

ПРИМЕНЕНИЕ ПРИНЦИПА ВЛОЖЕННОСТИ МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ К ОБЕСПЕЧЕНИЮ СОХРАНЯЕМОСТИ ИЗДЕЛИЙ ВОЕННОЙ ТЕХНИКИ

А.В. Ковтун

(представил д.т.н., проф. Э.Е. Прохач)

В статье сформулирован принцип вложенности механических систем, позволяющий обеспечить сохраняемость изделий военной техники при динамических воздействиях.

В процессе эксплуатации изделий, их конструкция испытывает воздействие различных силовых факторов. Параметры этих воздействий определяются характером технологических операций, которые предусмотрены программой эксплуатации изделия. При этом конструкции изделий претерпевают деформации. Между ними происходит обмен энергией, которая может привести как к разрушению отдельных элементов, так и к выходу из строя изделия в целом. Обеспечение механической сохраняемости изделий военной техники требует определения особенностей механических систем, предназначенных для аккумуляции энергии.

С точки зрения классической механики, материальная точка обладает потенциальной энергией, если она находится в поле действия консервативных сил [1]. Основным свойством консервативных сил является их зависимость от взаимного расположения взаимодействующих точек.

По взаимному расположению материальных точек механические системы можно разделить на вложенные и невложенные. Вложенными будем называть механические системы, одни элементы которых расположены между другими.

Анализ свойств механических систем, предназначенных для аккумуляции энергии, позволяет сформулировать следующее утверждение: аккумуляция потенциальной энергии взаимодействия частей системы обеспечивают только вложенные механические системы.

Для того чтобы механическая система могла аккумулировать энергию необходимо и достаточно выполнение следующих условий.

Необходимое условие. Среди прямых, соединяющих два элемента механической системы, которая состоит из n элементов, необходимо существование хотя бы одной прямой, проходящей через k элементов (где $k = \overline{1, n-2}$).

Достаточное условие. Силовые линии поля должны быть ортогональны к поверхностям уровня потенциала.

Согласно данным, приведенным в [2], направление силовой линии в данной точке пространства характеризуется направлением силы, то есть косинусами углов:

$$\cos(\hat{F}, x) = \frac{F_x}{F} = -\frac{\frac{\partial \Pi}{\partial x}}{\sqrt{\left(\frac{\partial \Pi}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial \Pi}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial \Pi}{\partial z}\right)^2}} ;$$

$$\cos(F, y) = \frac{F_y}{F} ; \quad \cos(F, z) = \frac{F_z}{F} .$$

Эти же косинусы характеризуют направление нормали к поверхности уровня потенциала в той же точке, заданной уравнением

$$\Pi(X, Y, Z) = C,$$

где $\Pi(X, Y, Z)$ – потенциал; C - параметр.

Таким образом, если аккумулирование энергии обеспечивают вложенные механические системы, можно предположить, что и для обеспечения сохранности изделий военной техники, необходимо использовать вложенные механические системы.

Принцип вложенности механических систем может быть сформулирован следующим образом: *требуемое распределение общей энергии, подведенной к механической системе до допустимой для отдельных элементов системы, может быть достигнуто путем размещения одних элементов механической системы между другими*, т.е.

$$E_{\Sigma} = E_{\text{доп}} + \sum_{i=1}^n E_i,$$

где $E_{\text{доп}}$ - допустимая энергия, которая может быть воспринята защищаемым изделием;

E_i - виды энергии взаимодействия элементов механической системы;

E_{Σ} - суммарная энергия, подведенная к механической системе.

Содержание принципа вложенности механических систем может быть раскрыто следующими положениями.

1. **Геометрическая схема.** Элементы вложенной механической системы могут быть разделены между собой или соприкасаться частично или сплошь.

2. **Физическая схема.** Материалы элементов вложенных механических систем могут быть различной плотности и физического состояния.

3. *Механическая схема.* Элементы вложенных механических систем могут быть в состоянии относительного покоя или движения, независимо от того, находится ли вся система в состоянии покоя или движения.

4. *Схема состояния материала.* Материал элементов вложенных механических систем может сочетать любое состояние, сохраняющее или меняющее внешнюю форму в соответствии с заданными условиями.

5. *Схема нагружения.* Элементы вложенной механической системы могут быть представлены подвергающимися различным силовым воздействиям и различным деформациям.

Во вложенной механической системе, в которой действуют консервативные силы, работа консервативных сил равна убыли потенциальной энергии материальной точки при ее перемещении из положения 1 в положение 2 [1]

$$A_{12} = U_1 - U_2.$$

Убыль потенциальной энергии идет на приращение кинетической энергии материальной точки.

Полная энергия во вложенной механической системе, в которой действуют и неконсервативные силы, не сохраняется. Приращение энергии dE за время dt равно работе неконсервативных сил dA за это же время:

$$dE = dA = \int_1^2 \mathbf{F} d\mathbf{r},$$

где \mathbf{F} - равнодействующая неконсервативных сил;

$d\mathbf{r}$ - элементарное перемещение.

Таким образом, применение вложенных механических систем позволяет обеспечить механическую сохраняемость изделий военной техники, путем снижения подведенной полной энергии до допустимой для сохраняемого изделия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузьмичев В.Е. Законы и формулы физики. – К.: Наукова думка, 1989. – 862 с.

2. Лойцянский Л.Г., Лурье А.И. Курс теоретической механики. – М.: ОГИЗ Гостехиздат, 1948. – 580 с.