

експерименту, можна зробити висновки:

при відновленні колон до проектних параметрів, переміщення верхнього вузла не перевищують допустимі значення;

міцність на стиск забезпечено;

міцність на розтяг, навіть після відновлення, вже при сейсмічності в 7 балів - не забезпечується;

міцність на згин після відновлювальних робіт не забезпечується лише при сейсмічності в 9 балів.

Це пов'язано з тим, що проектування складу проводилося 49 років тому. У той час проектування, як правило, велося за плоскими розрахунковими схемами та за старими будівельними нормами, які не відповідають вимогам ДБН 2006 року [1]. У цих нормах, порівняно з попередніми, відбулися деякі зміни: по-перше - значно змінилася розрахункова сейсмічність районів (була підвищена на 1-2 бали), а по-друге - підвищилися вимоги до розрахунків як при визначенні сейсмічних навантажень, так і при оцінюванні несучої здатності конструкцій.

Виходячи з усього зазначеного, відновлення складу концентрату №1 ВАТ «ІнГЗК» до проектних значень недостатнє.

Отже, для будівельних майданчиків з розрахунковою сейсмічністю понад 7 балів необхідне превентивне підсилення подібних споруд понад проектні значення. Це питання буде реалізовано в подальших дослідженнях.

Список літератури

1. ДБН В.1.1-12:2006. Будівництво в сейсмічних районах України. К. 2006. – 84 с.
2. Отчет о научно исследовательской работе «Общее и динамическое обследование строительных конструкций. Оценка технического состояния конструктивных элементов зданий. Разработка рабочей документации на ремонтно-восстановительные работы. Составление паспортов технического состояния зданий: склада концентрата №1; корпуса 3-4 стадии дробления; пульпонасосной станции №1». Склад концентрата №1. 2005. - 299с.
3. ЛИРА 9.2. Примеры расчета и проектирования. Учебн. пособие. **М.С. Барабаш, Ю.В. Гензерский, Д.В. Марченко, В.П. Титок** - К.: издательство «Факт», 2005. – 106 с.: ил., Комп'ютерні технології проектування залізобетонних конструкцій: Навч.посібн. / **Ю.В. Верюжський, В.І. Колчунов, М.С. Барабаш, Ю.В. Гензерський**. – К.: Книжк. вид. НАУ, 2006. – 808 с.
4. Норми проектування. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи: ДБН В.1.2-2:2006. [Чинний від 2007.01.01]. м К.: 2006. – 60 с.

Рукопис подано до редакції 22.04.12

УДК 621-752: 622.233.65

А.А. БОНДАРЕЦ, старший преподаватель, С.И. НЕЙМИРКО, ассистент, ГВУЗ «Криворожский национальный университет»

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДВУХМАССОВОГО ВИБРОЗАЩИТНОГО УСТРОЙСТВА ПЕРЕНОСНОГО ПНЕВМАТИЧЕСКОГО ПЕРФОРАТОРА С НЕЗАВИСИМЫМ ВРАЩЕНИЕМ ИНСТРУМЕНТА С УЧЕТОМ ВЯЗКОГО ТРЕНИЯ

Рассмотрена двухмассовая виброзащитная система переносного пневматического перфоратора с независимым вращением инструмента. Приведено решение системы дифференциальных уравнений, описывающих двухмассовую виброзащитную систему с учетом коэффициентов вязкого трения в ступенях.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Современные технологии добычи железной руды и других полезных ископаемых определяет комплекс мероприятий по повышению технического уровня горных машин и оборудования, что в обязательном порядке предполагает и повышение уровня вибрационной защиты операторов, работающих с данной техникой. Особенно актуальна проблема вибрационной защиты для бурильщиков, эксплуатирующих переносные пневматические перфораторы, в частности новое поколение перфораторов с независимым вращением инструмента на основе планетарно-роторных вращателей, применяемых для бурения шпуров при проведении буровзрывных работ в горных выработках с ограниченным рабочим пространством. Вибрационные характеристики являются одними из основных эргономических показателей, которые входят в состав основных технических характеристик переносных пневматических перфораторов, которые регламентируются государственными стандартами и техническими услови-

ями, поэтому их улучшение обеспечивает и повышение технического уровня и качества переносных пневматических перфораторов в целом.

Анализ исследований и публикаций. Для уменьшения влияния вредного воздействия локальной вибрации на операторов пневматических перфораторов применяются виброзащитные устройства, большинство из которых создавались экспериментальным путем, ввиду отсутствия действенных методик их расчета.

Выпускаемые серийно виброзащитные устройства перфораторов реализуют как правило одномассовые системы виброзащиты. В работе [1] была рассмотрена перспективная система виброзащиты переносного пневматического перфоратора на базе двухмассовой системы с промежуточной массой, а работе [2] - двухмассовая система виброзащиты на базе динамического гасителя. Выполненные на основании данных зависимостей опытные образцы виброзащитных устройств, реализующих обе схемы, при испытаниях подтвердили правильность теоретических исследований.

Постановка задачи. В работе [2], для упрощения расчетов вычисления были проведены без учета коэффициента вязкого трения в одной из ступеней. Для получения более объективных зависимостей для расчета коэффициентов виброизоляции при исследовании двухмассовых систем виброзащиты нового поколения переносных пневматических перфораторов с независимым вращением инструмента на основе планетарно-роторных вращателей и были проведены нижеприведенные теоретические исследования.

Изложение материала и результаты. Рассмотрим динамическую модель виброзащитной рукоятки перфоратора как двухмассовую колебательную систему с вязким трением (рис. 1).

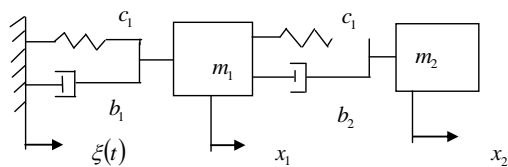


Рис. 1. Динамическая модель виброзащитной рукоятки перфоратора

Согласно [1-2], данная динамическая модель описывается системой дифференциальных уравнений (1)

$$\begin{cases} m_1 \ddot{x}_1 - b_2(\dot{x}_2 - \dot{x}_1) + b_1(\dot{x}_1 - \dot{\xi}) - c_2(x_2 - x_1) + c_1(x_1 - \xi) = 0 \\ m_2 \ddot{x}_2 + b_2(\dot{x}_2 - \dot{x}_1) + c_2(x_2 - x_1) = 0, \end{cases} \quad (1)$$

где x_1 и x_2 - абсолютные перемещения масс первой и второй ступени; m_1 и m_2 - массы первой и второй ступени; c_1 и c_2 - коэффициенты жесткости в ступенях; b_1 и b_2 - коэффициенты вязкого трения в ступенях; ξ - перемещение корпуса перфоратора на основной частоте ($\xi(t) = \xi_0 \sin \omega t$).

Найдем решение системы (1)

пусть $\dot{x}_1 = y_1$; $\dot{x}_2 = y_2$; $\ddot{x}_1 = \dot{y}_1$; $\ddot{x}_2 = \dot{y}_2$, тогда

$$\begin{cases} m_1 \dot{y}_1 - b_2(y_2 - y_1) + b_1(y_1 - \dot{\xi}) - c_2(x_2 - x_1) + c_1(x_1 - \xi) = 0 \\ m_2 \dot{y}_2 + b_2(y_2 - y_1) + c_2(x_2 - x_1) = 0. \end{cases} \quad (2)$$

Приводим к форме Коши

$$\begin{cases} m_1 \dot{y}_1 = -(b_1 + b_2)y_1 + b_2 y_2 - (c_1 + c_2)x_1 + c_2 x_2 + b_1 \dot{\xi} + c_1 \xi \\ m_2 \dot{y}_2 = b_2 y_1 - b_2 y_2 + c_2 x_1 - c_2 x_2 \\ \dot{x}_1 = y_1 \\ \dot{x}_2 = y_2 \end{cases}$$

или

$$\begin{cases} \dot{y}_1 = -\frac{(b_1 + b_2)}{m_1} y_1 + \frac{b_2}{m_1} y_2 - \frac{(c_1 + c_2)}{m_1} x_1 + \frac{c_2}{m_1} x_2 + \frac{b_1}{m_1} \dot{\xi} + \frac{c_1}{m_1} \xi \\ \dot{y}_2 = \frac{b_2}{m_2} y_1 - \frac{b_2}{m_2} y_2 + \frac{c_2}{m_2} x_1 - \frac{c_2}{m_2} x_2 \\ \dot{x}_1 = y_1 \\ \dot{x}_2 = y_2 \end{cases} \quad (3)$$

Введем обозначения

$$a_{11} = -\frac{b_1 + b_2}{m_1}; a_{12} = \frac{b_2}{m_1}; a_{13} = -\frac{c_1 + c_2}{m_1}; a_{14} = \frac{c_2}{m_1};$$

$$a_{21} = \frac{b_2}{m_2}; a_{22} = -\frac{b_2}{m_2}; a_{23} = \frac{c_2}{m_2}; a_{24} = -\frac{c_2}{m_2}.$$

Введем матрицы

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & a_{14} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & a_{24} \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{pmatrix}; Z = \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ x_1 \\ x_2 \end{pmatrix}; \dot{Z} = \begin{pmatrix} \dot{y}_1 \\ \dot{y}_2 \\ \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{pmatrix}; \bar{F}(t) = \begin{pmatrix} \frac{b_1}{m_1} \xi + \frac{c_1}{m_1} \xi \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix},$$

чтобы применить матричную запись системы дифференциальных уравнений [3]

$$\dot{Z} = A \cdot Z + F(t). \quad (4)$$

Решаем однородное уравнение

$$\dot{Z} = A \cdot Z, \quad (5)$$

$$|A - \lambda \cdot E| = \begin{vmatrix} a_{11} - \lambda & a_{12} & a_{13} & a_{14} \\ a_{21} & a_{22} - \lambda & a_{23} & a_{24} \\ 1 & 0 & -\lambda & 0 \\ 0 & 1 & 0 & -\lambda \end{vmatrix} = 0.$$

После преобразований находим форму характеристического уравнения

$$\lambda^4 - \lambda^3(a_{11} + a_{23}) + \lambda^2(a_{11}a_{22} - a_{12}a_{21} - a_{24} - a_{13}) + \lambda(a_{11}a_{24} - a_{21}a_{14} - a_{12}a_{23} + a_{13}a_{22}) + a_{13}a_{24} - a_{23}a_{14} = 0. \quad (6)$$

Решая характеристическое уравнение (6) определим четыре корня $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4$.
Находим собственные векторы, обозначив

$$Z = \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ x_1 \\ x_2 \end{pmatrix},$$

Пусть $\lambda = \lambda_1$. тогда

$$y_1^{(1)} = C_1^{(1)} e^{\lambda_1 t}; y_2^{(1)} = C_2^{(1)} e^{\lambda_1 t};$$

$$x_1^{(1)} = C_3^{(1)} e^{\lambda_1 t}; x_2^{(1)} = C_4^{(1)} e^{\lambda_1 t}.$$

Подставляем в характеристическое уравнение (6) (осталось три уравнения)

$$\begin{cases} (a_{11} - \lambda_1)C_1^{(1)} + a_{12}C_2^{(1)} + a_{13}C_3^{(1)} + a_{14}C_4^{(1)} = 0 \\ C_1^{(1)} - \lambda_1 C_3^{(1)} = 0 \\ C_2^{(1)} - \lambda_1 C_4^{(1)} = 0 \\ (a_{11} - \lambda_1)C_1^{(1)} + a_{12}C_2^{(1)} + a_{13}C_3^{(1)} = -a_{14}C_4^{(1)} \\ C_1^{(1)} - \lambda_1 C_3^{(1)} = 0 \\ C_2^{(1)} - \lambda_1 C_4^{(1)} = 0. \end{cases}$$

Пусть $C_4^{(1)} = 1$, тогда

$$\begin{cases} (a_{11} - \lambda_1)C_1^{(1)} + a_{12}C_2^{(1)} + a_{13}C_3^{(1)} = -a_{14} \\ C_1^{(1)} - \lambda_1 C_3^{(1)} = 0 \\ C_2^{(1)} - \lambda_1 = 0 \end{cases}$$

$$\begin{aligned}
C_2^{(1)} &= -\lambda_1; & (a_{11} - \lambda_1)C_1^{(1)} + a_{13}C_3^{(1)} &= -a_{14} + \lambda_1 a_{12}; \\
C_1^{(1)} - \lambda_1 C_3^{(1)} &= 0, \text{ отсюда } C_1^{(1)} = \lambda_1 C_3^{(1)} & (a_{11} - \lambda_1)\lambda_1 C_3^{(1)} + a_{13}C_3^{(1)} &= -a_{14} + \lambda_1 a_{12} \\
C_3^{(1)}(\lambda_1(a_{11} - \lambda_1) + a_{13}) &= \lambda_1 a_{12} - a_{14} & C_1^{(1)} &= \frac{\lambda_1(\lambda_1 a_{12} - a_{14})}{\lambda_1(a_{11} - \lambda_1) + a_{13}}; & C_2^{(1)} &= -\lambda_1; \\
C_3^{(1)} &= \frac{\lambda_1 a_{12} - a_{14}}{\lambda_1(a_{11} - \lambda_1) + a_{13}}; & C_4^{(1)} &= 1 & x_1^{(1)} &= \frac{\lambda_1 a_{12} - a_{14}}{\lambda_1(a_{11} - \lambda_1) + a_{13}} \cdot e^{\lambda_1 t}; & x_2^{(2)} &= e^{\lambda_1 t}; \\
y_1^{(1)} &= \frac{\lambda_1(\lambda_1 a_{12} - a_{14})}{\lambda_1(a_{11} - \lambda_1) + a_{13}} \cdot e^{\lambda_1 t}; & y_2^{(1)} &= -\lambda_1 e^{\lambda_1 t}.
\end{aligned}$$

Аналогично, принимая $i=2,3,4$, можно получить

$$x_1^{(i)} = \frac{\lambda_i a_{12} - a_{14}}{\lambda_i(a_{11} - \lambda_i) + a_{13}} \cdot e^{\lambda_i t}; \quad x_2^{(i)} = e^{\lambda_i t}; \quad y_1^{(i)} = \frac{\lambda_i(\lambda_i a_{12} - a_{14})}{\lambda_i(a_{11} - \lambda_i) + a_{13}} \cdot e^{\lambda_i t}; \quad y_2^{(i)} = -\lambda_i e^{\lambda_i t}.$$

Таким образом, общее решение однородной системы имеет вид

$$\begin{aligned}
x_1 &= C_1 \frac{\lambda_1 a_{12} - a_{14}}{\lambda_1(a_{11} - \lambda_1) + a_{13}} \cdot e^{\lambda_1 t} + C_2 \frac{\lambda_2 a_{12} - a_{14}}{\lambda_2(a_{11} - \lambda_2) + a_{13}} \cdot e^{\lambda_2 t} + \\
&+ C_3 \frac{\lambda_3 a_{12} - a_{14}}{\lambda_3(a_{11} - \lambda_3) + a_{13}} \cdot e^{\lambda_3 t} + C_4 \frac{\lambda_4 a_{12} - a_{14}}{\lambda_4(a_{11} - \lambda_4) + a_{13}} \cdot e^{\lambda_4 t} \\
x_2 &= C_1 e^{\lambda_1 t} + C_2 e^{\lambda_2 t} + C_3 e^{\lambda_3 t} + C_4 e^{\lambda_4 t}. \\
y_1 &= C_1 \frac{\lambda_1(\lambda_1 a_{12} - a_{14})}{\lambda_1(a_{11} - \lambda_1) + a_{13}} \cdot e^{\lambda_1 t} + C_2 \frac{\lambda_2(\lambda_2 a_{12} - a_{14})}{\lambda_2(a_{11} - \lambda_2) + a_{13}} \cdot e^{\lambda_2 t} + \\
&+ C_3 \frac{\lambda_3(\lambda_3 a_{12} - a_{14})}{\lambda_3(a_{11} - \lambda_3) + a_{13}} \cdot e^{\lambda_3 t} + C_4 \frac{\lambda_4(\lambda_4 a_{12} - a_{14})}{\lambda_4(a_{11} - \lambda_4) + a_{13}} \cdot e^{\lambda_4 t} \\
y_2 &= -C_1 \lambda_1 e^{\lambda_1 t} - C_2 \lambda_2 e^{\lambda_2 t} - C_3 \lambda_3 e^{\lambda_3 t} - C_4 \lambda_4 e^{\lambda_4 t}.
\end{aligned}$$

Находим частное решение

$$\xi(t) = \xi_o \sin \omega t; \quad \dot{\xi}(t) = \xi_o \omega \cos \omega t; \quad A = \frac{b_1}{m_1} \omega \xi_o; \quad B = \frac{c_1}{m_1} \xi_o$$

$$\begin{cases}
\dot{y}_1 = a_{11}y_1 + a_{12}y_2 + a_{13}x_1 + a_{14}x_2 + A \cos \omega t + B \sin \omega t \\
\dot{y}_2 = a_{21}y_1 + a_{22}y_2 + a_{23}x_1 + a_{24}x_2 \\
\dot{x}_1 = y_1 \\
\dot{x}_2 = y_2.
\end{cases}$$

$$x_1 = D_1 \cos \omega t + D_2 \sin \omega t; \quad x_2 = E_1 \cos \omega t + E_2 \sin \omega t;$$

$$y_1 = -\omega D_1 \sin \omega t + \omega D_2 \cos \omega t; \quad y_2 = -\omega E_1 \sin \omega t + \omega E_2 \cos \omega t;$$

$$\dot{y}_1 = -\omega^2 D_1 \cos \omega t - \omega^2 D_2 \sin \omega t; \quad \dot{y}_2 = -\omega^2 E_1 \cos \omega t - \omega^2 E_2 \sin \omega t -$$

$$-\omega^2 D_1 \cos \omega t - \omega^2 D_2 \sin \omega t = a_{11}(-\omega D_1 \sin \omega t + \omega D_2 \cos \omega t) +$$

$$+ a_{12}(-\omega E_1 \sin \omega t + \omega E_2 \cos \omega t) + a_{13}(D_1 \cos \omega t + D_2 \sin \omega t) +$$

$$+ a_{14}(E_1 \cos \omega t + E_2 \sin \omega t) + A \cos \omega t + B \sin \omega t$$

$$-\omega^2 E_1 \cos \omega t - \omega^2 E_2 \sin \omega t = a_{21}(-\omega D_1 \sin \omega t + \omega D_2 \cos \omega t) +$$

$$+ a_{22}(-\omega E_1 \sin \omega t + \omega E_2 \cos \omega t) + a_{23}(D_1 \cos \omega t + D_2 \sin \omega t) +$$

$$+ a_{24}(E_1 \cos \omega t + E_2 \sin \omega t);$$

$$\cos \omega t(-\omega^2 D_1) + \sin \omega t(-\omega^2 D_2) = \cos \omega t(a_{11}\omega D_2 + a_{12}\omega E_2 + a_{13}D_1 + a_{14}E_1 + A) +$$

$$+ \sin \omega t(-a_{11}\omega D_1 - a_{12}\omega E_1 + a_{13}D_2 + a_{14}E_2 + B);$$

$$\cos \omega t (-\omega^2 E_1) + \sin \omega t (-\omega^2 E_2) = \cos \omega t (a_{21} \omega D_2 + a_{22} \omega E_2 + a_{13} D_1 + a_{24} E_2) + \sin \omega t (-a_{21} \omega D_1 - a_{22} \omega E_1 + a_{23} D_2 + a_{24} E_2).$$

$$\begin{cases} \cos \omega t & -\omega^2 D_1 = a_{11} \omega D_2 + a_{12} \omega E_2 + a_{13} D_1 + a_{14} E_1 + A \\ \sin \omega t & -\omega^2 D_2 = -a_{11} \omega D_1 - a_{12} \omega E_1 + a_{13} D_2 + a_{14} E_2 + B \\ \cos \omega t & -\omega^2 E_1 = a_{21} \omega D_2 + a_{22} \omega E_1 + a_{23} D_1 + a_{24} E_2 \\ \sin \omega t & -\omega^2 E_2 = -a_{21} \omega D_1 - a_{22} \omega E_1 + a_{23} D_2 + a_{24} E_2. \end{cases}$$

$$\begin{cases} D_1(-\omega^2 - a_{13}) - D_2 a_{11} \omega - a_{14} E_1 - a_{12} \omega E_2 = A \\ D_1(a_{11} \omega) + D_2(-\omega^2 - a_{13}) + a_{12} \omega E_1 - a_{14} E_2 = B \\ D_1(-a_{23}) + D_2(-a_{21} \omega) + (-\omega^2 - a_{22} \omega) E_1 - a_{24} E_2 = 0 \\ D_1(a_{21} \omega) + D_2(-a_{23}) + E_1(a_{22} \omega) + E_2(-\omega^2 - a_{24}) = 0. \end{cases} \quad (7)$$

По формулам Крамера находим решение системы (7)

$$D_1 = \frac{\Delta_1}{\Delta}; \quad D_2 = \frac{\Delta_2}{\Delta}; \quad E_1 = \frac{\Delta_3}{\Delta}; \quad E_2 = \frac{\Delta_4}{\Delta}.$$

Частное решение

$$\begin{cases} X_1 = \frac{\Delta_1}{\Delta} \cos \omega t + \frac{\Delta_2}{\Delta} \sin \omega t \\ X_2 = \frac{\Delta_3}{\Delta} \cos \omega t + \frac{\Delta_4}{\Delta} \sin \omega t. \end{cases} \quad (8)$$

Общее решение

$$\begin{cases} x_1 = \sum_{i=1}^4 C_i \frac{\lambda_i \cdot a_{12} - a_{14}}{\lambda_i(a_{11} - \lambda_i) + a_{13}} \cdot e^{\lambda_i t} + \frac{\Delta_1}{\Delta} \cos \omega t + \frac{\Delta_2}{\Delta} \sin \omega t \\ x_2 = \sum_{i=1}^4 C_i \cdot e^{\lambda_i t} + \frac{\Delta_3}{\Delta} \cos \omega t + \frac{\Delta_4}{\Delta} \sin \omega t. \end{cases} \quad (9)$$

В теории виброзащиты эффективность снижения колебаний определяется коэффициентом виброизоляции [4]

$$K_R = \frac{v_2}{v_1} = \frac{\dot{x}_2}{\dot{x}_1}, \quad (10)$$

где v_2 и v_1 - соответственно амплитуды объекта и источника.

Выводы и направление дальнейших исследований. Полученное решение системы дифференциальных уравнений виброзащитного устройства переносного перфоратора позволяет осуществить синтез оптимальной виброзащитной системы, задавшись минимумами величин коэффициента виброизоляции $K_{R\min}$, а также минимумами общей масс ступеней виброзащитной системы, максимумами жесткости (приводит к увеличению управляемости) и др.

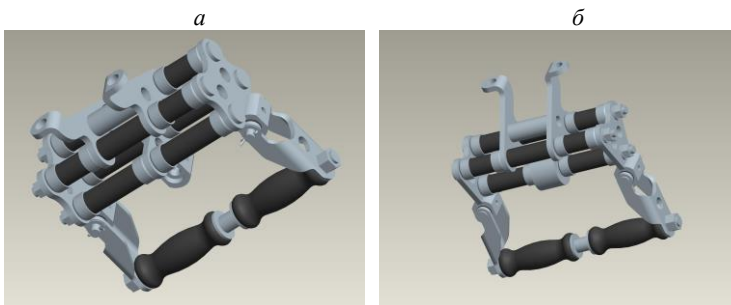


Рис. 1. Виброзащитные рукоятки переносных пневматических перфораторов с независимым вращением инструмента, реализующие двухмассовую модель виброзащиты: *а* - инерционная масса на двух канатах; *б* - облегченный вариант: инерционная масса на одном канате

На основе полученных исследований были рассчитаны, запатентованы, изготовлены и испытаны (рис. 1а,б) экспериментальные образцы виброзащитных устройств перфораторов с независимым вращением инструмента моделей ПП65В1 и ПП76В1, промышленный выпуск которых, после проведения необходимых мероприятий по подготовке производства, планируется на Криворожском заводе горного ма-

шиностроения ОАО "Криворожгормаш", базовом предприятии Украины, осуществляющем серийный выпуск перфораторов.

Список литературы

1. **Неймирко С.И.** Теоретическое исследование виброзащитного устройства переносного пневматического перфоратора на базе двухмассовой системы с промежуточной массой / **С.И. Неймирко** // Вісник Криворізького технічного університету. - Кривий Ріг: КТУ. - Вип. 27, 2011. - С. 184-188.
2. **Неймирко С.И.** Теоретическое исследование виброзащитного устройства переносного пневматического перфоратора на базе динамического гасителя колебаний / **С.И. Неймирко** // Вісник Криворізького технічного університету: Кривий Ріг, КТУ. - Вип. 25, 2010. - С. 179-182.
3. **Выгодский М.Я.** Справочник по высшей математике / **М.Я. Выгодский** // М.: Астрель. АСТ, 2006. - 991 с.
4. Вибрации в технике: Справочник. Т6. Защита от вибрации и ударов / Под ред. **К.В. Фролова**. М.: Машиностроение, 1981. - 456 с.

Рукопись поступила в редакцию 02.03.12

УДК 535:546.47

Ю.С.РУДЬ, д-р техн. наук, проф., И.С. РАДЧЕНКО, канд. техн. наук, доц.,
А.Ю. МАЛИНОВСКАЯ, преподаватель, ГВУЗ «Криворожский национальный университет»

ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НАНОЧАСТИЦ ЦИНКА

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Изучение нанокристаллического состояния вещества является одной из самых актуальных современных научных проблем. Строение и свойства малых атомных агрегаций представляет значительный научный и прикладной интерес, так как являются промежуточными между строением и свойствами изолированных атомов и массивного (объемного) твердого тела. Однако вопрос о том, как быстро происходит и на каком этапе объединения атомов завершается формирование того или иного свойства массивного кристалла, до сих пор окончательно не решен. До настоящего времени не вполне ясно, каковы вклады поверхностных (связанных с границами раздела) и объемных (связанных в массиве частиц) атомов в свойства наноматериалов. Долгое время исследования в этом направлении проводились на изолированных частицах, которые содержали от нескольких десятков до нескольких сотен атомов. При этом размер частиц был не более 1 нм.

Научный интерес к нанокристаллическому состоянию твердого тела в дисперсном или компактном виде связан, прежде всего с наблюдаемыми различными размерными эффектами на свойствах наночастиц и нанокристаллитов, размеры которых соизмеримы или меньше, чем характерный параметр того или иного физического явления, который фигурирует в теоретическом описании какого-либо процесса (например, длина свободного пробега электронов проводимости при описании оптических свойств, размер магнитного домена в ферромагнетиках и т.д.).

Прикладной интерес к наноматериалам обусловлен возможностью значительной модификации и даже принципиального изменения свойств хорошо известных материалов при переходе в нанокристаллическое состояние. Этот интерес вызван также новыми возможностями, которые открываются нанотехнологиями в создании материалов и изделий из структурных элементов нанометрового размера. Например, в авиации применяются радиопоглощающие керамические материалы, в матрице которых беспорядочно распределены тонкодисперсные металлические частицы. Нитевидные монокристаллы (усы) и поликристаллы (волокна) обладают очень высокой прочностью, например, усы графита имеют прочность примерно 24,5 ГПа или в 10 раз больше, чем прочность стальной проволоки. Эти материалы применяются в качестве наполнителей легких композиционных материалов в аэрокосмической технике.

Анализ исследований и публикаций. К настоящему времени опубликовано довольно много работ, в которых изучались различные свойства как отдельных наночастиц так и различных нанокристаллических структур [1,2]. В этих работах рассматриваются некоторые свойства металлических частиц столь малых размеров, когда спектр электронных возбуждений становится дискретным. Именно для таких частиц должны наблюдаться квантовые размерные эффекты и начинают существенную роль играть поверхностные атомы. Они влияют на: температуру плавления; растворимость; электропроводность; токсичность; взрывоопасность; реакционную способность и т.д.