

ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ ТОЧНОСТИ СТАНКОВ, ОСНОВАННЫХ НА МЕХАНИЗМАХ С ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ КИНЕМАТИКОЙ

С. С. Емельяненко, канд. техн. наук, доцент;

Ю. В. Овчарова, студент,

Сумской государственной университет, г. Сумы

В статье разработана параметрическая трехмерная модель станка с параллельной кинематикой на примере трипода в программном продукте T-FLEX. Проведены исследования, влияния погрешности обработки длины штанги на точность позиционирования рабочего органа станка с параллельной кинематикой. Показано, что погрешность обработки длины штанги существенно влияет на точность позиционирования рабочего органа станка в плоскости стола станка и мало влияет на точность позиционирования рабочего органа станка вдоль оси инструмента, а также углы наклона оси инструмента.

ВВЕДЕНИЕ

Необходимость в обработке сложных пространственных поверхностей с применением новейших технологий обработки требуют создания нового технологического оборудования, обеспечивающего высокие показатели производительности и точности обработки. Для решения такого рода задач в последние годы во всем мире начали широко применять станки, основанные на механизмах с параллельной кинематикой (МПК), что позволило не только обеспечить вышеуказанные требования к процессу обработки, но и повысить качество обрабатываемых изделий. В основе станков с параллельной кинематикой (СПК) лежит структура, представляющая собой выходное звено, связанное с основанием несколькими кинематическими цепями, как правило, одинаковой структуры. При этом каждая из кинематических цепей содержит привод или налагает какие-либо связи на движение выходного звена, в отличие от традиционного оборудования, когда кинематическая цепь не налагает никаких связей на движение выходного звена [1]. Одним из наиболее важных показателей как СПК, так и станков с традиционной структурой является кинематическая точность. Так, высокая точность позиционирования исполнительного органа обеспечивается за счет того, что кинематические цепи воспринимают нагрузку как пространственные фермы и погрешности в кинематических цепях могут взаимно компенсироваться [1, 2, 3, 4, 5]. Также СПК имеют высокую повторяемость в сравнении с промышленными роботами [1, 2, 3, 4, 5]. В тоже время СПК имеют низкую точность абсолютного позиционирования сравнительно с прецизионными станками [1, 2, 3, 4, 5].

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

В связи с вышесказанным важным направлением является исследование кинематической точности СПК. Таким образом, целью настоящей работы является исследование точности позиционирования рабочего органа СПК.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Исследования будем проводить на примере трипода (рис. 1), основные конструктивные размеры которого представлены в табл. 1. Используя САД - систему параметрического автоматизированного проектирования и

черчения – T-FLEX создаем по отдельности составные части трипода и производим их сборку (рис. 2).

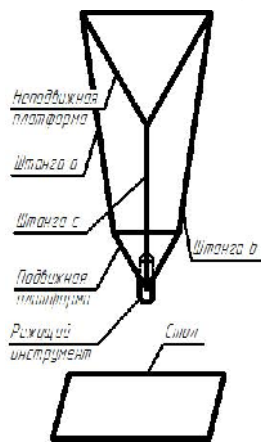


Рисунок 1 – Схема трипода с основными конструктивными размерами

Причем следует заметить, что места соединения штанг с подвижной и неподвижной платформами выполнены в виде сферических шарниров (рис. 2), позволяющих штангам свободно вращаться вокруг платформ. Также следует отметить, что длины штанг задаются в виде параметрических размеров, позволяющих быстро изменять их длину и тем самым автоматически перестраивать всю трехмерную модель трипода.

Для определения положения центра торца инструмента относительно неподвижной платформы из трехмерной модели создаем два двумерных вида – "Вид сзади" и "Вид слева". На данных видах по средствам стандартных инструментов T-FLEX измеряем положение центра торца инструмента X , Y , Z относительно некоторой точки и углы

поворота оси инструмента α в плоскости XZ , β в плоскости YZ относительно плоскости XY (рис. 3).

Определение положения центра торца инструмента относительно неподвижной платформы и угла наклона оси инструмента будем проводить для различных трехмерных моделей трипода, изменяя длину штанги a согласно табл. 2.

Таблица 1 – Основные конструктивные размеры трипода

Наименование	Величина, мм
1. Длина стороны неподвижной платформы	1000
2. Толщина неподвижной и подвижной платформ	30
3. Длина стороны подвижной платформы	400
4. Длина штанг	700–1100
5. Диаметр шарнира штанги	80
6. Диаметр штанги	40
7. Расстояние от нижней поверхности подвижной платформы до нижней точки режущего инструмента	200
8. Диаметр режущего инструмента	40
9. Длина стороны стола	750
10. Толщина стола	100
11. Расстояние от нижней точки неподвижной платформы до нижней точки подвижной платформы	625–1025
12. Расстояние от нижней точки неподвижной платформы до верхней точки стола	1350

Полученные результаты определения положения центра торца инструмента относительно неподвижной платформы сведены в табл. 2.

Исходя из полученных результатов, определим погрешности позиционирования центра торца инструмента относительно неподвижной платформы, согласно формул:

$$x = X_i - X_1, \quad y = Y_i - Y_1, \quad z = Z_i - Z_1, \quad \alpha = \alpha_i - \alpha_1, \quad \beta = \beta_i - \beta_1, \quad (1)$$

где x , y , z , α , β – погрешности позиционирования режущего инструмента; i – номер эксперимента (табл. 2);

X_1, Y_1, Z_1, x_1, y_1 – положене центра торца инструмента и угол наклона оси инструмента без погрешности штанги (первый эксперимент) (табл. 2).

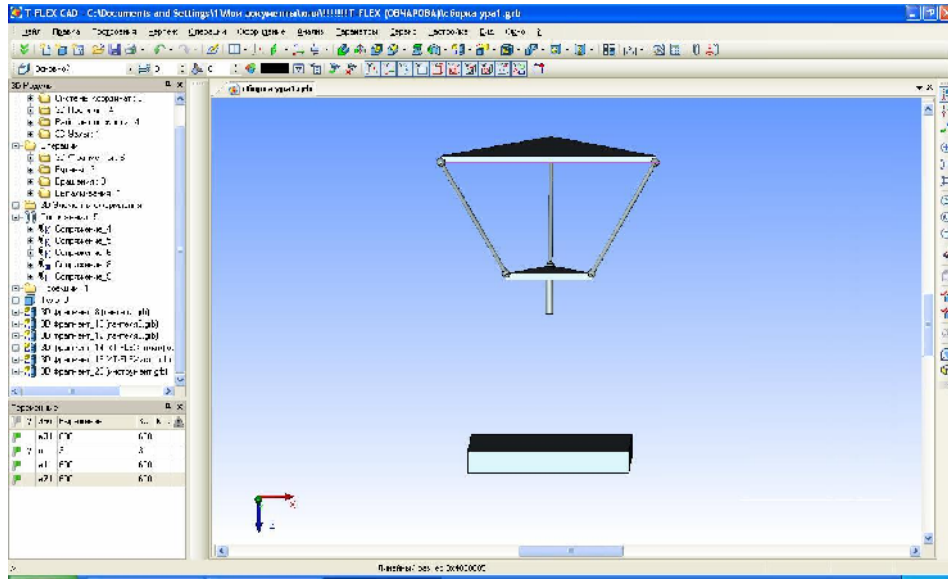


Рисунок 2 – Трехмерная параметрическая модель трипода, созданная в CAD-системе T-FLEX

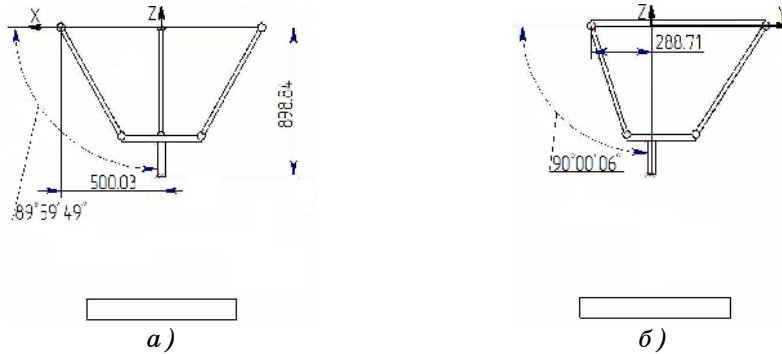


Рисунок 3 – Схема измерения положения центра торца инструмента и угла наклона оси инструмента в CAD системе T-FLEX (при длине штанг $a=780,025$ мм; $b=780,000$ мм; $c=780,000$ мм): а) координат X, Z и угла x в плоскости XZ (вид сзади); б) координаты Y и угла y в плоскости YZ (вид слева)

Таблица 2 – Исходные данные и результаты измерений

№ ЭКСП.	Длина штанги, мм			Погрешность штанги, мм	Положение центра инструмента				
	a	b	c		X , мм	Y , мм	Z , мм	x' град.	y' град.
1	900,000	900,000	900,000	0	500,000	288,675	1073,783	90,0000	90,0000
2	900,001			0,001	500,001	288,676	1073,784	89,9996	90,0000
3	900,005			0,005	500,006	288,681	1073,785	89,9995	90,0002
4	900,010			0,01	500,012	288,686	1073,787	89,9991	90,0003
5	900,050			0,05	500,060	288,731	1073,801	89,9969	90,0016
6	900,100			0,1	500,120	288,787	1073,819	89,9941	90,0032
7	900,500			0,5	500,542	289,266	1073,965	89,9635	90,0209

Погрешности позиционирования центра торца инструмента и угла наклона оси инструмента относительно неподвижной платформы сводим в табл. 3.

Таблица 3 – Результат расчета погрешностей позиционирования центра торца инструмента и угла наклона оси инструмента относительно неподвижной платформы

№ эксп.	Погрешности позиционирования				
	X, мм	Y, мм	Z, мм	α , град.	β , град.
1	0	0	0	0	0
2	0,001	0,001	0,001	- 0,00040	0,00003
3	0,006	0,006	0,002	- 0,00052	0,00016
4	0,012	0,011	0,004	-0,00090	0,00032
5	0,060	0,056	0,018	- 0,00311	0,00160
6	0,120	0,112	0,036	- 0,00588	0,00320
7	0,542	0,591	0,182	- 0,03650	0,02088

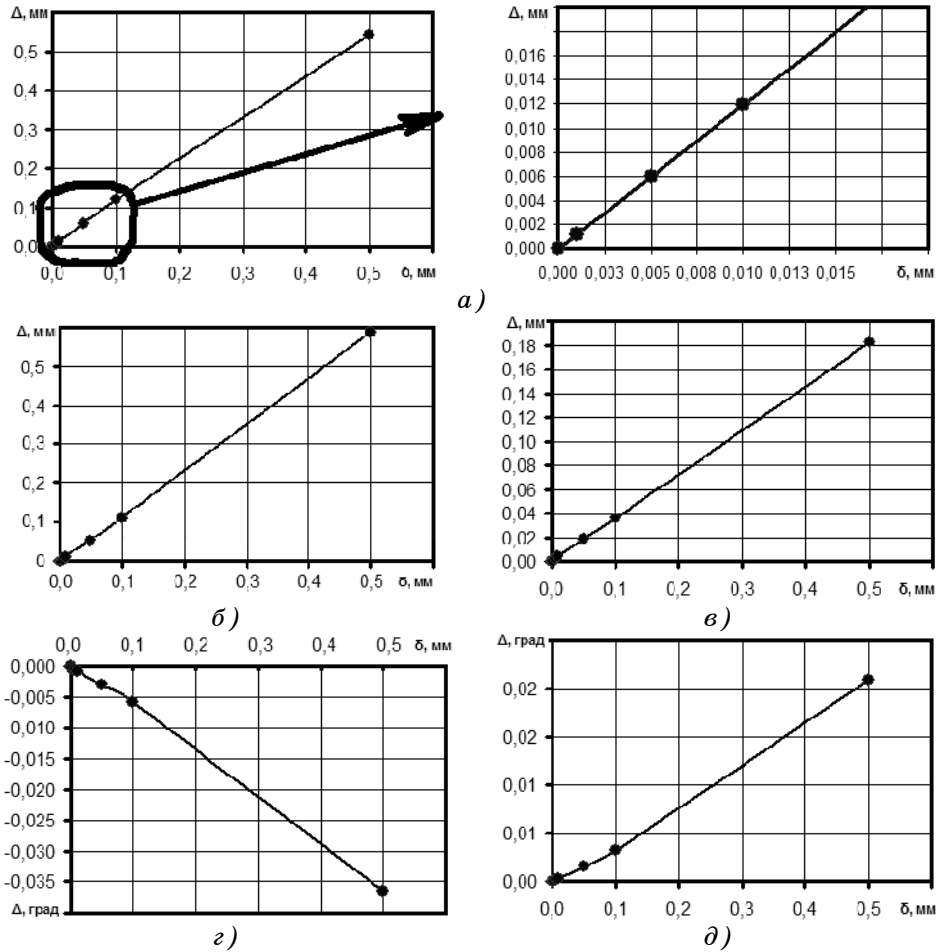


Рисунок 4 – Зависимости погрешности позиционирования центра торца инструмента и угла наклона инструмента от погрешности штанги: а) вдоль оси X; б) вдоль оси Y; в) вдоль оси Z; г) угла α ; д) угла β

Увеличение погрешности штанги ведет к увеличению погрешности позиционирования центра инструмента, причем данная погрешность по

осям X , Y , Z , x и y приближается к линейному виду. Погрешности позиционирования центра инструмента вдоль осей X , Y , Z являются положительными. Погрешность угла x является отрицательной, а y – положительной, что есть вполне логичным. Так, например, погрешность штанги в $=0,1$ мм приводит к возникновению погрешности позиционирования центра инструмента вдоль оси X $x=0,12$ мм, вдоль оси Y $y=0,11$ мм и вдоль оси Z $z=0,04$ мм. Таким образом, погрешность штанги приводит к возникновению погрешности позиционирования центра инструмента, которая ее больше, в направлениях осей X и Y станка и в направлении оси Z станка меньше нее в 2,5 раза. Эта же погрешность вызывает погрешность угла наклона оси инструмента $x=0,006^\circ$ и $y=0,003^\circ$, которая является несущественной.

Таким образом, для трипода заданной конструкции при необходимой точности позиционирования рабочего органа в 0,01 мм, значение точности отработки штанг должно быть менее чем 0,0082 мм.

ВЫВОДЫ

Разработана параметрическая трехмерная модель СПК на примере трипода в программном продукте T-FLEX. С использованием стандартных инструментов T-FLEX разработана методика определения положения центра торца инструмента и углов поворота оси инструмента.

Проведенные исследования показали, что с появлением погрешности в длине штанги возникает погрешность в позиционировании рабочего органа СПК. Зависимости погрешностей позиционирования инструмента от погрешности штанги имеют линейный характер. Показано, что погрешность в длине штанги приводит к возникновению погрешности в направлении осей станка X и Y , которые больше чем сама искомая погрешность. В отличие от станков с последовательной кинематикой, в СПК точность отработки длины штанг должна быть больше, чем необходимая точность позиционирования рабочего органа станка. И данное соотношение для трипода заданной конструкции составляет 82/100.

ДОСЛІДЖЕННЯ КІНЕМАТИЧНОЇ ТОЧНОСТІ ВЕРСТАТІВ, ЩО БАЗУЮТЬСЯ НА МЕХАНІЗМАХ З ПАРАЛЕЛЬНОЮ КІНЕМАТИКОЮ

С. С. Смеляненко, Ю. В. Овчарова,
Сумський державний університет, м. Суми

У статті розроблена параметрична тривимірна модель верстата з паралельною кінематикою на прикладі трипода в програмному продукті T-FLEX. Проведені дослідження впливу похибки відпрацювання довжини штанги на точність позиціонування робочого органа верстата з паралельною кінематикою. Показано, що похибка відпрацювання довжини штанги істотно впливає на точність позиціонування робочого органа верстата в площині стола верстата і мало впливає на точність позиціонування робочого органа верстата вздовж осі інструмента, а також куту нахилу осі інструмента.

KINEMATIC STUDY OF PRECISION MACHINES SCURRIED TO THE MECHANISM WITH PARALLEL KINEMATICS

S. S. Emelyanenko, U. V. Ovcharova,
Sumy State University, Sumy

A three-dimensional parametric T-FLEX model of the machine with parallel kinematics like tripod in software product is introduced in this paper. The results of the investigations of influence of bar length deviation on the machine working elements positioning accuracy is given. It is shown that bar length deviation significantly affects the positioning accuracy in the plane of the machine table and has little influence on the positioning accuracy along tool rotation axis as well as on the angle of tool slope.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Кузнецов Ю. М. Компонувки верстатів з механізмами паралельної структури / Ю. М. Кузнецов, Д. О. Дмитрієв, Г. Ю. Діневич ; за заг. ред. Ю. М. Кузнецова. – Херсон : ПП Вишемирський В. С., 2009. – 456 с.
2. Reimund Neugebauer (Hrsg.). Parallelkinematische Maschinen : Entwurf, Konstruktion, Anwendung. – Germany, 2006. – 259 с.
3. Подленко О. Н. Параметрический синтез формообразующих систем станков на базе механизмов с параллельной кинематикой : дис. ... канд. техн. наук : 05.03.01 / Подленко Олег Николаевич. – Хабаровск, 2005. – 145 с.
4. Подзоров П. В. Синтез технологического оборудования на основе механизмов параллельной кинематики : дис. ... канд. техн. наук : 05.03.01 / Подзоров Павел Викторович. – М., 2003. – 392 с.
5. Иванов А. В. Обеспечение качественных показателей компоновки станка-манипулятора с параллельной кинематикой [Текст] : дис. ... канд. техн. наук : 05.03.01 / А. В. Иванов. – Хабаровск, 2006. – 115 с.

Поступила в редакцию 28 августа 2012 г.