РАЗДЕЛ VI. МОДЕЛИРОВАНИЕ

Кузин С.И., Никольский В.В.

**Моделирование динамики клинового механизма методом систем
неудерживающих связей**ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»
(Россия, Тула)

doi: 10.18411/lj-04-2020-11

idsp: ljourn-04-2020-11

Как известно в механизмах циклической автоматики (МЦА) [1] присутствуют как стационарные удерживающие, так и неудерживающие связи.

Удерживающие связи дают возможность звеньям механизмов циклической автоматики опираться друг на друга различными поверхностями в зависимости от нагрузки и состояния системы. Различные варианты опирания тел механической системы могут давать в итоге существенно отличающиеся значения обобщенных сил трения. Количество вариантов расчетных схем может быть очень велико, что для достаточно сложной механической системы приводит практически к невозможности априорного определения реализующейся при данной нагрузке расчетной схемы. Между тем, традиционные формы записи уравнений динамики механических систем с сухим трением [8] либо вовсе не учитывают такую возможность, либо позволяют учитывать лишь несколько вариантов опирания, требуя при этом введения в математическое описание некоторых дополнительных соотношений.

Указанные особенности привели к необходимости обоснования и разработки машиноориентированных способов математического описания механических систем с сухим трением, учитывающих все возможные расчетные схемы и позволяющих на основе некоторых критериев определять реализующееся в данный момент при данных условиях движение механической системы.

Наличие неудерживающих связей приводит к возможности изменения числа степеней свободы механической системы в процессе ее движения. По сравнению с механическими системами, стесненными только удерживающими связями, эта особенность значительно усложняет составление математического описания и анализ динамики. Для упрощения процесса математического моделирования было разработано математическое описание динамики механических систем, исключающее необходимость отдельного рассмотрения движения системы при нахождении ее точек на связях и отдельного – при оставлении ими связей, как это предлагается. Моменты времени, соответствующие ослаблению или напряжению связи, определяются автоматически в процессе счета на ПЭВМ. При этом изменение количества степеней свободы механической системы не вызывают изменения количества и структуры дифференциальных уравнений предлагаемого математического описания.

Математическое описание динамики МЦА n степенями свободы $\bar{q}$ общего вида, полученное на основе использования метода систем неудерживающих связей [1, 2], записывается следующим образом:

$$\ddot{\bar{q}} = G^{-1}(J + \Phi)^T \bar{\lambda} + G^{-1}\bar{Q}, \quad (1)$$

$$\frac{1}{2} \bar{\lambda}^T C \bar{\lambda} + \bar{P}_\gamma^T C^{P\lambda} \bar{\lambda} \rightarrow \min_{\bar{\lambda}}, \quad (2)$$

$$J^T = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ -\sin \alpha & \cos \alpha & \sin \alpha & -\cos \alpha \end{pmatrix},$$

$$G^{-1} = \begin{pmatrix} \frac{1}{m_1} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{m_1} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{m_2} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{1}{m_2} \end{pmatrix},$$

$$\Phi^T = \begin{pmatrix} -f_1 & 0 & 0 & 0 \\ -f_2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & f_3 \\ 0 & 0 & 0 & f_4 \\ -f_5 \cos \alpha & -f_5 \sin \alpha & f_5 \cos \alpha & f_5 \sin \alpha \end{pmatrix},$$

$$C = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}.$$

Расчет производился с помощью программы `fmincon`, реализующей метод нелинейного программирования (пакет MATLAB), при следующих исходных данных:

$$V_{1X0}=5.0 \text{ м/с}; V_{2Y0}=0.0 \text{ м/с};$$

$$m_1=m_2=1 \text{ кг};$$

$$X_{10}=-0.05 \text{ м}; Y_{20}=0.0 \text{ м};$$

$$P_1=10 \text{ Н}; P_2=m_2g+C_2 \cdot (Y_0-Y_i);$$

$$C_2=200 \text{ Н/м};$$

$$f_1=f_2=f_3=f_4=f_5=0,1.$$

Угол наклона выступа тела 1 относительно оси OX равен 45° , а его протяженность вдоль оси OX – 0,1 м.

Соударение между телами 1, 2 будем считать абсолютно неупругим.

Рис. 2 – Зависимость значений реакций от перемещения звена 1

Рис. 3 – Зависимость значений ускорений от перемещения звена 1

Результаты расчета представлены на графиках (рис. 2, 3). Рассмотренный пример подтверждает эффективность математического описания (1) – (6), при моделировании механических систем, подчиненных одновременно неидеальным удерживающим системам неудерживающих связей и неудерживающим связям.

1. Никольский В. В. Математическое моделирование динамики механизмов и механических подсистем циклической автоматики. Тула: ТулГУ, 2008. 260 с.
2. Никольский В. В., Смирнов Ю. П. О некоторых общих формах уравнений движения систем с трением // Известия ТулГУ. Естественные науки. 2014. Вып. 3. С. 103–115.
3. Ануфриев И. Е., Смирнов А. Б., Смирнова Е. Н. MATLAB 7. СПб.: БХВ-Петербург. 1104с.
4. Кюнц Г. П., Крелле В. Нелинейное программирование. М.: Советское радио, 1965. 304 с.
5. Пэнлеве П. Лекции о трении. М.: Гос. тех.-теор. изд-во, 1954. 316 с.
6. Аппель П. Теоретическая механика. М.: Физматгиз, 1960. т.2. 487 с.
7. Пановко Я. Г. Введение в теорию механического удара. М.: Наука, 1977. 224 с.
8. Пугачев В. С. Основы динамики автоматического оружия // Тр. Военно-воздушной академии им. Жуковского. – М.: 1946. – Вып. 156 – 110 с.

Лысова А.А., Антипин Д.С.

Влияния геометрических параметров излучающей поверхности ультразвукового пьезоэлектрического преобразователя на фокусировку ультразвука

Южно-Уральский государственный университет (национальный
исследовательский университет)
(Россия, Челябинск)

doi: 10.18411/lj-04-2020-12

idsp: ljjournal-04-2020-12

Аннотация

Проводится анализ влияния геометрических параметров излучающей поверхности ультразвукового пьезоэлектрического преобразователя на фокусировку ультразвука. В качестве параметров исследуется диаметр и радиус кривизны излучающей поверхности и ее толщина. На конкретном примере показан выбор оптимальных геометрических характеристик исходя из анализа. Вводится параметр фокусировки, приближенное значение которого является сутью анализа.

Ключевые слова: ультразвук, пьезоэлектрический преобразователь, форма поверхности, моделирование.