

Рисунок 1 – Главное окно программы

Таким образом, была разработана программа для нахождения характерных точек при однопарном зацеплении зубчатых колес. В дальнейшем планируется рассматривать деформативность в найденных точках с учетом композиционных материалов, из которых может состоять как зуб, так и шестерня.

#### Список литературы

- 1 **Можаровский, В. В.** О влиянии формы зуба на изгибную деформацию зубьев эвольвентных цилиндрических зубчатых колес / В. В. Можаровский, В. Е. Старжинский // Известия АН БССР. Сер. физ.-техн. – 1974. – № 4. – С. 118–123.
- 2 **Можаровский, В. В.** Расчет изгибных перемещений зубьев зубчатых колес из композитов / В. В. Можаровский, М. В. Москалева, Д. С. Кузьменков // Проблемы физики, математики и техники. – 2019. – № 4 (41). – С. 81–86.

УДК 539.3

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДЕФОРМИРОВАНИЯ КРУГЛОЙ ТРЕХСЛОЙНОЙ ПЛАСТИНЫ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДАХ НАГРУЗОК В СВОЕЙ ПЛОСКОСТИ

*А. В. НЕСТЕРОВИЧ*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Многослойные пластины, в частности трехслойные, имеют достаточно широкий диапазон применимости в различных областях промышленности и транспортном машиностроении. Модели деформирования трехслойных элементов конструкций при различных видах нагружений рассмотрены в монографии [1]. Статьи [2, 3] посвящены исследованию квазистатического деформирования трехслойных круглых пластин под действием осесимметричных и неосесимметричных нагрузок.

Рассматривается осесимметричное растяжение-сжатие трехслойной круглой пластины силами  $p_r(r)$  с постоянной, линейно и квадратично зависящими от радиальной координаты, приложенными в срединной плоскости заполнителя. Предполагалось, что контур пластины свободно оперт.

Проведен сравнительный анализ влияния осесимметричных нагрузок, распределенных по срединной плоскости заполнителя, на радиальные перемещения. Температурное поле принималось стационарным. Слои пластины выполнены из Д16-Т-фторопласт-4–Д16-Т. Радиус пластины  $r_0 = 1$  м, толщины слоев  $h_1 = h_2 = 0,02$  м,  $h_3 = 0,4$  м. На рисунке 1, а показаны радиальные перемещения  $u_r(r)$

при изотермическом нагружении пластины радиальными нагрузками с подобными максимальными значениями ( $T = 293 \text{ K}$ ):  $1 - p_r = p_{r0}$ ;  $2 - p_r = p_{r1}(r_0 - r)$ ;  $3 - p_r = p_{r2}(r_0^2 - r^2)$ . Перемещения от постоянной радиальной нагрузки превышают перемещения от линейной и квадратичной нагрузок в 3,51 и 2,25 раза соответственно, что объясняется ее большей равнодействующей.

Рисунок 1, б иллюстрирует изменения радиальных перемещений вдоль радиуса пластины при статически эквивалентных нагрузках:  $1 - p_r = p_{r0}$ ;  $2 - p_r = 3p_{r0}(1 - r/r_0)$ ;  $3 - p_r = 2p_{r0}(1 - r^2/r_0^2)$ . Здесь максимальные перемещения от нагрузки с постоянной составляющей преобладают. Их величины больше перемещений от линейной и квадратичной нагрузок соответственно на 14,6 и 11,1 %.

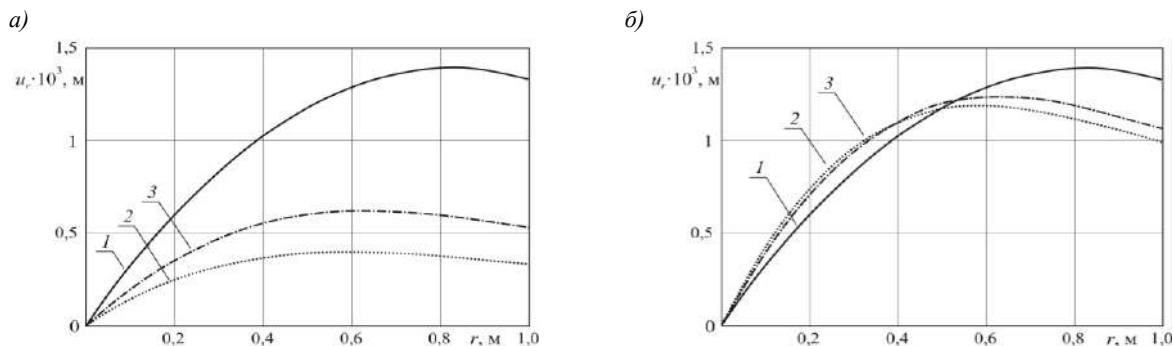


Рисунок 1 – Изменение радиальных перемещений  $u_r(r)$  при нагрузке с одинаковой  
а – интенсивностью; б – равнодействующей

Таким образом, в пластине со свободным контуром перемещения от равномерно распределенной радиальной нагрузки превышают перемещения от линейной и квадратичной нагрузок как при их одинаковой амплитуде, так и при одинаковом статическом эквиваленте.

*Работа выполнена при финансовой поддержке БР ФФИ (проект № T22M-072).*

#### Список литературы

- 1 Журавков, М. А. Математические модели механики твердого тела // М. А. Журавков, Э. И. Старовойтов. – Минск : БГУ, 2021. – 535 с.
- 2 Нестерович, А. В. Радиальное и тангенциальное неосесимметричное нагружение круговой трехслойной пластины / А. В. Нестерович // Механика. Исследования и инновации : междунар. сб. науч. тр. – Гомель : БелГУТ, 2020. – Вып. 13. – С. 116–121.
- 3 Нестерович, А. В. Осесимметричное нагружение круглой физически нелинейной трехслойной пластины в своей плоскости / А. В. Нестерович // Проблемы физики, математики и техники. – 2021. – № 3 (48). – С. 24–29.

УДК 539.3, 51-74, 534.014.1, 534.014.2, 539.62

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ ОТВЕТСТВЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ШАХТНОГО ПОДЪЕМНОГО КОМПЛЕКСА

М. А. НИКОЛАЙЧИК, М. А. ЖУРАВКОВ

Белорусский государственный университет, г. Минск

Комплекс шахтного подъемного сосуда (скипа) является одним из ключевых систем подъемного шахтного комплекса. Скипы занимают чрезвычайно важное место в работе предприятия по подземной добыче полезного ископаемого. Они предназначены не только для подъема полезных ископаемых на поверхность, но и для спуска в шахты крупногабаритной техники. Обеспечение безаварийного и оптимального режима работы системы требует решения сразу нескольких задач механики.

Сложность исследования таких проблем обусловлена большим количеством элементов в системе и тем, что каждый элемент может выполнять отдельную функцию и иметь собственный режим работы.

Конструкции, обеспечивающие безопасность движения скипов, имеют следующий вид. К полкам тубинговой колонны ствола с помощью болтового соединения присоединяются горизонталь-