

*Багдасарян Арташес Назаричмагистрант, 2-й курс, кафедра
биомеханических инженерии, ННУА, Ереван, Армения*

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРЕЦИЗИОННЫХ МОДУЛЕЙ МИКРОМАНИПУЛЯТОРОВ С УПРУГИМИ ШАРНИРАМИ

Аннотация: представлены модули микроманипуляторов параллельной структуры с упругими шарнирами и пьезоэлектрическими исполнительными механизмами, обеспечивающие координатные перемещения и пространственное трансляционное движение выходного звена. Проведено численное моделирование трех вариантов модулей микроманипуляторов, определены диапазоны перемещений, которые составили соответственно: 21.01 мм, 37.024 мм и 88,59 мм и проведен сравнительный анализ их точностных характеристик. При отработке каждой координаты возникают нежелательные паразитные смещения по двум другим координатам, которые меньше базовой координаты более чем на порядок. Паразитные смещения для трех предложенных вариантов модулей микроманипуляторов составили 5%, 2,4% и 1,9% соответственно.

Ключевые слова: прецизионный модуль микроманипулятора, координатное перемещение, упругое соединение, пьезоэлектрический привод.

Abstract: Modules of micromanipulators of parallel structure with elastic joints and piezoelectric actuators are presented, providing coordinate movements and spatial translator motion of the output link. Numerical modeling of three variants of modules of micromanipulators was carried out, displacement ranges were determined, which were respectively: 21.01 mm, 37.024 mm and 88.59 mm and a comparative analysis of their accuracy characteristics was carried out. When working out each coordinate, there are undesirable parasitic displacements along two other

coordinates, which are less than the basic coordinate by more than an order of magnitude. Parasitic displacements for the three proposed variants of modules of micromanipulators were 5%, 2.4% and 1.9%, respectively.

Keywords: precision module of micromanipulator, coordinate displacement, elastic joint, piezoelectric actuator.

Объектом исследования являются модули параллельных микроманипуляторов прецизионных перемещений, выполненных на базе упругих шарниров и пьезоэлектрических актуаторов. Устройства такого типа имеют широкий спектр отраслей использования, таких как точные оптико-механические системы, исследование биологических микроструктур, выполнение микрохирургических операций.

Модуль микроманипулятора координатных перемещений. Модуль микроманипулятора прецизионных координатных перемещений (рис.1) содержит стойку с установленными на ней тремя пьезоэлектрическими актуаторами, выходное звено и три взаимно-перпендикулярных звена, представляющих собой в классическом структурном смысле кинематические цепи из трех звеньев: двух концевых и одного промежуточного, соединенных между собой двухподвижными универсальными упругими шарнирами [1]. Одним концевым звеном каждая цепь соединена с одним из пьезоэлектрических актуаторов, а другим – с выходным звеном микроманипулятора.

При активации каждый актуатор обеспечивает координатное перемещение выходного звена в направлении своей продольной оси. Актуаторы представляют собой многослойные столбики, собранные из пьезокерамических пластин.

Данные, а также результаты компьютерного моделирования для модуля микроманипулятора координатных перемещений (см. рис.1) и его деформации при отработке координаты представлены ниже: межосевое расстояние между шарнирами – 30 мм, масса концевых звеньев – $0,73 \cdot 10^{-3}$ кг, масса

промежуточного звена – $4,2 \cdot 10^{-3}$ кг, момент инерции промежуточного звена – $3,78 \cdot 10^{-7}$ кг.м², моменты инерции концевых звеньев – $1,82 \cdot 10^{-9}$ кг.м²: для каждой кинематической подцепи, масса выходного звена - $4 \cdot 10^{-3}$ кг, момент инерции выходного звена – $3,5 \cdot 10^{-7}$ кг.м².

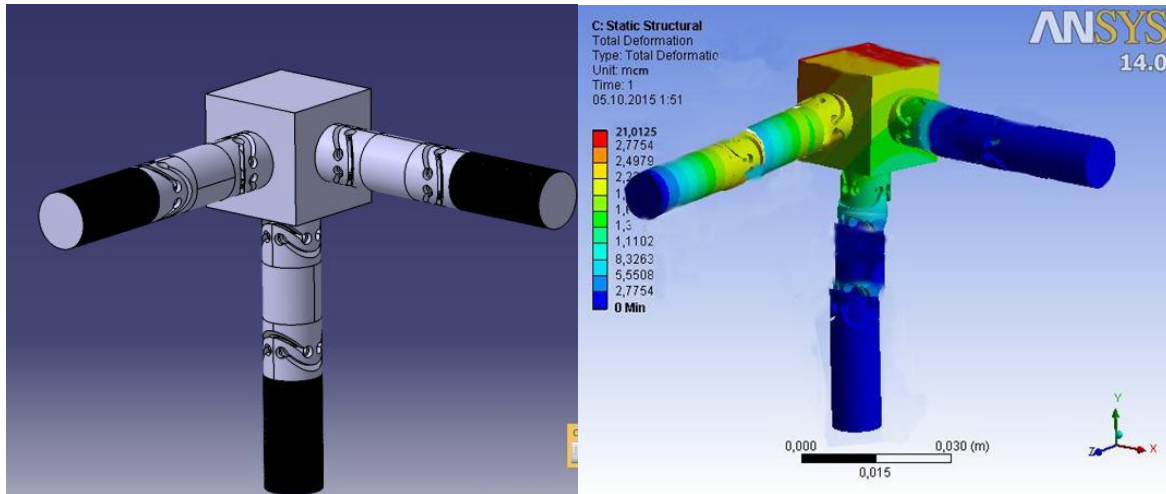


Рис. 1. Модуль микроманипулятора координатных перемещений и его деформации при отработке координаты

Моделирование реализовано в компьютерной среде ANSYS. Получено перемещение выходного звена по одной координате, которое для модуля микроманипулятора координатных перемещений, изображенного на рис. 2 составляет 21,01 мкм, а отклонение от координатного перемещения – 5% [2].

Модуль микроманипулятора прецизионных координатных перемещений с множительными рычагами.

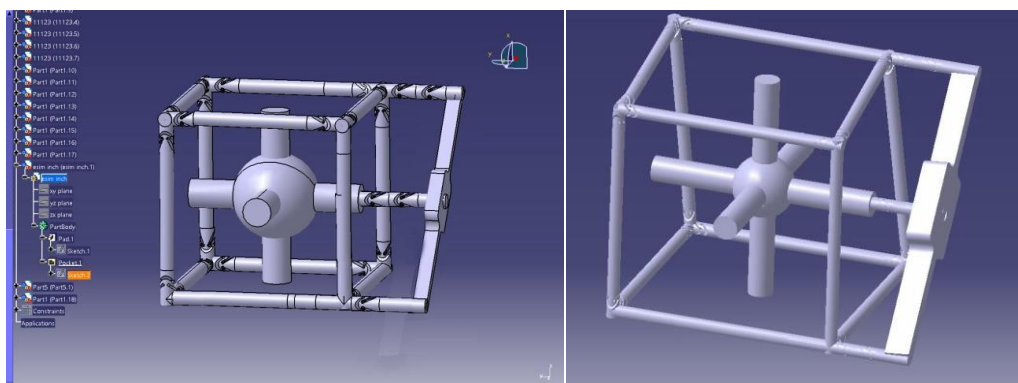


Рис. 2. Модуль микроманипулятора координатных перемещений с множительными рычагами и его деформации при отработке координаты

Модуль микроманипулятора прецизионных координатных перемещений с множительными рычагами (рис.2), аналогичный модулю микроманипулятора координатных перемещений по рис.1, отличается тем, что он содержит также множительные рычаги, увеличивающие диапазон перемещений выходного звена прототипа, который в рассматриваемом решении составил 37,024 мкм, а отклонение от координатного перемещения – 2,4%. Данные компьютерного моделирования для модуля микроманипулятора и его деформации при отработке координаты представлены ниже: межосевое расстояние между шарнирами – 80 мм, масса промежуточного звена – $1.12 \cdot 10^{-2}$ кг, момент инерции промежуточного звена – $2,69 \cdot 10^{-6}$ кг.м², масса концевых звеньев – $2.3 \cdot 10^{-3}$ кг, моменты инерции концевых звеньев - $2.1 \cdot 10^{-9}$ кг.м²: для каждой кинематической подцепи, масса выходного звена – $2.7 \cdot 10^{-3}$ кг, момент инерции выходного звена – $3.8 \cdot 10^{-7}$ кг.м² [3].

Реконфигурируемый модуль микроманипулятора поступательных перемещений с гибкими пьезоактуаторами. Реконфигурируемый модуль микроманипулятора (рис.3) имеет три степени подвижности и состоит из неподвижного звена и выходной платформы, трех кинематических цепей, соединенных с этими звеньями. Каждая цепь имеет по три упругих одноподвижных шарнира с взаимно-параллельными осями вращения и соединена одним концом посредством упругого шарнира и пьезоактуатора к неподвижному звену, а другим концом через гибкий пьезоактуатор, служащий линейной направляющей, к выходному звену. При этом каждая гибкая направляющая параллельна осям вращения упругих шарниров своей кинематической цепи, а последние перпендикулярны осям вращения шарниров двух соседних цепей [4].

Данные, а также результаты компьютерного моделирования для модуля микроманипулятора и его деформации при отработке координаты представлены ниже: межосевое расстояние между шарнирами – 10 мм, масса концевых звеньев – $2,6 \cdot 10^{-3}$ кг, моменты инерции концевых звеньев – $1,9 \cdot 10^{-9}$ кг.м², массы промежуточных звеньев – $4,2 \cdot 10^{-3}$ кг, моменты инерции

промежуточного звена – $3,78 \cdot 10^{-7}$ кг.м²: для каждой кинематической подцепи, масса выходного звена – $3,8 \cdot 10^{-3}$ кг, момент инерции выходного звена – $4,9 \cdot 10^{-7}$ кг.м². Благодаря введению гибких пьезоэлектрических управляемых направляющих существенно повышается диапазон перемещений выходного звена, который составляет 88,59 мкм, а отклонение его от координатного перемещения – 1,9 %.

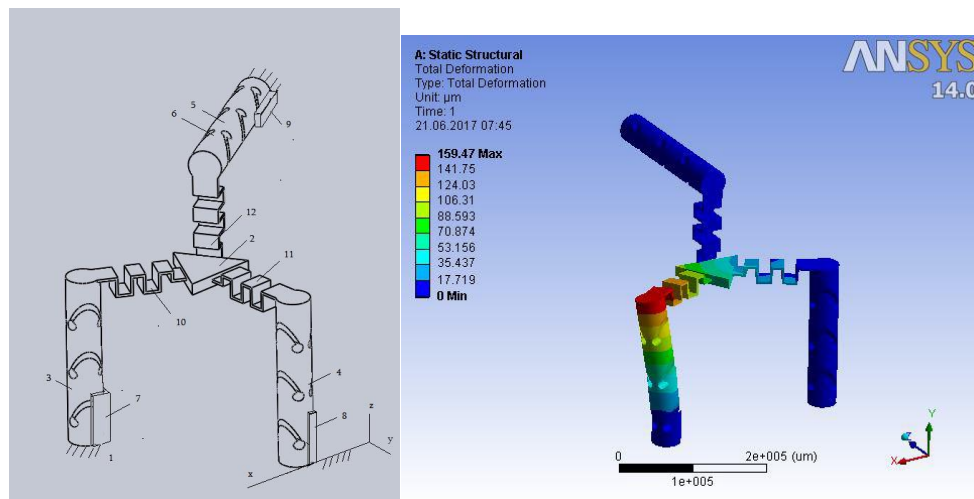


Рис. 3. Реконфигурируемый модуль микроманипулятора поступательных перемещений и его деформации при отработке координаты

Заключение. Представлены модули микроманипуляторов параллельной структуры с упругими шарнирами и пьезоэлектрическими актуаторами, обеспечивающие координатные перемещения и поступательное пространственное движение выходного звена. Выполнено численное моделирование трех вариантов модулей микроманипуляторов, определены диапазоны перемещений выходного звена, которые в порядке изложения составили соответственно: 21,01 мкм, 37,024 мкм и 88,59 мкм и проведен сравнительный анализ их точностных характеристик. При отработке каждой координаты имеют место нежелательные паразитные смещения по двум другим координатам, которые меньше основной более чем на порядок. Отклонения от координатного перемещения выходного звена для трех предложенных вариантов модулей микроманипуляторов составили соответственно: 5%, 2,4% и

1,9 %. Для достижения более высокой точности позиционирования необходима их компенсация, путем управления актуаторами [5].

Представленные модули микроманипуляторов наделены расширенными функциональными возможностями и улучшенными техническими характеристиками с точки зрения их переналаживаемости и увеличения зоны обслуживания и могут служить базой для разработки новых модулей прецизионных манипуляторов и манипуляционных систем.

Работа выполнена в рамках проекта 15Т-2D044, финансируемого Государственным комитетом по науке при Министерстве образования и науки Республики Армения.

Библиографический список:

1. Арутюнян М. Г., Кочикян А. В., Погосян М. З. Исследование плоского механизма координатных перемещений с упругими шарнирами Вибротехника, Вильнюс. Мокслас – 1987, № 58 (1), С. 127-136.

2. Кочикян А. В., Арутюнян М. Г., Парикян Т. Ф., Акопян А. Л. и Рагульскис К. М. Механизм координатных перемещений. Авторское свидетельство СССР № 1401994, кл. F 16 Н 21/46, 1987.

3. Мкртчян М. Г., Степанян К. Г., Арутюнян М. Г., Саркисян Ю. Л. К динамическому моделированию параллельного микроманипулятора с упругими шарнирами. Сб. трудов XX Межд. научно-техн. конф. “Машиностр. и техносфера XXI века”. – Донецк-Севастополь, 2013. – Том 2. С. 181-184.

4. Jensen K. A., Lusk C. P. and Howell L. L. An XYZ micromanipulator with three translational degrees of freedom. Robotica - Vol. 24, No. 3, pp. 305-314, 2006.

5. Кочикян А. В., Арутюнян М. Г., Погосян М. З., Акопян А. Л. и Рагульскис К. М. Механизм координатных перемещений. Авторское свидетельство СССР № 1236236, кл. F 16 Н 21/10, 1985.