

УДК 621.391

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЙ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО МИКРОМАНИПУЛЯТОРА С БИМОРФНЫМИ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ ПРИВОДАМИ В ПАКЕТЕ ВИЗУАЛЬНОГО БЛОЧНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ SIMULINK

© 2010 А.Н. Рукавицын, А.Ф. Вальков

Юго-Западный государственный университет, г. Курск

Поступила в редакцию 26.10.2010

В статье представлены результаты исследования движения параллельного микроманипулятора с пьезоэлектрическими приводами. Моделирование проведено с использованием пакета прикладных программ *Matlab/Simulink*, при этом определяющим является процесс реализации задаваемого движения манипулятора в зависимости от вида решаемых задач, что позволяет определить связь деформаций управляющих биморфов с рабочей платформой манипулятора. Управление этим процессом осуществляется с помощью деформации пьезобиморфов по заданному закону.

Ключевые слова: *моделирование, микроманипулятор, пьезоэлектрический привод*

В настоящее время все более возрастающее значение приобретают так называемые прецизионные технологии. С созданием и совершенствованием таких технологий неразрывно связано дальнейшее развитие ряда перспективных направлений науки и техники. Новые устройства мехатроники и робототехники, адаптивной оптики, биомедицины и другие, построенные на базе прецизионных технологий, позволяют решать задачи значительно более высокого уровня сложности. Создание таких устройств тесно взаимосвязано с качественным повышением требований к точности приводов и, соответственно, их рабочих органов. Так, в ряде случаев, требуются приводы, обеспечивающие амплитуду линейного перемещения в $500 \div 1000$ мкм или угол поворота в $5 \div 10$ градусов и точность не менее чем 1 мкм или 1 угловая секунда.

В течение последних 15-20 лет динамичное развитие получила область создания микроустройств с пьезоэлектрическими магнитными преобразователями. По существу только данный тип устройств потенциально способен решить поставленную задачу. Манипуляционное устройство, содержащее в своем составе параллельный механизм, обладает следующими достоинствами – высокая жесткость, высокая точность, равномерное распределение нагрузки, высокая грузоподъемность, единый

тип приводных элементов, идентичные информационные элементы, универсальный вид уравнения динамики для обобщенной силы, отнесенной к каждому звену исполнительного органа [1-5]. Разработанный микроманипулятор с пьезоэлектрическими приводами (рис. 1) состоит из неподвижного основания, подвижной платформы, трех одинаковых параллельно размещенных кинематических цепей, имеющих в своем составе пьезоэлектрический привод, жестко закрепленный со стойкой, кронштейн и шаровое сочленение. Движение платформы осуществляется за счет перемещения биморфных пьезоэлектрических приводов (БПП), при подаче на них напряжения [6]. При этом платформа может совершать вертикальные перемещения, а также совершать поворот относительно горизонтальных осей.

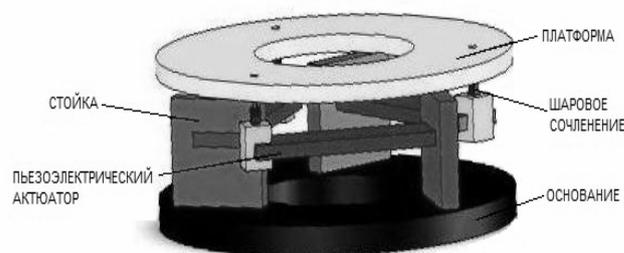


Рис. 1. Микроманипулятор с биморфными пьезоэлектрическими приводами

Рассмотрим решение прямой задачи кинематики параллельного микроманипулятора с пьезоэлектрическими приводами (рис. 2).

Рукавицын Александр Николаевич, кандидат технических наук, доцент кафедры теоретической механики и мехатроники. E-mail: alruk75@mail.ru
Вальков Алексей Феодорович, аспирант. E-mail: Sunduck46@yandex.ru

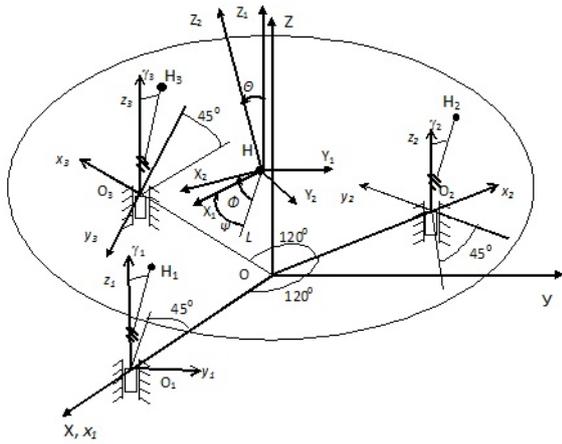


Рис. 2. Схема для расчета прямой задачи кинематики

Для исследования движения рабочей платформы параллельного микроманипулятора (ПММ) использовали координаты центра масс платформы X, Y, Z :

$$X = \frac{x_1 + x_2 + x_3}{3}, Y = \frac{y_1 + y_2 + y_3}{3}, Z = \frac{z_1 + z_2 + z_3}{3}.$$

Для исследования различных режимов движения микроманипулятора с пьезоэлектрическими приводами была разработана модель, построенная в пакете визуального блочного

имитационного моделирования Simulink матричной системы MATLAB с пакетом расширения SimMechanics [7]. На рис. 3 представлена Simulink-модель микроманипулятора с пьезоэлектрическими приводами. Привод ПММ представлен в виде совокупности трех блоков SimMechanics: блока – Body, блока Revolute и Joint Actuator, что позволяет задать перемещение свободного конца вокруг указанной оси. Simulink-модель ПММ с пьезоэлектрическими приводами состоит из подвижной платформы 1, трех шаровых сочленений 2, трех пьезоэлектрических приводов 3, трех стоек 4, блока формирующего закон движения платформы параллельного микроманипулятора 5, датчик углового перемещения пьезоэлектрического привода 6, датчик перемещения конца пьезоэлектрического привода 7, датчик перемещения и угла поворота 8 подвижной платформы, 9 – подсистема датчика угла поворота платформы. В блоке, формирующем закон движения параллельного микроманипулятора, использовали конструктор сигналов Signal Builder, имеющим выходной порт. Сигнал на выходе порта имеет вид импульса, форму которого можно изменять в зависимости от требуемого закона движения [8] (см. рис. 4).

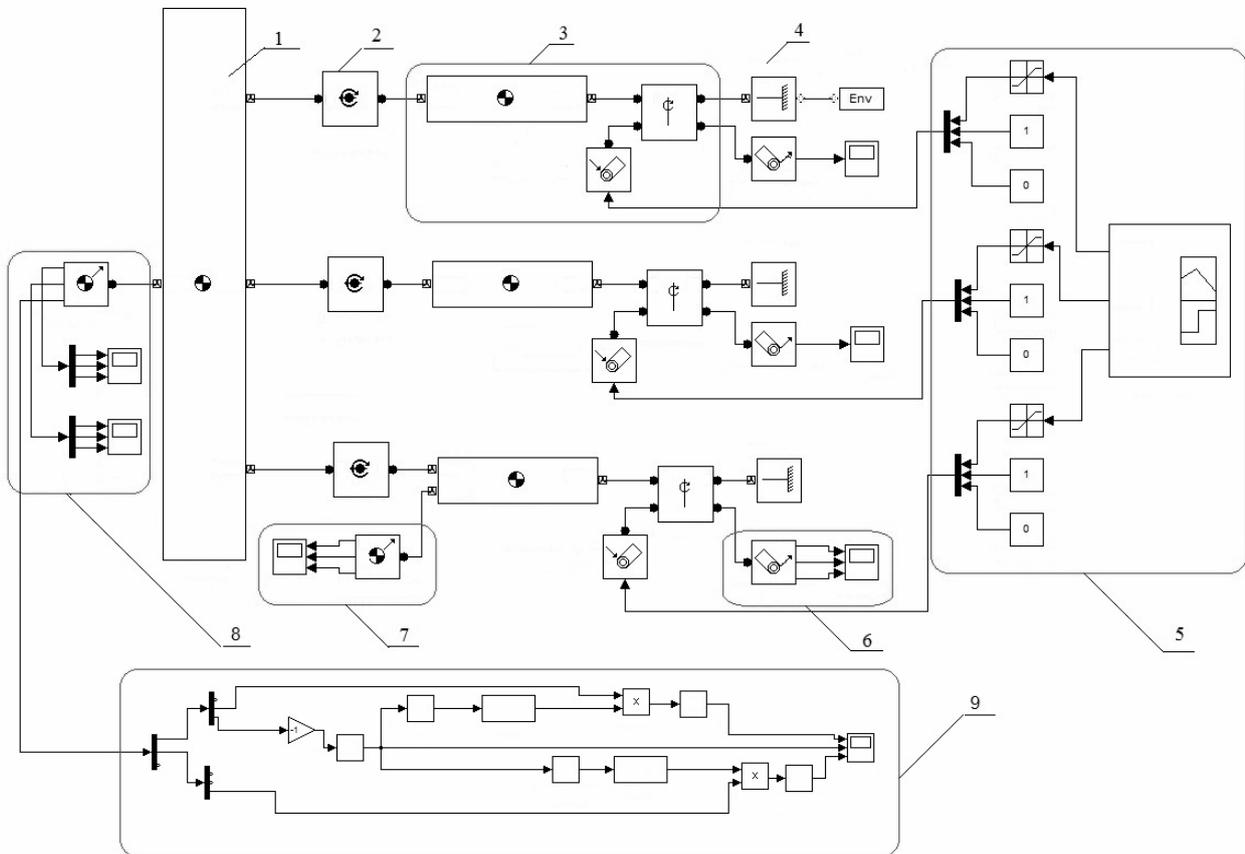


Рис. 3. Simulink-модель ПММ с БПП

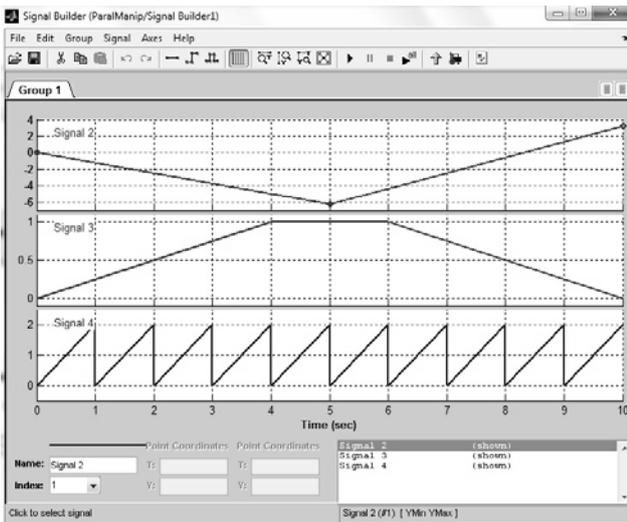


Рис. 4. Окно блока Signal Builder

Для наглядной демонстрации движения подвижной платформы микроманипулятора построенного в среде MathLab в пакете SimMechanics микроманипулятора с пьезоэлектрическими приводами, использовали специально разработанные средства визуализации (рис. 5).

Ниже приведены результаты исследования движения центра масс подвижной платформы параллельного микроманипулятора при использовании различных видов законов движения пьезоэлектрических приводов. Для этого в конструкторе сигналов Signal Builder на все три БПП подавали сигналы с положительным значением, форма которых представлена на рис. 6. В результате получили графики изменения координат центра масс подвижной платформы проектируемого микроманипулятора относительно осей X, Y и Z, а также графики изменения углов поворота подвижной платформы микроманипулятора относительно тех же осей (рис. 7).

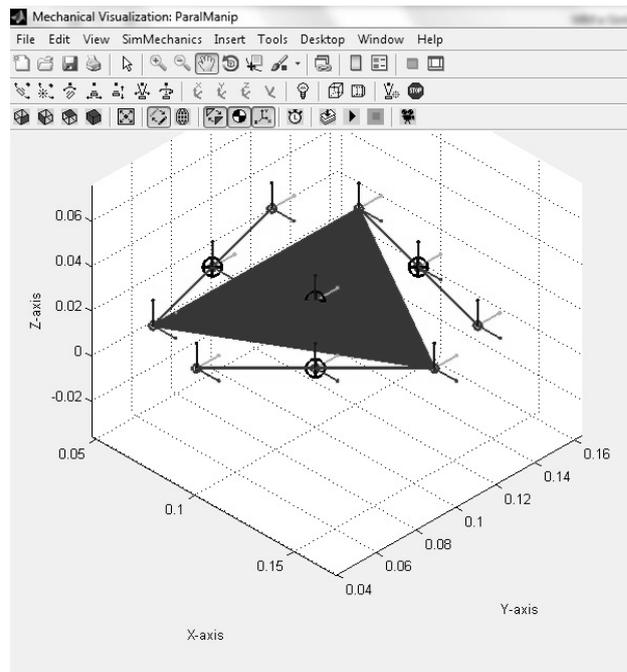


Рис. 5. Окно визуализации объекта исследования

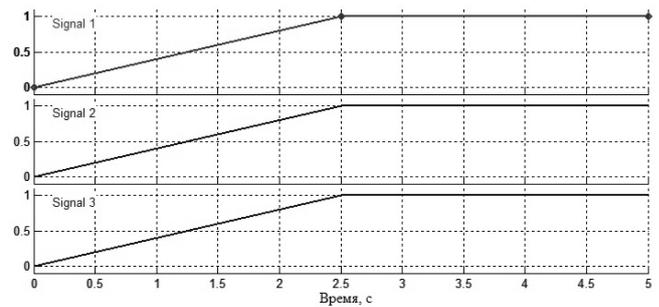


Рис. 6. Задание законов движения ПММ

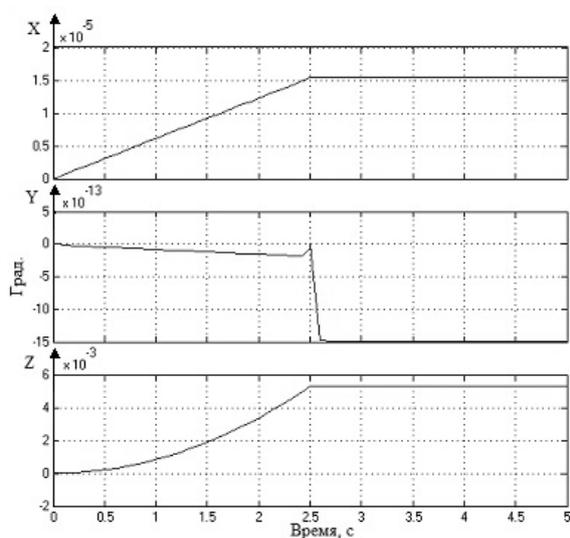
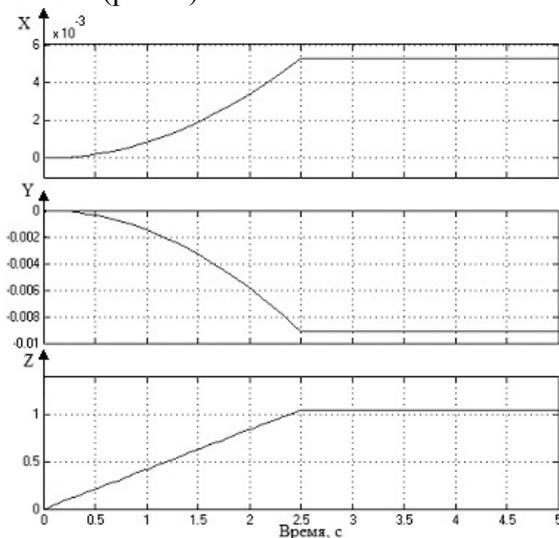


Рис. 7. Графики перемещения и изменения углов поворота, центра масс подвижной платформы ПММ по осям XYZ

В ходе следующего опыта в конструкторе сигналов Signal Builder на первый привод не подавали сигнал, на второй привод подали положительный управляющий сигнал, на третий привод, так же подали отрицательный управляющий сигнал (рис. 8). В результате получили графики изменения координат, центра масс подвижной платформы проектируемого микроманипулятора относительно осей X,Y и Z, а также графики изменения углов поворота подвижной платформы ПМ относительно тех же осей (рис. 9).

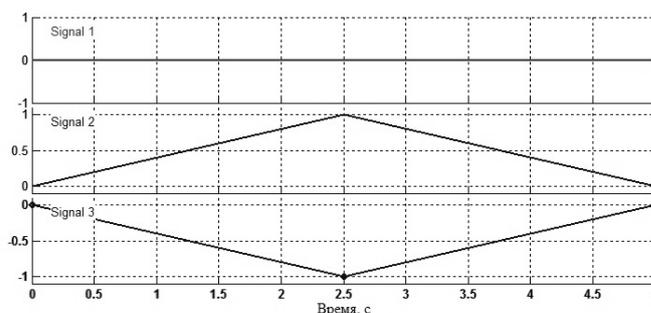


Рис. 8. Задание законов движения ПММ

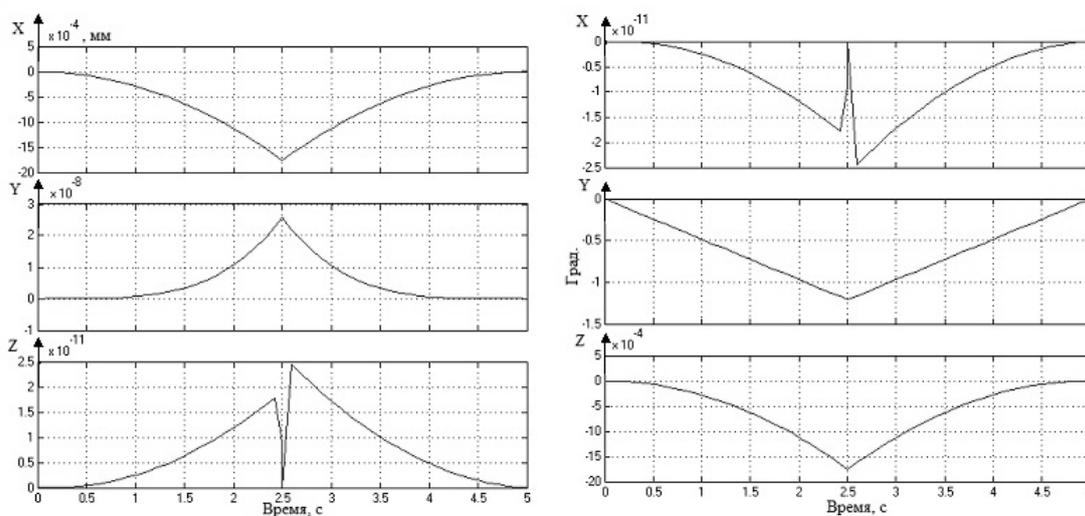


Рис. 9. Графики перемещения и изменения углов поворота, центра масс подвижной платформы ПММ по осям XYZ

Выводы:

1. Разработана конструкция микроманипулятора с пьезоэлектрическими приводами на основе параллельного механизма.
2. Для разработанной схемы ПММ предложено решение прямой задачи кинематики.
3. На основе разработанной Simulink-модели были исследованы различные режимы движения рабочей платформы микроманипулятора. Анализируя полученную графическую информацию можно сделать вывод о том, что динамические характеристики движения рабочей платформы ПМ значительно отличаются от вида закона изменения управляющего сигнала подаваемого на пьезоэлектрические приводы. При этом наиболее стабильные характеристики перемещения платформы наблюдались при подаче на все три биморфных пьезоэлектрических приводов совершенно одинаковых сигналов. При подаче на приводы различных видов сигналов, либо при отсутствии сигнала на одном из приводов траектория перемещения центра масс подвижной платформы микроманипулятора значительно усложнялась.

Работа выполнена в рамках реализации Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы по проблеме «Разработка и исследование параллельного многосекционного микроманипулятора с пьезоприводами для проведения дерматологической диагностики и терапии» (гос. регистр. № П 2536, шифр НК 428П).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Вейко, В.П. Пространственное позиционирование микродеталей с помощью лазерного излучения / В.П. Вейко, А.А. Петров // Микросистемная техника. 2002. №7. С. 23-30.
2. Горнев, Е.С. Микрооптические устройства на основе отражающих элементов – микрзеркал / Е.С. Горнев // Микросистемная техника. 2002. № 9. С. 29-34.
3. Джагунов, Р.Г. Пьезоэлектронные устройства вычислительной техники, систем контроля и управления: Справочник / Р.Г. Джагунов, А.А. Ерофеев // СПб.: изд-во Политехника, 1994. 608 с.
4. Дьяченко, В.А. Пьезоэлектрические устройства мехатроники / В.А. Дьяченко, А.Б. Смирнов // Мехатроника. 2002. № 2. С. 38-46.

5. *Ерофеев, А.А.* Пьезоэлектронные микродвигатели, манипуляторы: Учебное пособие / *А.А. Ерофеев, С.В. Бойцов* // СПб.: Изд-во СПбГТУ, 1992. 56 с.
6. *Смирнов, А.Б.* Мехатроника и робототехника, Системы микроперемещений с пьезоэлектрическими приводами. – СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2003. 161 с.
7. *Дьяконов, В.П.* Simulink 5/6/7: Самоучитель. – М.: ДМК-Пресс, 2008. С. 532-561.
8. *Рукавицын, А.Н.* Пьезоэлектрические исполнительные элементы мехатронных устройств: сб. матер. научно-техн. конф. «Образование через науку» / *А.Н. Рукавицын, Е.А. Вармунд* // Курск. гос. техн. ун-т; Курск: изд-во КурскГТУ, 2008. С.130-132.
9. *Подураев, Ю.В.* Основы мехатроники: учебное пособие. – М.: Из-во МГТУ «Станкин», 1999. 80 с.
10. *Болотник, Н.Н.* Динамика управляемых движений вибрационных систем / *Н.Н. Болотник, И.М. Зейдис, К. Циммерман, С.Ф. Яцун* // Изв. РАН. ТиСУ. 2006. №5. С. 1-11.

**MODELING OF MOVEMENTS OF THE PARALLEL
MICROMANIPULATOR WITH BIMORPH PIEZOELECTRIC
DRIVES IN A PACKAGE OF VISUAL BLOCK MODELING
SIMULINK**

© 2010 A.N. Rukavitsyn, A.F. Valkov

Southwest State University, Kursk

In paper results of research the movement of parallel micromanipulator with piezoelectric drives are presented. Modeling is lead with use of application package *Matlab/Simulink*, thus process of realization the set driving of the manipulator depending on an aspect of solved tasks that allows to define link of deformations of managing direct bimorphs with working platform of the manipulator. Control of this process is carried out by means of piezomorph deformation on desired law.

Key words: *modeling, micromanipulator, piezoelectric drive*