DOI: 10.17117/na.2016.10.03.187

Поступила (Received): 31.10.2016

<http://ucom.ru/doc/na.2016.10.03.187.pdf>

Кочетов О.С.

Расчет динамических характеристик средств защиты оператора от вибраций

Kochetov O.S.

Calculation of dynamic characteristics of means protection of the operator against vibrations

Работа посвящена расчету динамических характеристик человека-оператора, работающего на виброизолирующих помостах, установленных на рабочих местах производственного помещения

Ключевые слова: динамические характеристики, оператор, виброизолирующий помост

Work is devoted to calculation of dynamic characteristics of the person operator working at the anti-vibration scaffolds established on workplaces of the production room

Key words: dynamic characteristics, operator, anti-vibration scaffold

Кочетов Олег Савельевич

Доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой
Московский технологический университет
г. Москва, ул. Стромынка, 20

Kochetov Oleg Savelyevich

Doctor of Engineering Sciences, Professor, Head of
Department
Moscow technological university
Moscow, Stromynka st., 20

Вибрация является одним из основных вредных производственных факторов для предприятий текстильной промышленности. Одним из достаточно эффективных и вместе с тем простых, в смысле технической реализации, способов виброзащиты являются виброизолирующие помосты для человека-оператора [1, с.28; 2, с.140; 3, с.33; 4, с.84; 5, с.10; 6, с.72; 10, с.14].

Рис. 1. Компонентная а) и расчетная б) схемы виброизолирующего помоста с находящимся на нем оператором

На рис.1 (а, б) изображены компоновочная и расчетная схемы виброизолирующего помоста с находящимся на нем оператором, представленным моделью динамического гасителя колебаний. Помост устанавливается на основание 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 перевороте помоста во время уборки цеха. На рис.2 представлена конструктивная схема упругих элементов.

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 [7, с.141; 8, с.44; 9, с.156]. В этой модели 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 была использована для анализа виброколебаний в предложенной системе виброизоляции.

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

$$\begin{cases} m_1 s^2 Z_1 + b_1 s(Z_1 - Z_2) + c_1(Z_1 - Z_2) = 0, \\ m_2 s^2 Z_2 + b_1 s(Z_2 - Z_1) + c_1(Z_2 - Z_1) + b_n s(Z_2 - U) + c_n(Z_2 - U) = 0. \end{cases} \quad (1)$$

Для анализа виброизолирующих свойств системы «помост-оператор» введем в 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.

$$T(s) = \frac{Z_2}{U} = \frac{(m_1 s^2 + b_1 s + c_1)(b_n s + c_n)}{(m_1 s^2 + b_1 s + c_1)(m_n s^2 + b_n s + c_n) - (b_1 s + c_1)^2} \quad (2)$$

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

$$\begin{aligned} T(s) &= (a_o s^3 + a_1 s^2 + a_2 s + a_3) / (K_o s^4 + K_1 s^3 + K_2 s^2 + K_3 s + K_4), \\ a_o &= m_1 b_n; \\ a_1 &= b_1 b_n + m_1 c_n; \\ a_2 &= b_n c_1 + b_1 c_n; \\ a_3 &= c_1 c_n; K_o = m_1 m_n; \\ K_1 &= b_1 m_n + m_1 b_1 + m_1 b_n; \\ K_2 &= c_1 m_n + m_1 c_1 + b_1 b_n + m_1 c_n; \\ K_3 &= c_1 b_n + b_1 c_n; K_4 = c_1 c_n. \end{aligned} \quad (3)$$

Для теоретического исследования динамических характеристик этой системы была составлена программа расчета на ПЭВМ (язык программирования «СИ++»).

Рис. 3. Динамические характеристики системы «оператор на виброизолирующем помосте» при следующих параметрах:
 $P_1 = 80 \text{ кгс}$; $\omega_1 = 25,4 \text{ с}^{-1}$; $\beta_1 = 0,6$; $P_2 = 50 \text{ кгс}$; $\omega_2 = 62,8 \text{ с}^{-1}$; $\beta_2 (\text{var } 0...1)$

Анализируя результаты, полученные при проведении машинного эксперимента на ПЭВМ (рис.3) по исследованию динамических характеристик системы «оператор на виброизолирующем помосте», можно сделать вывод, 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} .

Список используемых источников:

1. Кочетов О.С. Способы оценки комфортности рабочей зоны // Безопасность труда в промышленности. 2012. № 4. С. 27-30.
2. Кочетов О.С. Расчет пространственной системы виброизоляции // Научный альманах. 2015. № 10-3 (12). С. 138-142.
3. Кочетов О.С. Расчет виброзащитного сиденья оператора // Безопасность труда в промышленности. 2009. № 11. с. 32-35.
4. Кочетов О.С. Виброизолирующие подвески сидений для человека-оператора // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 1-1. С. 83-85.
5. Кочетов О.С. Системы защиты человека-оператора от вибрации // Вестник Академии знаний. 2015. № 12 (1). С. 6-14.
6. Кочетов О.С. Исследование систем виброзащиты человека-оператора // Охрана и экономика труда. 2014. № 1 (14). С. 70-75.
7. Кочетов О.С. Исследование системы защиты человека-оператора от вибрации на базе нелинейных упругих элементов // Science Time. 2014. № 9. с. 137-147.

8. Кочетов О.С. Исследование систем виброзащиты для человека-оператора // Международный научно-исследовательский журнал. 2014. № 7-1 (26). С. 41-45.
9. Кочетов О.С. Характеристики виброзащитных подвесок для операторов транспортных средств // Science Time. 2014. № 8. С. 151-157.
10. Кочетов О.С., Баранов Е.Ф. Корабельный помост для защиты оператора от вибраций. Патент на изобретение RUS 2399809. 11.09.2009.

© 2016, Кочетов О.С.

*Расчет динамических характеристик средств
защиты оператора от вибраций*

© 2016, Kochetov O.S.

*Calculation of dynamic characteristics of means
protection of the operator against vibrations*