

перемещений и угла поворота, где сплошные линии – упругий расчет (при $\delta = 1, 2, 3$), а штрих-пунктирная линия – с учетом повреждаемости (при $\delta = 3$).

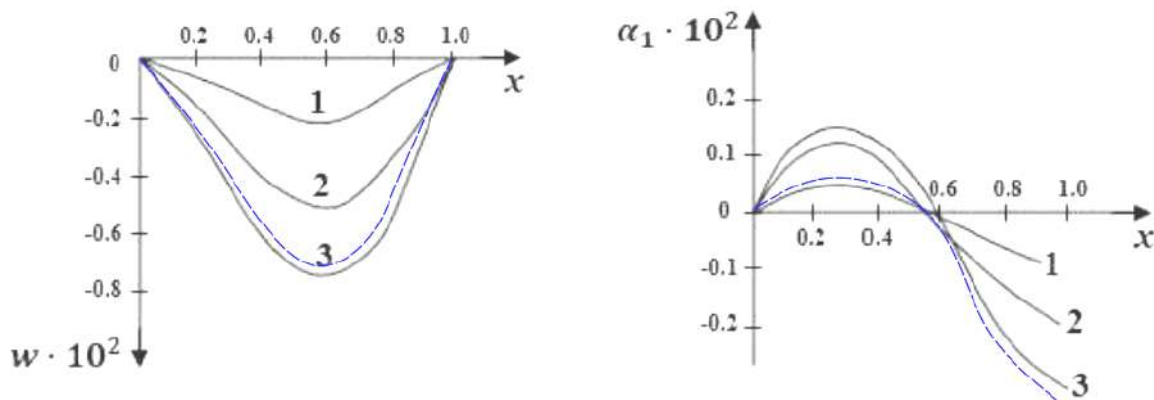


Рисунок 2 – Изменения перемещений и угла поворота по длине бруса

Анализ численного эксперимента показывает, что с увеличением внешней нагрузки изменяются зоны повреждаемости. В свою очередь это влияет на кинетику перемещений, усилий и моментов элементов конструкции типа бруса.

Список литературы

- 1 Власов, В. З. Избранные труды. Т. I–III. / В. З. Власов. – М. : Наука, 1962–1964. – 1506 с.
- 2 Кабулов, В. К. Алгоритмизация в теории упругости и деформационной теории пластичности / В. К. Кабулов // Ташкент : Фан, 1966. – 394 с.
- 3 Абдусаттаров, А. Уругоупругий расчет тонкостенных стержней при переменном нагружении с учетом повреждаемости / А. Абдусаттаров, А. И. Исомиддинов Н. Б. Рузиева // Проблемы механики. – 2021. – № 2. – С. 3–16.
- 4 Годунов, С. К. Разностные схемы / С. К. Годунов, В. С. Рябенкий. – М. : Наука, 1973. – 400 с.
- 5 Старовойтов, Э. И. Циклическое нагружение уругоупругих трёхслойных стержней с учетом их повреждаемости / Э. И. Старовойтов, А. Абдусаттаров, Н. Б. Рузиева // Проблемы механики. – 2023. – № 1. – С. 66–74.

УДК 539.3

ТЕМРОРАДИАЦИОННОЕ НЕОСЕСИММЕТРИЧНОЕ НАГРУЖЕНИЕ ТРЕХСЛОЙНОЙ ФИЗИЧЕСКИ НЕЛИНЕЙНОЙ ПЛАСТИНЫ

А. В. НЕСТЕРОВИЧ, Ю. В. ШАФИЕВА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В статьях [1–4] рассматривается деформирование трехслойных пластин при статических и динамических видах нагружений. Влияние неосесимметричных нагрузок на напряженно-деформированное состояние круговой трехслойной пластины в своей плоскости рассмотрено в [5]. В данной работе исследовано деформирование в терморрадиационном стационарном поле круглых уругоупругих трехслойных пластин при воздействии неосесимметричных нагрузок $p_r(r, \varphi)$, $p_\varphi(r, \varphi)$, приложенных к срединной плоскости заполнителя.

Постановка задачи и ее решение проводятся в полярной системе координат r, φ, z , которая связывается со срединной плоскостью заполнителя. Кинематика пакета соответствует гипотезам ломаной линии. Аналитическое решение приводится при нахождении пластины в стационарном температурном поле T и облучается нейтронным потоком I . Рассматривается только плоская часть задачи, где u_r, u_φ – искомые радиальные и тангенциальные перемещения.

В соответствии с соотношениями теории малых уругоупругих деформаций Ильюшина в слоях пластины связь напряжений и деформаций имеет следующий вид:

$$s_{\alpha\beta}^{(k)} = 2G_k(T) \left(1 - \omega_k(\varepsilon_u^{(k)}, T, I) \right) \varepsilon_{\alpha\beta}^{(k)} \quad (\alpha = r, \varphi),$$

$$\sigma^{(k)} = 3K_k(T) \left(\varepsilon^{(k)} - \alpha_0^{(k)} \Delta T - BI \right) \quad (\alpha, \beta = r, \varphi; k = 1, 2, 3),$$

где $\omega_k(\varepsilon_u^{(k)}, T, I)$ – функции физической нелинейности материалов слоев.

Согласно вариационному методу Лагранжа были получены уравнения равновесия рассматриваемой пластины с учетом терморadiационного поля. Система дифференциальных уравнений в переменных

$$L_2(u_r^{(n)}) + \frac{a_3}{a_1 x^2} u_{r, \varphi\varphi}^{(n)} + \frac{a_2 + a_3}{a_1 x} u_{\varphi, \varphi x}^{(n)} - \frac{a_1 + a_3}{a_1 x^2} u_{\varphi, \varphi}^{(n)} = \frac{r_0^2}{a_1} (-P_r + P_{r\omega}^{(n-1)}),$$

$$L_2(u_\varphi^{(n)}) + \frac{a_2 + a_3}{a_3 x} u_{r, x\varphi}^{(n)} + \frac{a_1}{a_3 x^2} u_{\varphi, \varphi\varphi}^{(n)} + \frac{a_1 + a_3}{a_3 x^2} u_{r, \varphi}^{(n)} = \frac{r_0^2}{a_3} (-P_\varphi + P_{\varphi\omega}^{(n-1)}),$$

где n – номер приближения; a_i – коэффициенты, определяемые модулями упругости материалов и толщины слоев при стационарной температуре T ; L_2 – оператор Бесселя; $P_{r\omega}^{(n-1)}$, $P_{\varphi\omega}^{(n-1)}$ – дополнительные нагрузки, являющиеся добавками на нелинейность материалов слоев пластины.

Полученные решения позволяют исследовать напряженно-деформированное состояние круглых трехслойных пластин при неосесимметричных нагрузках в терморadiационных полях.

Работа выполнена при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (проект T22M-072).

Список литературы

- 1 **Маркова, М. В.** Механико-математическая модель деформирования трехслойной пластины ступенчато-переменной толщины при восприятии многократно-повторной нагрузки / М. В. Маркова // Проблемы безопасности на транспорте : материалы XII Междунар. науч.-практ. конф., Гомель, 24–25 ноября, 2022 г. – Гомель : БелГУТ, 2022. – Ч. 2. – С. 209–211.
- 2 **Леоненко, Д. В.** Напряженно-деформированное состояние физически нелинейной трехслойной прямоугольной пластины со сжимаемым наполнителем / Д. В. Леоненко, А. С. Зеленая // Механика машин, механизмов и материалов. – 2018. – № 2 (43). – С. 77–82.
- 3 **Козел, А. Г.** Термоупругий изгиб круговой трехслойной пластины, связанной с основанием Пастернака / А. Г. Козел // Проблемы физики, математики и техники. – 2022. – № 2 (51). – С. 31–37.
- 4 **Нестерович, А. В.** Термоупругий изгиб круговой слоистой пластины со сжимаемым наполнителем / А. В. Нестерович, Ю. В. Шафиева // Динамические и технологические проблемы механики конструкций и сплошных сред : материалы XXVIII Междунар. симпозиума им. А. Г. Горшкова, Кременки, 16–20 мая 2022 г. – М. : TP-принт, 2022. – Т. 2. – С. 86–88.
- 5 **Старовойтов, Э. И.** Неосесимметричное нагружение упругопластической трехслойной пластины в своей плоскости / Э. И. Старовойтов, А. В. Нестерович // Журнал Белорусского государственного университета. Математика. Информатика. – 2022. – № 2. – С. 57–69.

УДК 625.1.001.891.573

АНАЛИТИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ КРИВОЙ СКАТЫВАНИЯ ВАГОНОВ ПО ПРОДОЛЬНОМУ ПРОФИЛЮ СОРТИРОВОЧНОЙ ГОРКИ

С. П. НОВИКОВ А. К. ГОЛОВНИЧ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Спускная часть сортировочной горки рассматривается как последовательность участков соответствующих длин с уменьшающимися по значениям уклонами от скоростного до нулевого. Отсутствие удобного для использования математического выражения кривой скатывания приводит к необходимости конструирования продольного профиля горки по условию прохода очень плохого бегуна до расчетной точки при неблагоприятных условиях скатывания и минимальной скорости надвига. В результате методика оценки качества проектируемого продольного профиля оказывается достаточно сложной, так как расчет достигаемых скоростей и интервалов между отцепами необходимо выполнять методами моделирования.

Известно, что кривой, обеспечивающей кратчайшее время скатывания материального тела из одной точки в другую, является брахистохрона, представляющая собой для профиля сортировочной горки пологую кривую переменной кривизны с расчетом значения достигаемой высоты тела h при скатывании от проекции пройденного расстояния L . Так как уравнение брахистохроны не может быть представлено в виде разделяющихся переменных h и L , то для практических расчетов целесообразно получить удобные аналитические аппроксимации с достаточным приближением к брахистохроне.