

УДК 004.942, 621.865.8

КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНАЯ МОДЕЛЬ МАНИПУЛЯТОРА ДЛЯ РЕШАТЕЛЯ CALCULIX

Насибуллаев И.Ш.¹, Даринцев О.В.^{1,2}

¹ Институт механики им. Р.Р. Мавлютова УФИЦ РАН, г. Уфа, Россия, sp.ishn@gmail.com

² УГАТУ, г. Уфа, Россия, ovd@uimech.org

Ключевые слова: манипулятор, метод конечных элементов, механика контактного взаимодействия, Salome-Meca, CalculiX.

Манипуляционные роботы являются основным инструментом для автоматизации технологических процессов во многих отраслях промышленности. Помимо классических схем манипуляторов активно разрабатываются нетрадиционные типы (гибкие, непрерывные) [1]. В докладе приведена методика компьютерного моделирования манипулятора, предложенного в работе [2]. Рассматривается базовая модель, состоящая из двух элементов со сферической рабочей поверхностью, – неподвижно зафиксированный базовый элемент и находящийся в точечном контакте с ним подвижный элемент (рис. 1). Все элементы содержат четыре симметричных относительно центра сквозных отверстия, через которые проходят тросы, закрепленные на нижней поверхности подвижного элемента. При натяжении с последующим перемещением троса или тросов нижний элемент поворачивается в определенном направлении. С помощью комбинации натяжений в тросах можно получить желаемые угол, направление и скорость поворота нижнего элемента. При разработке модели устройства необходимо учитывать следующие факторы: материал и геометрия элементов и тросов, направление силы тяжести, контакт между частями конструкции, собственные колебания конструкции. Для оценки влияния этих параметров (факторов) на работу манипулятора и уменьшения количества натурных экспериментов необходимо разработать математическую модель и провести компьютерное моделирование.

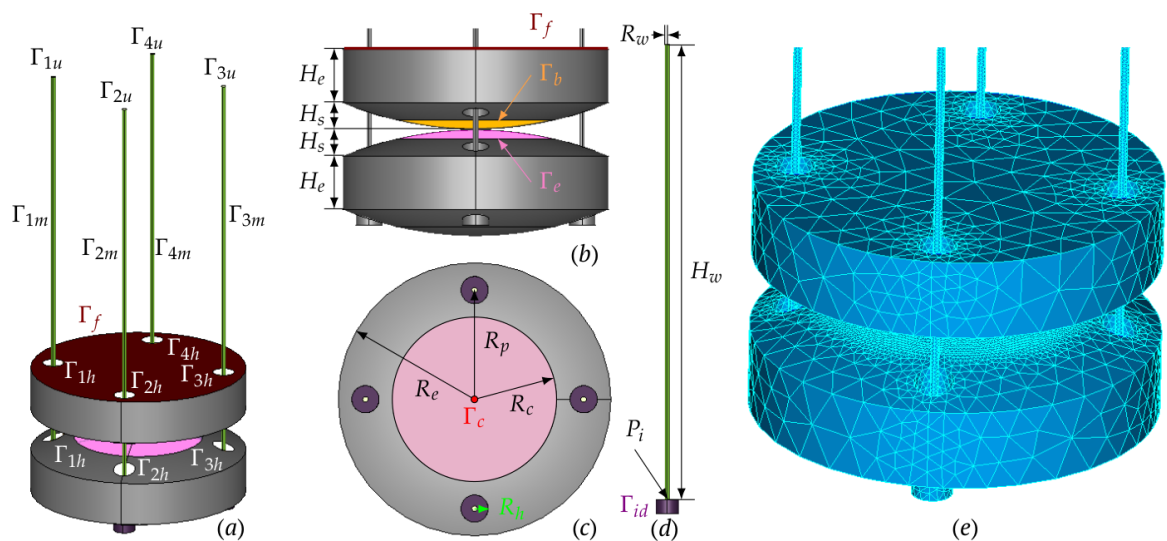


Рис. 1. Геометрия модели и расчетная сетка

Компьютерная модель манипулятора строилась в Salome-Meca (рис. 1), а расчет напряженно-деформированного состояния с учетом контактов между элементами и тросами производился в CalculiX. Модель состоит из 6-и компонентов (2 алюминиевых элемента и 4 стальных троса), 9-и пар контактных поверхностей (4 контакта между тросом и внутренней поверхностью отверстий на каждом элементе и контакт между нижней поверхностью базового элемента и верхней поверхностью подвижного элемента), 1-й фиксированной поверхности (верхняя поверхность базового элемента). Для проверки адекватности модели проведена серия вычислительных экспериментов, в которой задавались различные комбинации воздействий на один, два, три или четыре троса. Получены траектории перемещения подвижного элемента, зависимость предельного угла качения от величины натяжения тросов [3], а также зависимость напряжений в тросах от величины их перемещений.

Предложенная модель позволяет оценить напряженно-деформированное состояние рассматриваемого типа манипулятора в зависимости от геометрии составных частей манипулятора, материалов элементов и тросов, внешних воздействий и ориентации элементов (учет влияния гравитации). Синтезированная модель может быть использована для построения модели многоэлементного манипулятора.

Список литературы

1. Webster, R.J. Design and Kinematic Modeling of Constant Curvature Continuum Robots: A Review / R.J. Webster, B.A. Jones // The International Journal of Robotics Research. – 2010. – Vol. 29. – No. 13. – P. 1661-1683.
2. Bogdanov, D.R. Kinematics of a Manipulator with a Controlled Bending on the Basis of Solid Elements with a Spherical Surface / D.R. Bogdanov, O.V. Darintsev // Mekhatronika, Avtomatizatsiya, Upravlenie. – 2015. – Vol. 16 – No. 10. – P. 671-678. (In Russ.)
3. Bogdanov, D.R. Continuum Manipulator Motion Model Taking into Account Specifics of its Design. Smart Innovation / D.R. Bogdanov // Systems and Technologies. – 2021. – Vol. 187. – P. 305-316.

Сведения об авторах

Насибуллаев Ильдар Шамилевич, к.ф.-м.н., старший научный сотрудник. Область научных интересов: термогидродинамика, компьютерное моделирование технических систем.

Даринцев Олег Владимирович, д.т.н., профессор, главный научный сотрудник. Область научных интересов: робототехника, мехатроника, системы управления, искусственные нейронные сети.

FINITE ELEMENT MODEL OF MANIPULATOR FOR CALCULIX SOLVER

Nasibullayev I.Sh.¹, Darintsev O.V.^{1,2}

¹Mavlyutov Institute of Mechanics, UFRC RAS, Ufa, Russia, sp.ishn@gmail.com

²Ufa State Aviation Technical University, Ufa, Russia, ovd@uimech.org

Keywords: manipulator, finite element method, contact mechanics, Salome-Meca, CalculiX.

The paper presents a technique for modeling the continuum manipulator. The basic model is considered, which consists of two elements with a spherical working surface – a fixed base element and a movable element with point contact between. The elements contain four symmetrical relative to the center holes through which the cables pass. Cables are fixed on the lower surface of the movable element. With a combination of tensions in the cables, the desired angle and speed of rolling of the lower element can be obtained. When developing a device, the following factors must be considered: the material and geometry of the elements and cables, the direction of gravity, contact pairs, natural oscillations of the structure. To estimate the influence of these factors on the operation of the manipulator and reduce the number of full-scale experiments, it is necessary to perform computer simulation. The computer model of the manipulator was built in Salome-Meca, and the calculation of the stress-strain state, considering contacts between elements and cables, was carried out in CalculiX finite element solver. The proposed model makes it possible to simulate the stress-strain state of the considered type of manipulator depending on the geometry of the manipulator components, the materials of the elements and cables, external influences and the orientation of the elements. The presented model can be used to build a multi-element manipulator model.