхарактеристик на ПЭВМ с учетом биодинамических характеристик тела человека-оператора, которое ведет себя как динамический гаситель колебаний с собственной частотой порядка 5 Гц.

3. Предлагаемая конструкция виброизолированного помоста для операторов основовязальных машин позволяет снизить уровни виброускорений на рабочих местах до санитарно-гигиенических зна-

чений, регламентированных ГОСТом 12.1.012 – 90.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кочетов О.С. Расчет пассивного пневмовиброизолятора с учетом динамических характеристик тела человека-оператора. / В кн.: Автоматизация научных исследований в области машиноведения. – М.: Наука, 1983. С.146...150.

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

3. Свидетельство РФ на ПМ № 10434. Виброизолированный помост оператора/ О.С. Кочетов и др. – Оpubл. 1999, Бюл. № 7.

4. Кочетов О.С. и др // Изв. вузов. Технологии текстильной промышленности. – 1995. №5. С. 92...95.

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