

Исследование динамики гексапода с помощью уравнений в избыточных координатах

Петрова В.И.

vikkka97@mail.ru

Санкт-Петербургский государственный университет,
199034, Российская Федерация, Санкт-Петербург, Университетская наб., 7–9

Ключевые слова: гексапод, платформа Стюарта, уравнения в избыточных координатах, специальная форма уравнений движения, теория управления, обратная связь.

Гексаподы (платформы Стюарта) получили широкое распространение и применение в машиностроении, транспорте, медицине и т. д. Отметим, что изучение их движения до сих пор привлекает внимание исследователей. Сложность решения этой задачи механики можно, прежде всего, объяснить тем, что, во-первых, конструкция гексапода изначально создает неустойчивость этой системы, и, во-вторых, задача оказывается нелинейной.

Обычно для составления дифференциальных уравнений движения платформы Стюарта применяются либо основные теоремы динамики (см., например, [1, 2]), либо уравнения Лагранжа (см., например, [3]). В работах [4, 5] для этой же цели используется специальная форма дифференциальных уравнений движения (система дифференциальных уравнений в избыточных координатах), предложенная в статье [6].

Согласно этой теории нагруженная платформа Стюарта рассматривается как твёрдое тело, положение которого задается «векторными координатами» радиус-вектором центра масс ρ и ортами $\mathbf{i}, \mathbf{j}, \mathbf{k}$ связанной системы координат. Шесть уравнений ортонормированности этих ортов рассматриваются как некоторые абстрактные голономные связи, наложенные на движение твёрдого тела. В результате удается записать векторную форму четырёх уравнений Лагранжа второго рода с множителями. Этим векторным уравнениям соответствует двенадцать скалярных уравнений относительно скалярных неизвестных в виде

трёх координат центра масс и девяти направляющих косинусов ортов связанной системы.

Проводится численное интегрирование полученной системы дифференциальных уравнений для стандартных движений гексапода — вертикальных колебаний и колебаний в горизонтальной плоскости.

Устойчивое движение рассматриваемой механической системы удаётся получить лишь при введении обратных связей, при этом оказывается, что при достаточно большом коэффициенте обратных связей можно не вводить управления, обеспечивающего устойчивость рассматриваемого движения.

Литература

- [1] Leonov G. A., Zegzhda S. A., Kuznetsov N. V., Tovstik P. E., Tovstik T. P., Yushkov M. P. Motion of a Solid Driven by Six Rods of Variable Length // ISSN 1028-3358. Doklady Physics. 2014. Vol. 59. No. 3. P. 153–157.
- [2] Leonov G. A., Zegzhda S. A., Zuev S. M., Ershov B. A., Kazunin D. V., Kostygova D. M., Kuznetsov N. V., Tovstik P. E., Tovstik T. P., Yushkov M. P. Dynamics and Control of the Stewart Platform // ISSN 1028-3358. Doklady Physics. 2014. Vol. 59. No. 9. P. 405–410.
- [3] Зуев С. М. Стабилизация положения равновесия платформы Стюарта с тремя степенями свободы // Вестн. С.-Петерб. ун-та. 2013. Серия 1. Вып. № 4. С. 84–92.
- [4] Зегжда С. А., Юшков М. П. Применение новой формы уравнений динамики для управления движением платформы робототехнического стенда с помощью стержней переменной длины // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Серия 1. 1996. Вып. 3. № 15. С. 112–114.
- [5] Zegzhda S. A., Petrova V. I., Yushkov M. P. Application of a Special Form of differential equations to Study Movements of a Loaded Stewart Platform // ISSN 1063-4541. Vestnik St. Petersburg University. Mathematics. 2020. Vol. 53. No. 1. P. 82–90.
- [6] Поляхов Н. Н., Зегжда С. А., Юшков М. П. Специальная форма уравнений динамики системы твердых тел // Доклады АН СССР. 1989. Т. 309. № 4. С. 805–807.