

никам кафедры С.Г. Андрееву, А.А. Васекину, Н.Д. Гелину и выпускнику кафедры Ю.Д. Корягину за активное участие в разработке технических решений, реализации действующих образцов, проведении опытов и расчетов.

Литература

1. Физическое моделирование процесса эволюции формы метаемых сегментов на траектории их перемещения / *Сотский М.Ю., Велданов В.А., Гелин Д.В., Колпаков В.И., Лысов Д.А., Марков В.А.* // Сборник докладов Международного симпозиума «Динамические и технологические проблемы механики конструкций и сплошных сред» им. А.Г. Горшкова. Том 2. Москва, 2023. С. 139 - 144.
2. Метательная установка и устройство ввода детонации в метательный газовый объем / *Велданов В.А., Гелин Д.В., Лысов Д.А., Колпаков В.И., Сотский М.Ю.*, заявка о выдаче патента на изобретение № 2022133914 от 22.12.2022.
3. Способ метания элементов / *Велданов В.А., Гелин Д.В., Лысов Д.А., Колпаков В.И., Сотский М.Ю.*, заявка о выдаче патента на изобретение № 2022133920 от 22.12.2022.
4. *Колпаков В.И.* Определение констант уравнения состояния продуктов детонации в форме JWL // Известия РАН, 2016, № 4 - С 87-93.
5. *Сапожников С.Б., Игнатова А.В.* Исследование механических свойств технического пластилина при квазистатическом и динамическом деформировании // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Механика. 2014. № 2. С. 200-219.

ВЫНУЖДЕННЫЕ КОЛЕБАНИЯ ТРЕХСЛОЙНОЙ ПЛАСТИНЫ ПРИ ТЕПЛОВОМ УДАРЕ

Старовойтов Э.И.¹, Тарлаковский Д.В.², Федотенков Г.В.²

(¹Белорусский государственный университет транспорта, Гомель, ²Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва)

Трехслойные элементы конструкций, в том числе пластины, широко применяются с середины прошлого века в транспортном машиностроении и строительстве. Для проведения их прочностных расчетов возникает необходимость создания расчетных математических моделей, чему и посвящен многочисленный ряд публикаций.

Монографии [1–5] посвящены построению математических моделей деформирования трехслойных элементов конструкций при квазистатических и динамических нагрузках. Свободные, вынужденные и резонансные колебания трехслойных пластин и оболочек, в том числе при нестационарных нагрузках

исследовались в работах [6–9]. Статьи [10–13] посвящены квазистатическому деформированию трехслойных стержней и пластин.

В предлагаемой работе исследовано воздействие теплового удара на вынужденные колебания круговой трехслойной пластины, возбужденные импульсной нагрузкой. Предполагается, что трехслойная круговая пластина шарнирно оперта по контуру. На нее в начальный момент падают тепловой поток интенсивностью q_1 и равномерно распределенный силовой импульс

$$q(r, t) = q_1 \delta(t),$$

где $q_1 = \text{const}$ – интенсивность импульса, $\delta(t)$ – дельта-функция Дирака.

Распределение нестационарной температуры по толщине пластины вычисляется по приближенной формуле, полученной в [1]. Используя гипотезу Неймана, на свободные колебания, вызванные тепловым ударом (мгновенным падением теплового потока), накладываются вынужденные колебания от импульсной нагрузки.

Для несущих слоев трехслойной круговой пластины принимаются гипотезы Кирхгофа. В легком заполнителе справедлива гипотеза Тимошенко о прямолинейности и несжимаемости деформированной нормали, которая поворачивается на некоторый дополнительный угол $\psi(r)$. Искомыми функциями считаются также прогиб $w(r)$ и радиальное перемещение срединной плоскости заполнителя $u(r)$. Проведен вывод системы дифференциальных уравнений в частных производных, описывающих поперечные колебания упругой круговой трехслойной пластины в температурном нестационарном поле. Граничные условия – шарнирное опирание контура пластины. Полный прогиб представляется в виде суммы квазистатического w_s и динамического прогибов, где

$$w_s = r_0^2 M_t \left[1 - (r/r_0)^2 \right] / 2(a_7 + a_8).$$

Начальные условия неоднородные, в них появляется ненулевая скорость:

$$w_d = 0, \quad \dot{w}_d = -r_0^2 \dot{M}_t(0) \left[1 - (r/r_0)^2 \right] / 2(a_7 + a_8).$$

Динамическая составляющая w_d , представляется в виде разложения в ряд по системе собственных ортонормированных функций. Проведен численный параметрический анализ зависимости собственных чисел и частот колебаний от температуры, материалов и толщин слоев.

Работа выполнена при финансовой поддержке Государственной программы научных исследований «Конвергенция-2025».

Литература

1. Горшков А.Г., Старовойтов Э.И., Яровая А.В. Механика слоистых вязкоупругопластических элементов конструкций. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. – 576 с.
2. Журавков М.А., Старовойтов Э.И. Математические модели механики твердых тел. – Минск: БГУ, 2021. – 5435 с.

3. Zhuravkov M.A., Lyu Yongtao, Starovoitov E.I. Mechanics of Solid Deformable Body. – Singapore: Springer, 2022. – 317 p.

4. Старовойтов Э.И., Леоненко Д.В., Рабинский Л.Н. Деформирование трехслойных физически нелинейных стержней. – М.: Изд-во МАИ, 2016. – 184 с.

5. Абдусаттаров А., Старовойтов Э.И., Рузиева Н.Б. Деформирование и повреждаемость упругопластических элементов конструкций при циклических нагрузжениях. – Ташкент: «IDEAL PRESS», 2023 – 381 с.

6. Старовойтов Э.И., Леоненко Д.В. Исследование спектра частот трехслойной цилиндрической оболочки с упругим наполнителем // Механика композиционных материалов и конструкций. – 2015. – 21, № 2. – С. 162–169.

7. Fedotenkov G.V., Tarlakovsky D.V., Vahterova Y.A. Identification of non-stationary load upon Timoshenko beam // Lobachevskii journal of mathematics. 2019. Vol. 40. № 4. Pp. 439–447.

8. Вестяк В.А., Садков А.С., Тарлаковский Д.В. Распространение нестационарных объемных возмущений в упругой полуплоскости // Известия российской академии наук. Механика твердого тела. 2011. № 2. С. 130–140.

9. Starovoitov E. I., Pleskachevskii Yu. M., Leonenko D. V., Tarlakovskii D. V. Free vibrations of a three-layer plate excited by a heat flux. *Journal of Engineering Physics and Thermophysics*. 2023. Vol. 96, no. 6. Pp. 1432–1442.

10. Starovoitov É.I., Pleskachevskii Yu.M., Leonenko D.V., Tarlakovskii D.V. Deformation of a Step Composite Beam in a Temperature Field // Journal of Engineering Physics and Thermophysics. – 2015. – Vol. 88, №4. – P. 1023–1029.

11. Старовойтов, Э.И. Деформирование трехслойного стержня в температурном поле / Э. И. Старовойтов, Д. В. Леоненко // Механика машин, механизмов и материалов. – 2013. – Т. 22, № 1. – С. 31–35.

12. Старовойтов, Э.И. Изгиб упругой круговой трехслойной пластины на основании Пастернака / Э.И. Старовойтов, А.Г. Козел // Механика композиционных материалов и конструкций. – 2018. – Т. 24, № 3. – С. 392–406.

13. Старовойтов Э.И. Леоненко Д.В., Сулейман М. Термоупругий изгиб кольцевой трехслойной пластины на упругом основании // Экологический вестник научных центров черноморского экономического сотрудничества. – 2006. – Т. 3, № 4. – С. 55–62.

ВОЗБУЖДЕНИЕ ПЛАНАРНОЙ КРАЕВОЙ ВОЛНЫ ПОПЕРЕЧНОЙ КАСАТЕЛЬНОЙ НАГРУЗКОЙ

Сурова М.Ю., Вильде М.В.

(ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского», Саратов)

Формулировка граничных условий в классических теориях стержней, пластин и оболочек основана на применении принципа Сен-Венана. В соответствии