$\tilde{G}_{mk}$ – объёмные функции Грина, удовлетворяющие уравнениям

$$\ddot{\tilde{G}}_{1k} - \mu k^2 \left(\tilde{G}''_{1k} - \tilde{G}'_{2k} \right) + \delta_{1k} \delta(x - \xi) \delta(\tau) = 0;$$

$$\ddot{\tilde{G}}_{2k} - \tilde{G}''_{2k} - \frac{F}{J_3} \mu k^2 \left(\tilde{G}'_{1k} - \tilde{G}_{2k} \right) + \sum_{q=1}^{N} \alpha_q \tilde{G}'_{q+2,k} + \delta_{2k} \delta(x - \xi) \delta(\tau) = 0;$$

$$\dot{\tilde{G}}_{q+2,k} - D_q \tilde{G}''_{q+2,k} + \Lambda_q \tilde{G}'''_{2k} + \delta_{q+2,k} \delta(x - \xi) \delta(\tau) = 0$$

и однородным граничным условиям, соответствующим (4).

Для нахождения функций Грина применяется интегральное преобразование Лапласа по времени и разложение в ряды Фурье.

Список литературы

1 **Afanasieva, O. A.** Unsteady elastic diffusion oscillations of a Timoshenko beam with considering the diffusion relaxation effects / O. A. Afanasieva, U. S. Gafurov, A. V. Zemskov // Proceedings of the second International Conference on Theoretical, Applied and Experimental Mechanics. Springer Nature. – Switzerland: AG, 2019. – P. 193–199.

2 **Гафуров, У. С.** Модель нестационарных упругодифузионных колебаний балки Тимошенко / У. С. Гафуров, А. В. Земсков, Д. В. Тарлаковский // Актуальные вопросы и перспективы развития транспортного и строительного комплексов: материалы IV Междунар. науч.-практ. конф. : в 2 ч. Ч. 2. – Гомель : БелГУТ, 2018. – С. 134–146.

3 **Гафуров, У. С.** Алгоритм построения поверхностных функций Грина в задаче о нестационарных колебаниях балки Тимошенко с учетом диффузии / У. С. Гафуров, А. В. Земсков, Д. В. Тарлаковский // Динамические и технологические проблемы механики конструкций и сплошных сред : материалы XXV Международного симпозиума им. А. Г. Горшкова. Т. 2. – М. : ООО «ТРП», 2019. – С. 55–57.

УДК 621.762.8:539.4.014

ОЦЕНКА ПРОЧНОСТИ ЗАЩИТНЫХ ПОРОШКОВЫХ ПОКРЫТИЙ В УСЛОВИЯХ СЛОЖНОГО НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ

А. Г. ГЕТМАНОВ, Л. Н. РАБИНСКИЙ
Московский авиационный институт (НИУ), Российская Федерация

В работе представлены результаты исследования механических свойств защитных порошковых покрытий на эпоксидно-полиэфирной основе, нанесенных на стальные подложки. Исследованы как свойства самих покрытий, так и их влияние на поведение образцов при механическом нагружении.

Показано влияние остаточного напряжения на образцах, образованных при нанесении покрытий. Крайне важно иметь экспериментальное подтверждение теоретических результатов. Также в зависимости от толщины подложки и толщины покрытия, материала подложки и покрытия остаточные напряжения могут влиять как незначительно и экспериментально неопределимо, так и значительно, вплоть до визуального эффекта. При нанесении на прямоугольный образец покрытия только с одной стороны образец изгибается. Следует также отметить, что после нанесения покрытия прогиб сразу после нанесения и прогиб спустя несколько дней могут отличаться; данный момент обязательно следует учесть при эксперименте. Прогиб, вызванный нанесенным покрытием, определяется с помощью специальной установки для определения прогиба либо с помощью испытания на трех точечный изгиб. Для определения прогиба изогнутый образец с покрытием устанавливают на жесткую пластину таким образом, что ход образца на графике перемещение – нагрузка до момента касания изогнутого образца с жесткой пластиной останавливал испытание.

Показано, что модуль упругости тонких покрытий оказвыается выше, по сравнению с модулем упругости аналогичных объемных материалов. Для обработки результатов испытаний образцов с покрытиями проведены численные и аналитические расчеты. Дана оценка влияния остаточных напряжений на результаты идентификации модуля Юнга покрытий.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект № 17-01-00837.

Список литературы

1 Nonlinear deforming of laminated composite shells of revolution under finite deflections and normals rotation angles / V. G. Dmitriev [et al.] // Russian Aeronautics. – 2017. – Vol. 60. – No. 2. – P. 169–176.

2 Плоская задача дифракции акустической волны давления на криволинейном препятствии / А. Г. Горшков [и др.] // Известия Российской академии наук. Механика твердого тела. – 2003. – № 3. – С. 148–155.

3 **Formalev, V. F.** Localization of thermal disturbances in nonlinear anisotropic media with absorption / V. F. Formalev, E. L. Kuznetsova, L. N. Rabinskiy // High temperature. – 2015. – Vol. 53. – No. 4. – P. 548–553.

4 Нестационарная задача дифракции цилиндрической акустической волны давления на тонкой оболочке в форме эллиптического цилиндра / А. Г. Горшков [и др.] // International Journal for Computational Civil and Structural Engineering. – 2007. – Т. 3. – № 2. – С. 82–93.

УДК 539.319

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ О РЕАКЦИИ МНОГОСЛОЙНОГО СЖИМАЕМОГО ОСНОВАНИЯ С НАЧАЛЬНЫМИ НАПРЯЖЕНИЯМИ НА ПОДВИЖНУЮ НАГРУЗКУ

Ю. П. ГЛУХОВ

Институт механики им. С. П. Тимошенко НАН Украины, Киев

В данной работе в рамках линеаризированной теории упругости для тел с начальными напряжениями [1] исследовано влияние начальных напряжений и скорости движения поверхностной нагрузки на значения корней характеристических уравнений для слоистого сжимаемого полупространства.

При решении пространственных задач об установившемся движении многослойного предварительно напряженного полупространства при воздействии подвижной нагрузки с использованием интегрального преобразования Фурье представление решений зависит от корней характеристических уравнений трансформированных дифференциальных уравнений в частных производных шестого порядка, описывающих движение элементов многослойной среды. В случае однородного начального напряженного состояния

$$\lambda_1^{\{s\}} \neq \lambda_2^{\{s\}} \neq \lambda_3^{\{s\}}; \quad S_0^{\{s\}11} \neq S_0^{\{s\}22} \neq S_0^{\{s\}33} \tag{1}$$

эти уравнения имеют вид

$$a_0^{\{s\}}\eta^{\{s\}6} - a_1^{\{s\}}\eta^{\{s\}4} + a_2^{\{s\}}\eta^{\{s\}2} - a_3^{\{s\}} = 0; \quad s = \overline{1, N+1}. \tag{2}$$

Здесь s – номер слоя. Подстилающее полупространство имеет номер $N+1$. В случае, если материал слоя – сжимаемый, то коэффициенты уравнения (2) можно представить в виде

$$\begin{gathered}
a_0^{\{s\}} = c_{31}^{\{s\}2}c_{32}^{\{s\}2}c_{33}^{\{s\}2}; \quad a_1^{\{s\}} = -k_1^2\left[c_{33}^{\{s\}2}\left(c_{11}^{\{s\}2}c_{32}^{\{s\}2} + c_{12}^{\{s\}2}c_{31}^{\{s\}2}\right) + c_{31}^{\{s\}2}c_{32}^{\{s\}2}c_{13}^{\{s\}2} - c_{32}^{\{s\}2}d_{13}^{\{s\}2} - v^2\cos^2\varphi\times\right.\\
\left.\times\left(c_{31}^{\{s\}2}c_{32}^{\{s\}2} + c_{31}^{\{s\}2}c_{33}^{\{s\}2} + c_{32}^{\{s\}2}c_{33}^{\{s\}2}\right)\right] - k_2^2\left[c_{31}^{\{s\}2}c_{32}^{\{s\}2}c_{23}^{\{s\}2} + c_{33}^{\{s\}2}\left(c_{21}^{\{s\}2}c_{32}^{\{s\}2} + c_{22}^{\{s\}2}c_{31}^{\{s\}2}\right) - c_{31}^{\{s\}2}d_{23}^{\{s\}2}\right];\\
a_2^{\{s\}} = k_1^4\left\{c_{11}^{\{s\}2}\left(c_{12}^{\{s\}2}c_{33}^{\{s\}2} + c_{32}^{\{s\}2}c_{13}^{\{s\}2}\right) + c_{12}^{\{s\}2}c_{31}^{\{s\}2}c_{13}^{\{s\}2} - c_{12}^{\{s\}2}d_{13}^{\{s\}2} - v^2\cos^2\varphi\left[c_{11}^{\{s\}2}\left(c_{32}^{\{s\}2} + c_{33}^{\{s\}2}\right) +\right.\right.\\
\left.\left.+c_{12}^{\{s\}2}\left(c_{31}^{\{s\}2} + c_{33}^{\{s\}2}\right) + c_{13}^{\{s\}2}\left(c_{31}^{\{s\}2} + c_{32}^{\{s\}2}\right) - d_{13}^{\{s\}2}\right]\right\} + k_2^4\left\{c_{22}^{\{s\}2}\left(c_{21}^{\{s\}2}c_{33}^{\{s\}2} + c_{31}^{\{s\}2}c_{23}^{\{s\}2}\right) + c_{21}^{\{s\}2}c_{32}^{\{s\}2}c_{23}^{\{s\}2} -\right.\\
\left.-c_{21}^{\{s\}2}d_{23}^{\{s\}2} - v^2\sin^2\varphi\left[c_{32}^{\{s\}2}\left(c_{21}^{\{s\}2} + c_{23}^{\{s\}2}\right) + c_{31}^{\{s\}2}\left(c_{22}^{\{s\}2} + c_{23}^{\{s\}2}\right) + c_{33}^{\{s\}2}\left(c_{21}^{\{s\}2} + c_{22}^{\{s\}2}\right) - d_{23}^{\{s\}2}\right]\right\} + k_1^2k_2^2\times\\
\times\left[c_{11}^{\{s\}2}\left(c_{22}^{\{s\}2}c_{33}^{\{s\}2} + c_{32}^{\{s\}2}c_{23}^{\{s\}2}\right) + c_{21}^{\{s\}2}\left(c_{12}^{\{s\}2}c_{33}^{\{s\}2} + c_{32}^{\{s\}2}c_{13}^{\{s\}2}\right) + c_{31}^{\{s\}2}\left(c_{12}^{\{s\}2}c_{23}^{\{s\}2} + c_{22}^{\{s\}2}c_{13}^{\{s\}2}\right) - c_{11}^{\{s\}2}d_{23}^{\{s\}2} -\right.\\
\left.-c_{22}^{\{s\}2}d_{13}^{\{s\}2} - c_{33}^{\{s\}2}d_{12}^{\{s\}2} + 2d_{12}^{\{s\}}d_{13}^{\{s\}}d_{23}^{\{s\}} + v^4\sin^2\varphi\cos^2\varphi\left(c_{31}^{\{s\}2} + c_{32}^{\{s\}2} + c_{33}^{\{s\}2}\right)\right]; \quad a_3^{\{s\}} = -k_1^6\left[c_{11}^{\{s\}2}c_{12}^{\{s\}2}\times\right.\\
\left.\times c_{13}^{\{s\}2} - v^2\cos^2\varphi\left(c_{11}^{\{s\}2}c_{12}^{\{s\}2} + c_{11}^{\{s\}2}c_{13}^{\{s\}2} + c_{12}^{\{s\}2}c_{13}^{\{s\}2}\right) + v^4\cos^4\varphi\left(c_{11}^{\{s\}2} + c_{12}^{\{s\}2} + c_{13}^{\{s\}2}\right)\right] - k_2^6\left[v^4\sin^4\varphi\times\right.\\
\left.\times\left(c_{21}^{\{s\}2} + c_{22}^{\{s\}2} + c_{23}^{\{s\}2}\right) - v^2\sin^2\varphi\left(c_{21}^{\{s\}2}c_{22}^{\{s\}2} + c_{21}^{\{s\}2}c_{23}^{\{s\}2} + c_{22}^{\{s\}2}c_{23}^{\{s\}2}\right) + c_{21}^{\{s\}2}c_{22}^{\{s\}2}c_{23}^{\{s\}2}\right] - k_1^4k_2^2\left\{c_{11}^{\{s\}2}\times\right.\\
\times\left(c_{12}^{\{s\}2}c_{23}^{\{s\}2} + c_{22}^{\{s\}2}c_{13}^{\{s\}2}\right) + c_{21}^{\{s\}2}c_{12}^{\{s\}2}c_{13}^{\{s\}2} - c_{13}^{\{s\}2}d_{12}^{\{s\}2} - v^2\cos^2\varphi\left[c_{11}^{\{s\}2}\left(c_{22}^{\{s\}2} + c_{23}^{\{s\}2}\right) + c_{12}^{\{s\}2}\left(c_{21}^{\{s\}2} +\right.\right.\\
\left.\left.\left.+c_{23}^{\{s\}2}\right) + c_{13}^{\{s\}2}\left(c_{21}^{\{s\}2} + c_{22}^{\{s\}2}\right) - d_{12}^{\{s\}2}\right]\right\} - k_1^2k_2^4\left[c_{22}^{\{s\}2}\left(c_{11}^{\{s\}2}c_{23}^{\{s\}2} + c_{21}^{\{s\}2}c_{13}^{\{s\}2}\right) + c_{21}^{\{s\}2}c_{12}^{\{s\}2}c_{23}^{\{s\}2} - c_{23}^{\{s\}2}d_{12}^{\{s\}2} -\right.\\
\left.-v^6\cos^2\varphi\sin^4\varphi\right];
\end{gathered} \tag{3}$$