

# Раздел 3. Пьезопреобразователи.

## Методы расчета

- метод решения волнового уравнения (граничных интегральных уравнений)
- метод эквивалентных схем

Механическая величина	Электрическая величина-аналог	
	система прямых аналогий	система обратных аналогий
Сила	Напряжение	Ток
Скорость	Ток	Напряжение
Масса	Индуктивность	Емкость
Гибкость	Емкость	Индуктивность
Механическое сопротивление	Электрическое сопротивление	Электрическая проводимость

- методы конечных элементов, конечных разностей и др. (численные методы - основаны на двух предыдущих)
  - методы оценки переходных процессов (например, метод Д'Аламбера)



# Раздел 3. Пьезопреобразователи.

## Пьезоэффект

### Уравнение обратного пьезоэффекта

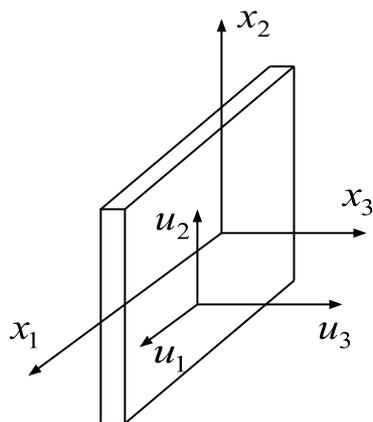
Вектор электрической индукции  $\vec{D}$  в пьезоэлектрической среде в общем случае описывается системой уравнений

$$D_j = \varepsilon_{ik}^u E_p + e_{jk} u_k$$

где  $\varepsilon_{jk}^u = \varepsilon_0 (\varepsilon_{jk}^u)'$  – компоненты тензора диэлектрической проницаемости среды при постоянной деформации;  $\varepsilon_0$  – электрическая постоянная;  $\varepsilon_0 (\varepsilon_{jk}^u)'$  – относительные значения компонентов.

Тензор диэлектрических проницаемостей:

$$\varepsilon_{jp}^u = \begin{vmatrix} \varepsilon_{11}^u & 0 & 0 \\ 0 & \varepsilon_{22}^u & 0 \\ 0 & 0 & \varepsilon_{33}^u \end{vmatrix}$$



При возбуждении пьезопластины на частоте собственных колебаний по толщине вдоль оси  $x_2$ , а также если радиус пьезопластины много больше толщины, паразитные деформации и малы, поэтому  $u_1$ ,  $u_2$  колебания можно считать одномерными (вдоль оси  $x_3$ )

$$\begin{cases} \sigma_3 = c_{33}^E u_3 - e_{33} E_3 \\ D_3 = \varepsilon_{33}^u E_3 + e_{33} u_3 \end{cases}$$