
ПРИБОРЫ ТОЧНОЙ МЕХАНИКИ

УДК 621.001.2

Г. Б. ДАЙНЕКА, С. С. КИСЕЛЕВ, М. Я. МАРУСИНА, И. К. МЕШКОВСКИЙ,
М. П. МАРУСИН, В. А. ЛОПАРЁВ, М. Н. ШУГАЕВ

ДВУХКООРДИНАТНАЯ ПОВОРОТНАЯ ПЛАТФОРМА

Рассмотрена возможность создания поворотной платформы, основанной не на приводах прямого поворота, а на рычажных механизмах, таких как рычаги и тяги.

Ключевые слова: поворотная платформа, прецизионный механизм.

Введение. В настоящее время существует необходимость в точном позиционировании различных систем, в частности, систем слежения. Для этих целей используются поворотные платформы [1, 2]. Можно отметить поворотные прецизионные платформы “MICOS” Rotation stage Pollux RSP-200, Rotation stage DT-80R, Ultra Precision rotation stage UPR-100 и манипулятор ООО „Рухсервомотор“.

На кафедре измерительных технологий и компьютерной томографии разработана двухкоординатная поворотная платформа, основными достоинствами которой являются высокая точность перемещения ($<0,001^\circ$) и высокий показатель полезной нагрузки (рис. 1). Некоторые технические характеристики различных платформ представлены в табл. 1.

Таблица 1

Параметр	Rotation stage Pollux RSP-200	Rotation stage DT-80R	Ultra Precision rotation stage UPR-100	Манипулятор ООО „Рухсервомотор“	Проектируемая платформа
Угол поворота $OZ, \dots^\circ$	360	360	360	360	140
Угол поворота $OX, \dots^\circ$	—	—	—	—	45
Точность перемещения, $\dots^\circ$	0,2	$\pm 0,1$	$\pm 0,005$	0,5	$<10^{-3}$
Скорость перемещения, $^\circ/\text{с}$	0,01—1440	0,001—1100	0,02—360	1	До 50
Нагрузка, кг	До 2	До 2	3	До 50	До 50
Масса, кг	2,1	0,8	1,2	—	~ 27

Разработанная двухкоординатная поворотная прецизионная платформа может быть использована в следящих системах, прецизионном станочном оборудовании, в роботизированных комплексах, лидарных станциях, высокоточных системах управления оружием [3]. Анализ объектов проводится с помощью видеокамеры, закрепленной на платформе. Двухкоординатный поворотный механизм содержит неподвижное основание и подвижную платформу. Возможность изменения пространственного положения платформы относительно неподвижного основания обеспечивают две шарико-винтовые пары, каждая из которых состоит из винта и параллельно расположенной цилиндрической направляющей. Конструктивные особенности платформы позволяют уменьшить количество связей между шаровой опорой и

подвижной платформой, а также за счет установки пары винт—гайка увеличить жесткость, благодаря чему возможно повышение точности позиционирования.

Поворот платформы осуществляется посредством двух шаговых двигателей, которые соединены с шарико-винтовой парой (ШВП). Поворот платформы происходит при изменении длины тяги ШВП.

Платформа может совершать поворот вокруг оси Y и оси Z (рис. 2). Рассчитаем длину правой ШВП:

$$B'E'' = \sqrt{B'E'^2 - E'E''^2}.$$

Вычислить длину левой тяги ШВП можно следующим образом:

$$A'D'' = \sqrt{A'D'^2 - D'D''^2}.$$

Далее величину $B'E''$ будем называть „длина правой тяги ШВП“ T_r , а $A'D''$ — „длина левой тяги ШВП“ T_l .

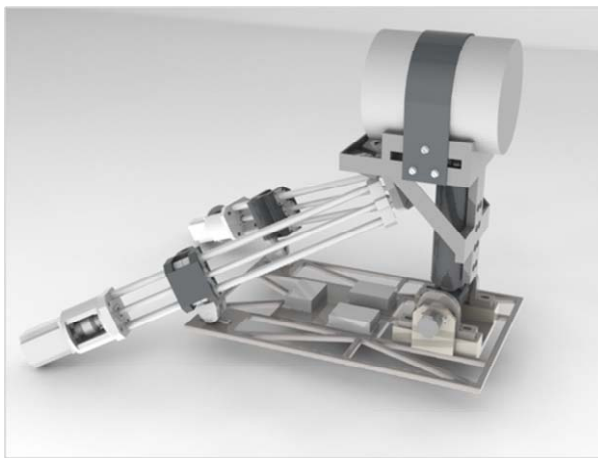


Рис. 1

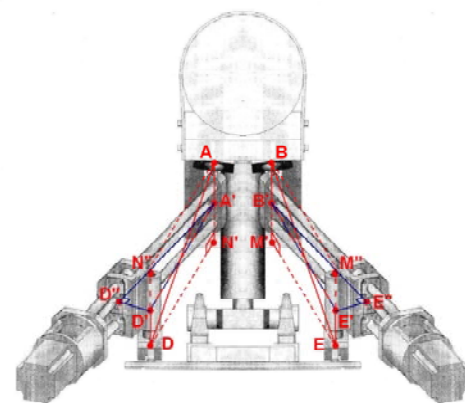


Рис. 2

Исследуемая платформа может поворачиваться вокруг оси Z в пределах от -70° до $+70^\circ$ и вокруг оси Y — в пределах от -25° до $+25^\circ$. Построим это пространство углов с шагом в 1° . По оси абсцисс отложен угол поворота вокруг оси Z (α), по оси ординат — угол поворота вокруг оси Y (β) (рис. 3).

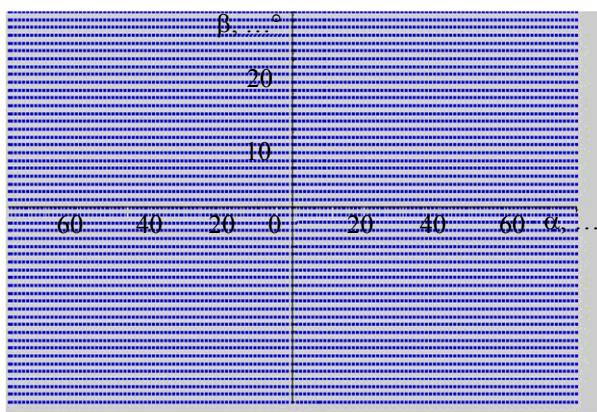


Рис. 3

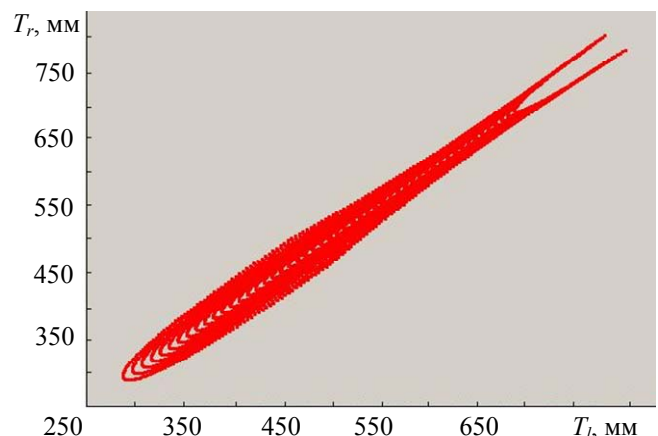


Рис. 4

Каждому положению платформы соответствуют определенные значения T_r и T_l , которые изменяются с помощью шаговых двигателей. Построим пространство длин тяг (рис. 4), соответствующее пространству, приведенному на рис. 3.

Для большей наглядности приведем зависимости T_l от α (рис. 5), T_l от β (рис. 6), которые соответствуют пространствам, изображенным на рис. 3 и 4.

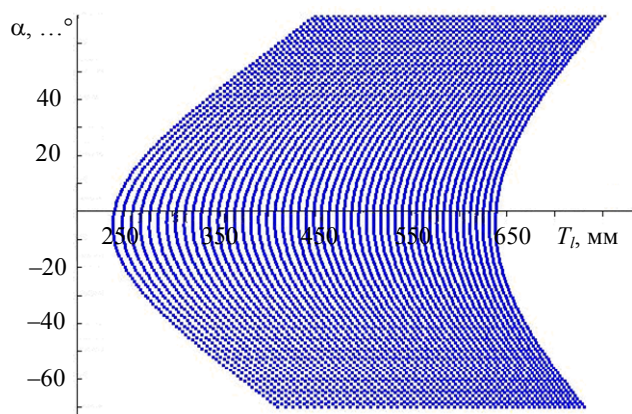


Рис. 5

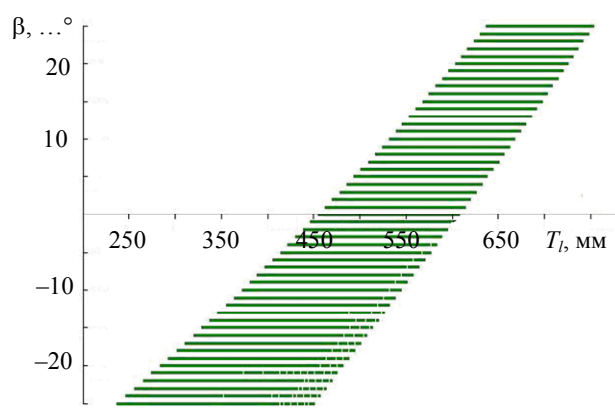


Рис. 6

Поворот прецизионной платформы осуществляется за счет изменения длин ШВП, это обеспечивается двумя шаговыми приводами. За один шаг привод поворачивается на $1,8^\circ$, т.е. полный оборот он делает за 200 шагов. ШВП имеет резьбу с шагом 1 мм, т.е. за один шаг привода длина ШВП изменяется на 5 мкм.

Зависимость изменения длины тяги от угла поворота платформы неравномерная. Проведем оценку изменения угла при выполнении шаговым приводом одного шага при различных положениях следящей платформы. В табл. 2 представлены результаты вычислений для некоторых углов. На пересечении значений α и β приведено изменение угла поворота платформы при одном шаге привода (в градусах).

Таблица 2

Изменение положения платформы при одном шаге шагового привода

$\alpha, \dots^\circ \backslash \beta, \dots^\circ$	-25	-20	-10	0	10	20	25
-70	0,0000458	0,0000505	0,0000176	0,0000929	0,0002880	0,0004807	0,0005297
-69	0,0000533	0,0000592	0,0000292	0,0000781	0,0002728	0,0004713	0,0005236
-68	0,0000609	0,0000680	0,0000408	0,0000634	0,0002575	0,0004618	0,0005173
-67	0,0000686	0,0000768	0,0000524	0,0000486	0,0002419	0,0004521	0,0005110
-66	0,0000764	0,0000858	0,0000641	0,0000338	0,0002261	0,0004422	0,0005046
-65	0,0000843	0,0000948	0,0000758	0,0000189	0,0002101	0,0004321	0,0004982
-64	0,0000924	0,0001038	0,0000875	0,0000040	0,0001939	0,0004218	0,0004917
-63	0,0001005	0,0001130	0,0000993	0,0000109	0,0001775	0,0004113	0,0004852
-62	0,0001087	0,0001223	0,0001110	0,0000259	0,0001608	0,0004005	0,0004786
-61	0,0001170	0,0001316	0,0001229	0,0000409	0,0001440	0,0003895	0,0004719

Как видно из табл. 2, погрешность позиционирования следящей платформы в самом неблагоприятном случае приблизительно $0,001^\circ$, что составляет менее $4''$. Точность позиционирования можно улучшить, если использовать шаговый привод с большим числом шагов на полный оборот. Так, если использовать привод с 400 шагами на один оборот, то точность позиционирования платформы увеличится примерно в 2 раза.

Исследования осуществлены при проведении НИР в рамках реализации ФЦП „Научные и научно-педагогические кадры инновационной России“ на 2009—2013 гг.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Крайнев А. Ф. Словарь-справочник по механизмам. М.: Машиностроение, 1987.
2. Гаврилов С. В., Коноплев В. А. Компьютерные технологии исследования многосвязных мехатронных систем. СПб: Наука, 2004.

3. Патент РФ № 101696. Двухкоординатная поворотная платформа / И. К. Мешковский, Г. Б. Дайнека, Ю. Ф. Федосов, С. С. Киселев, М. П. Марусин. Опубл. 27.01.2011.

Сведения об авторах

- Геннадий Борисович Дайнека** — канд. техн. наук, доцент; Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра физики и техники оптической связи
- Сергей Степанович Киселев** — канд. техн. наук, доцент; Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра измерительных технологий и компьютерной томографии;
E-mail: kiselev@mail.ifmo.ru
- Мария Яковлевна Марусина** — д-р техн. наук, профессор; Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра измерительных технологий и компьютерной томографии;
E-mail: marusina_m@mail.ru
- Игорь Касьянович Мешковский** — д-р техн. наук, профессор; Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра физики и техники оптической связи; заведующий кафедрой;
E-mail: igorkm@spb.runnet.ru
- Михаил Петрович Марусин** — студент; Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра мониторинга и прогнозирования информационных угроз
- Вячеслав Александрович Лопарёв** — студент; Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра измерительных технологий и компьютерной томографии;
E-mail: viper-sl@hotmail.com
- Максим Николаевич Шугаев** — студент; Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра измерительных технологий и компьютерной томографии;
E-mail: max2008sh@gmail.com

Рекомендована кафедрой
измерительных технологий
и компьютерной томографии

Поступила в редакцию
01.03.11 г.