

# Потеря устойчивости мостичного амортизатора из эластомера

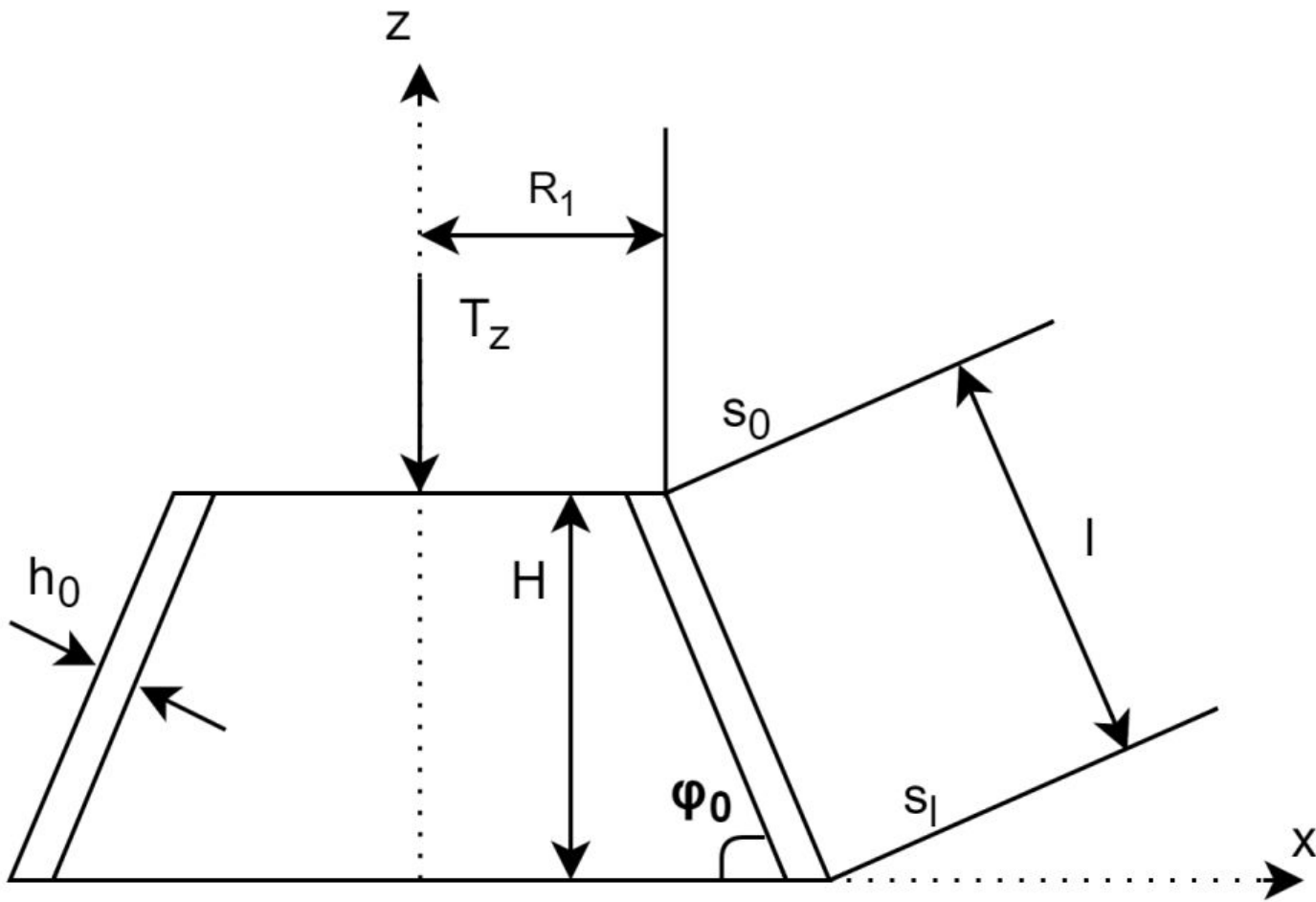
---

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

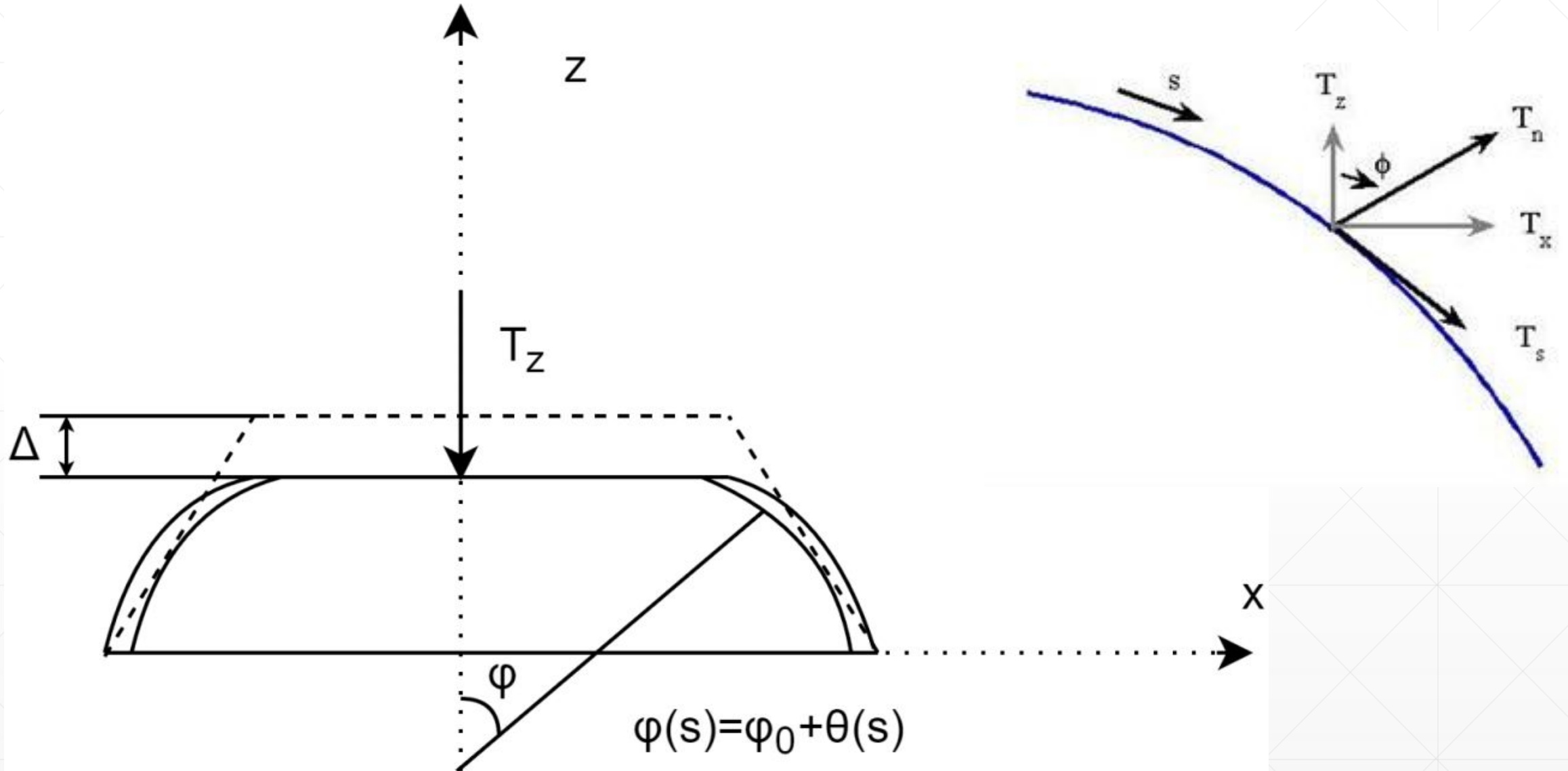
$h_0$  – толщина резиновой пластины

$\varphi_0$  – 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  $z$

$\theta$  – 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

$\lambda$  – кратность удлинения срединной поверхности арки-полоски по  $s$

$\kappa$  – изменение кривизны

$\varphi$  – угол между нормалью и осью  $z$  после деформации

$\varphi_0$  – угол между нормалью и осью  $z$  до деформации

$\mu$  – 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

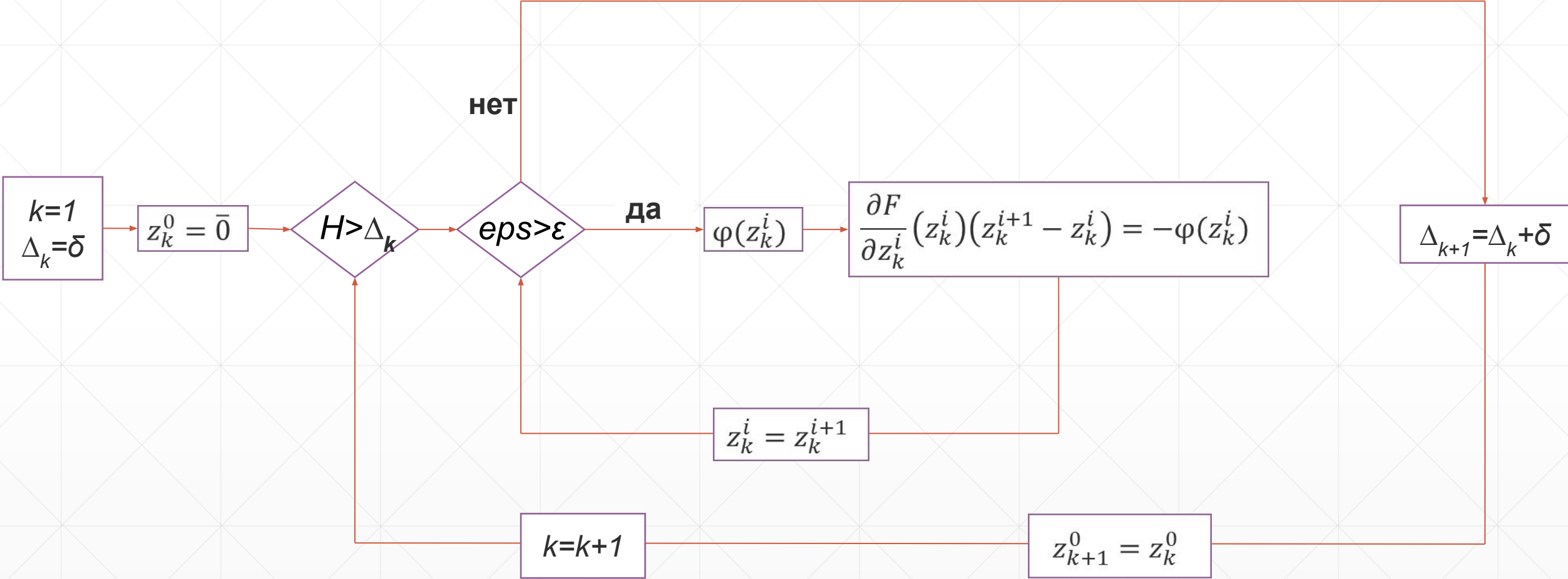
---

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.