

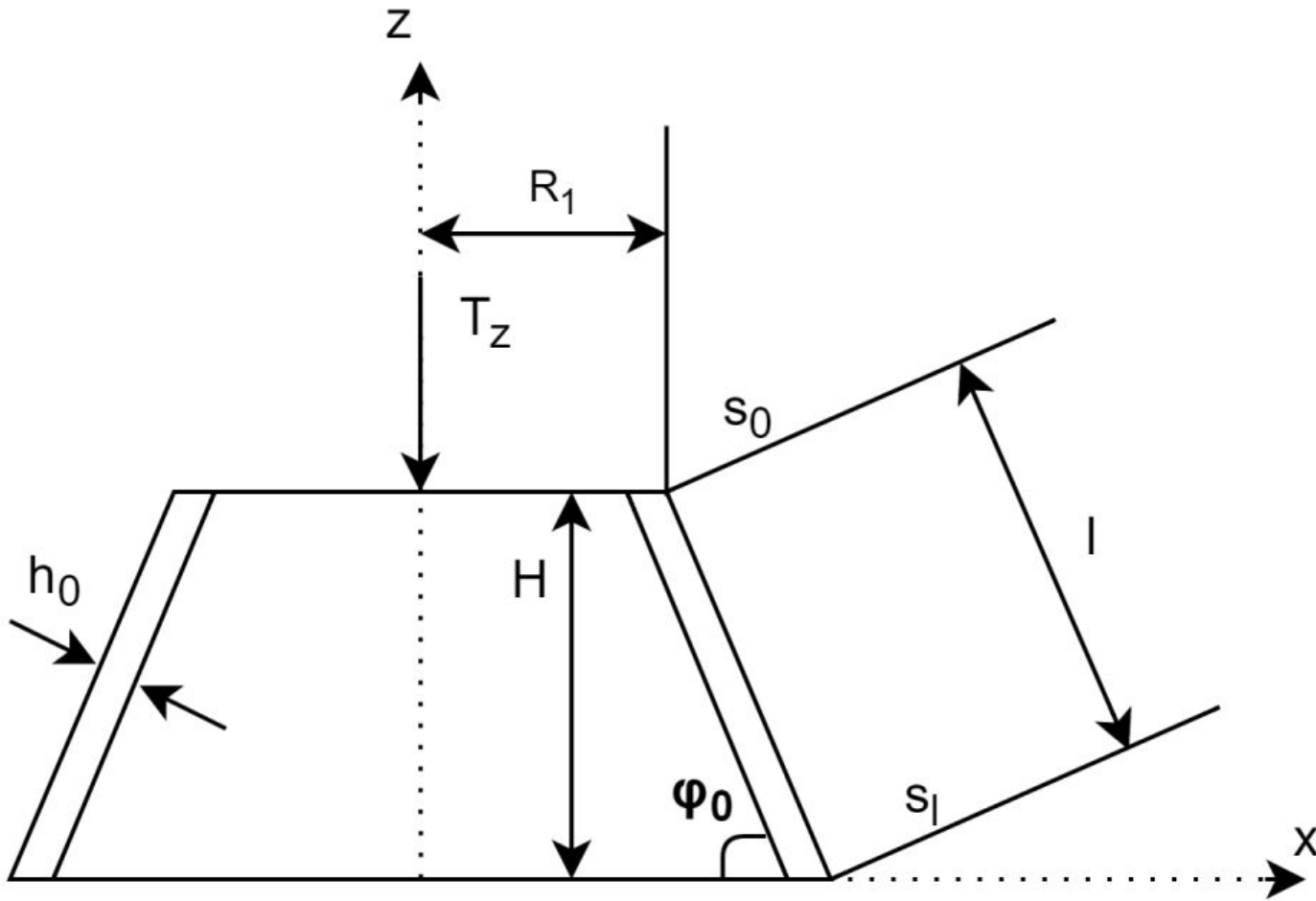
Потеря устойчивости мостичного амортизатора из эластомера

Студент: Горх Э.В.

Научный руководитель: Кабриц С.А.

Постановка задачи

Бифуркация арки-полоски



Начальное состояние системы

T_z – усилие, сжимающее амортизатор

H – высота амортизатора

l – длина резиновой пластины

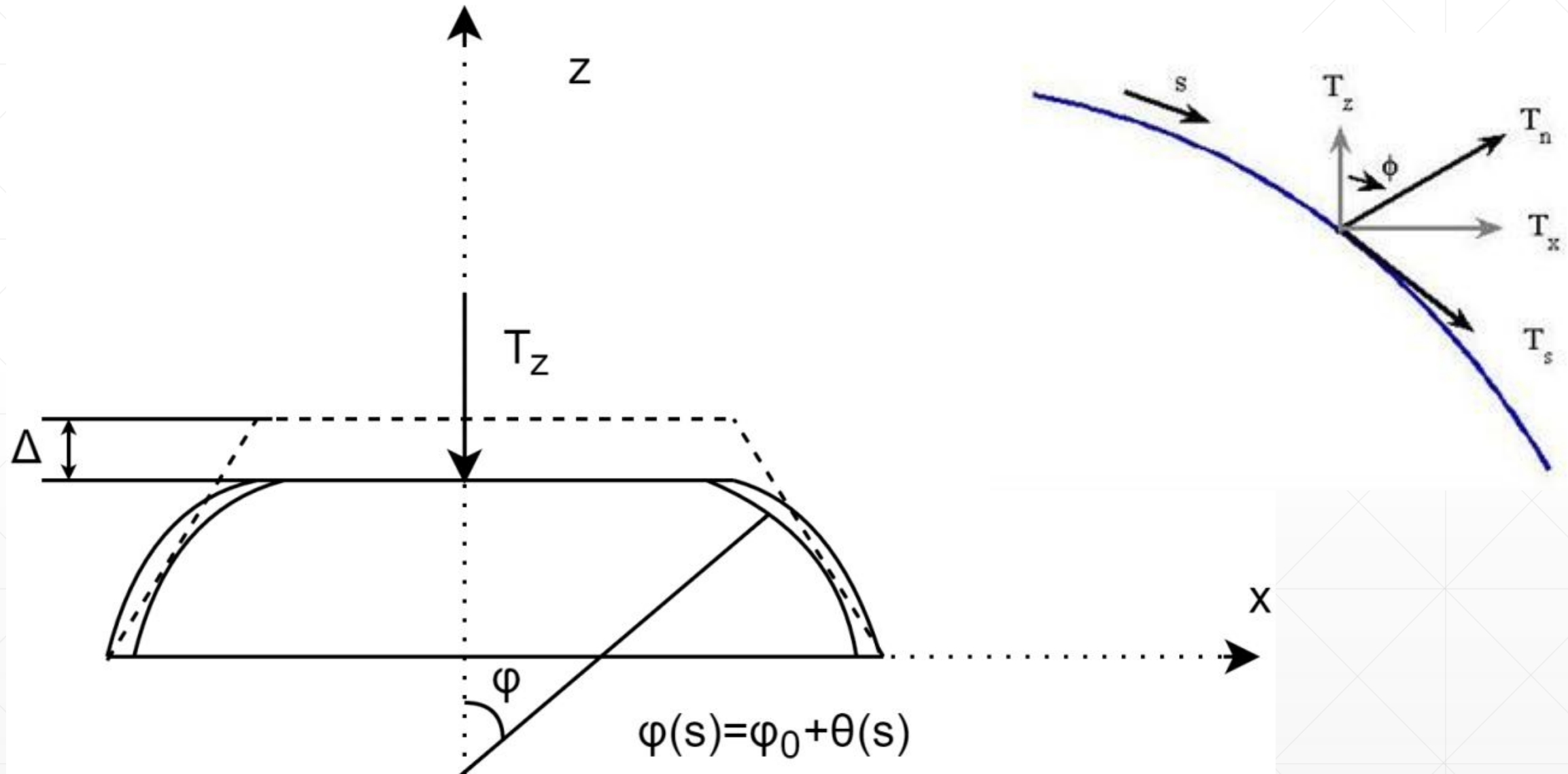
h_0 – толщина резиновой пластины

φ_0 – угол между нормалью и осью z до деформации

Несимметричная деформация



Симметричная деформация



Система уравнений, описывающая деформацию арки-полоски

$$v' = \lambda \cos(\varphi_0 + \theta) - \cos \varphi_0$$

$$u' = -\lambda \sin(\varphi_0 + \theta) + \sin \varphi_0$$

$$\theta' = \lambda^2 (\kappa + \varphi_0') - \varphi_0'$$

$$M' = \lambda T_n$$

$$T_x' = 0$$

$$T_z' = 0$$

$$M = \frac{\mu h_0^3 \kappa}{3\lambda^{n+4}}$$

$$T_s = \frac{2\mu h_0 (\lambda^n - \lambda^{-n})}{\lambda n}$$

$$T_s = T_x \cos \varphi - T_z \sin \varphi$$

$$T_n = T_x \sin \varphi + T_z \cos \varphi$$

$$\mu = 1$$

$$n = 2$$

$$z_0 = H - s \cos \varphi_0$$

$$x_0 = R_1 - s \sin \varphi_0$$

– блок геометрии

v – перемещение по оси x

u – перемещение по оси z

θ – угол поворота

M – изгибающий момент

T_x – проекция усилия на ось x

T_z – проекция усилия на ось z

T_s – проекция усилия на касательную

T_n – перерезывающее усилие

λ – кратность удлинения срединной поверхности арки-полоски по s

κ – изменение кривизны

φ – угол между нормалью и осью z после деформации

φ_0 – угол между нормалью и осью z до деформации

μ – модуль сдвига ($=E/3$, где E – модуль Юнга)

n – константа материала (в нашем случае $n=2$)

h_0 – толщина резиновой пластины

z_0 – координата до деформации

x_0 – координата до деформации

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dV}{ds} = g(V, W, s) \\ f(V, W, s) = 0 \end{array} \right.$$

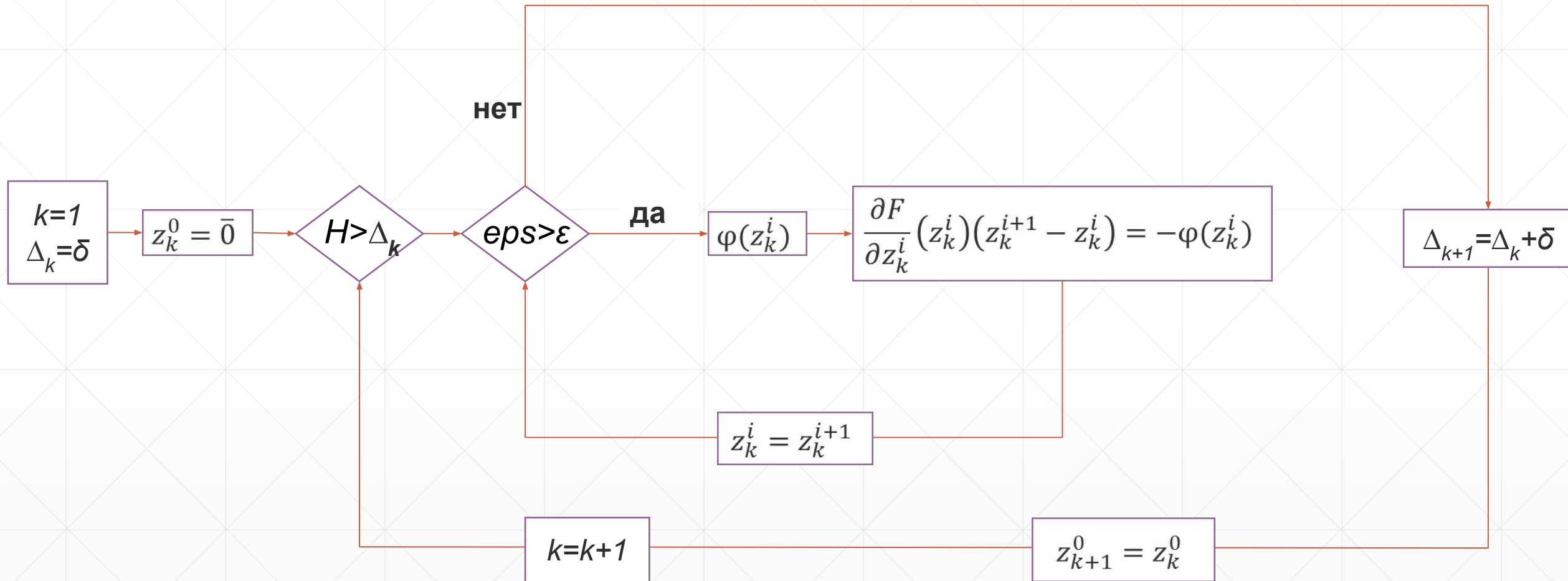
Задача решается
методом Стрельбы в
сочетании с методом
продолжения по
параметру

Здесь:

V – переменные $v, u, \theta, M, T_x, T_z$

W – переменные $\lambda, \kappa, T_s, T_n$

Блок-схема



Используемая литература

1. Черных К.Ф. Нелинейная теория изотропно-упругих тонких оболочек. Изв. АН СССР. Мех. Тверд. Тела. 1980. №2 С148-159.
2. Колпак Е.П. О краевом эффекте в нелинейной теории тонких оболочек. Механика эластомеров, №4, 1981. Краснодар, из-во КПИ. Стр. 87-95.
3. С.А. Кабриц, Е.И. Михайловский, П.Е. Товстик, К.Ф. Черных, В.А. Шамин. Общая нелинейная теория упругих оболочек. 2002. 376 с.
4. Черных К.Ф. Нелинейная теория упругости (в машиностроительных расчетах). 1986. 336 с.
5. Пановко Я.Г., Губанова И.И. Устойчивость и колебания упругих систем. С.74.
6. Бахвалов Н.С. Численные методы (анализ, алгебра, обыкновенные дифференциальные уравнения). 1973. 631 с.

Статьи:

1. А.Е. Белкин, В.В. Семенов, В.К. Семенов. Численный анализ больших плоский деформаций арочного амортизатора. Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2011
2. А.Е. Белкин, Д.С. Хоминич. Расчет больших деформаций арочного амортизатора с учетом объемной сжимаемости резины.