

УДК 004

АНАЛИЗ ПРИНЦИПА РАБОТЫ И КИНЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ МАНИПУЛЯТОРОВ ДЛЯ ПОСЛЕДУЮЩЕЙ РАБОТЫ С НИМИ

Беляев К.В.

Магистр информационных систем и технологий,

Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского,

Калуга, Россия

Ткаченко А.Л.

к.т.н., доцент,

Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского,

Калуга, Россия

Кузнецова В.И.

к.п.н., доцент,

Калужский филиал Финансового университета при Правительстве Российской Федерации,

Калуга, Россия

Аннотация

На сегодняшний день создаётся огромное множество различных автоматизированных механизмов, начиная от каких-либо игрушек до манипуляторов для всевозможных спектров работ (например, манипуляторы для работы на заводских конвейерах или для работы в опасных средах). Для работы с такими сложными механизмами необходимо проанализировать их принцип работы и структуру с кинематической точки зрения.

В данной статье проводится исследование на примере механизма совместного относительного манипулирования с пятью степенями свободы. Его спектр

возможностей широк и зависит от того, что требуется пользователю, например, с его помощью возможна обработка различных деталей.

Ключевые слова: MCOM, кинематический анализ, 3-D модель, SOLIDWORKS .

***ANALYSIS OF THE PRINCIPLE OF OPERATION AND KINEMATIC
ANALYSIS OF MANIPULATORS FOR SUBSEQUENT WORK WITH THEM***

Belyaev K. V.

Master of Information Systems and Technology,

Kaluga State University named after K. E. Tsiolkovsky,

Kaluga, Russia

Tkachenko A.L.

candidate of Technical Sciences,

Kaluga State University named after K. E. Tsiolkovsky,

Kaluga, Russia

Kuznetsova V. I.

candidate of pedagogical Sciences,

*Kaluga Branch of the Financial University under the Government of the Russian
Federation,*

Kaluga, Russia

Abstract

To date, a huge variety of automated mechanisms are being created, ranging from toys to manipulators for all kinds of work (for example, manipulators for working on factory conveyors or for working in hazardous environments). To work with such complex mechanisms, it is necessary to analyze their principle of operation and structure from a kinematic point of view.

In this article, a study is conducted on the example of the mechanism of joint relative manipulation with five degrees of freedom. Its range of possibilities is wide and depends on what the user needs, for example, it can be used to process various parts.

Keywords: MEAT, kinematic analysis, 3-D model, SOLIDWORKS.

Механизма совместного относительного манипулирования с пятью степенями свободы (МСОМ) обладает пятью степенями свободы (т.е. 5 независимых перемещений механизма в пространстве относительно стойки или же основания) и состоит из двух более простых механизмов (также модулей): модуль для закрепления инструмента в данном механизме (также рабочий орган механизма (РОМ) или выходное звено плоско-параллельного шестизвенного механизма) и модуль для расположение объекта, который требует обработки и над которым планируется проводить операции (т.е. поворотный стол).

3-D модель исследуемого МСОМ с потенциально выбранными материалами для реализации на практике была разработана и собрана в такой среде как САПР SOLIDWORKS. Модель исследуемого МСОМ с пятью степенями свободы представлена ниже на рис. 1.

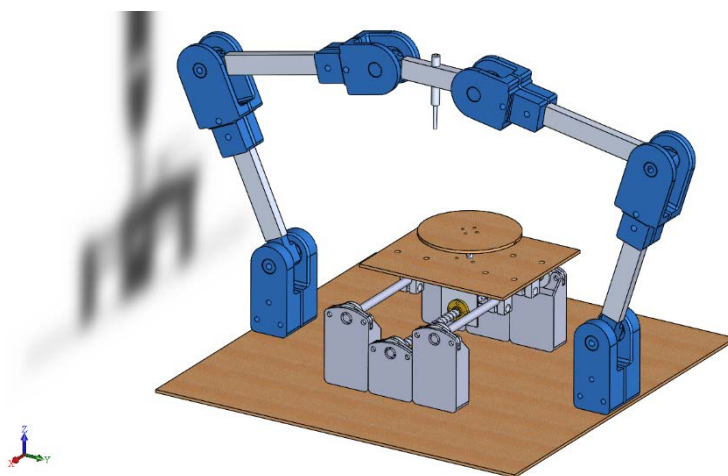


Рисунок 1 – 3-D модель исследуемого механизма совместного относительного манипулирования с пятью степенями свободы в среде SOLIDWORKS

Подготовлено коллективом авторов.

Схема с кинематическим исследованием данного механизма совместного относительного манипулирования с пятью степенями свободы представлена ниже на рис. 2.

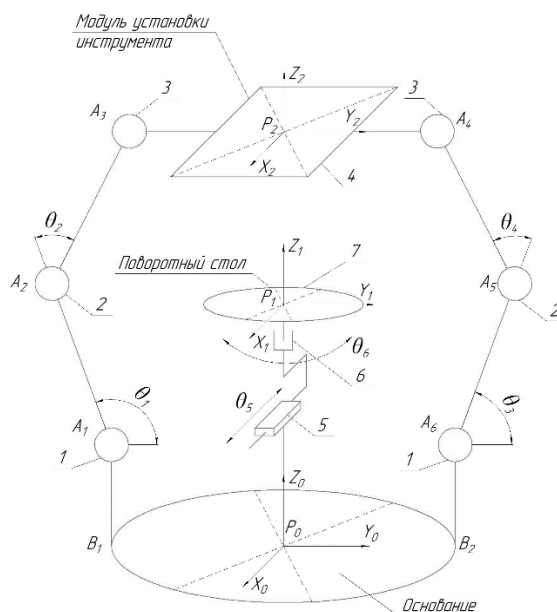


Рисунок 2 – Кинематическая схема исследуемого механизма совместного относительного манипулирования с пятью степенями свободы

Подготовлено коллективом авторов.

Разберём кинематическую схему механизма. Она состоит из:

$X_0Y_0Z_0$ – базовая система координат (СК), присоединённая к стойке (основанию) исследуемого МСМ;

$X_1Y_1Z_1$ – СК выходного звена поворотного стола; СК выходного звена исследуемого механизма совместного относительного манипулирования с пятью степенями свободы в целом;

$X_2Y_2Z_2$ – СК выходного органа для закрепления инструмента плоско-параллельного шестизвенного замкнутого механизма;

$\theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4$ – обобщенные координаты плоско-параллельного шестизвенного замкнутого механизма;

θ_5, θ_6 – обобщенные координаты поворотного стола.

Если говорить о механизме совместного относительного манипулирования, представленного на рисунке 1, то это манипулятор, имеющий в целом структуру пространственного типа за счёт двух механизмов параллельного и последовательного типа, который состоит из следующих элементов: основание (стойка), выходное звено модуля для расположения инструмента плоско-параллельного замкнутого шестизвенного механизма (4), выходное звено модуля для расположения объекта, над которым планируется производить операции (поворотный стол) (7). Выходное звено поворотного стола (7) связано со стойкой с помощью установленного поступательного сочленения (5) на ней, и еще одного вращательной сочленения (6), сцепленное непосредственно с выходным звеном этого поворотного стола (7). Выходное звено плоско-параллельного замкнутого шестизвенного механизма (4), имеет связь со стойкой посредством двух подобных друг другу структурно кинематических цепей. Выходное звено сопряжено с установленными на стойке двумя вращательными приводными сочленениями (1), которые в свою очередь связаны с центральными промежуточными приводными сочленениями (2), которые сами сцеплены с конечными не приводными вращательными сочленениями плоского-параллельного замкнутого шестизвенного механизма (3). Механизм работает в виде единой пространственной конструкции, которая состоит из двух механизмов, имеющих структуры параллельного и последовательного типов, соответственно, они двигаются как единое целое. Соответственно у исследуемого МСОМ с пятью степенями свободы будут только вращательные и одна поступательная пары 5-го класса.

Принцип работы исследуемого МСОМ: относительно стойки, выходное звено модуля для расположения обрабатываемого объекта (т.е. поворотный стол) (7) и модуля для расположения инструмента (4), приводятся в действие при помощи трёх кинематических цепей, посредством передачи движения двигателей на каждую обобщённую координату.

Т.к. данный механизм является пространственным, а движение его составляющих механизмов не дублируются между собой, то было произведено 2 расчёта – для плоско-параллельного шестизвенного механизма и для поворотного стола [1].

Расчёт степени подвижности плоско-параллельного механизма был выполнен по формуле П.Л. Чебышева для плоских механизмов [2]:

$$W_{\text{плоск}} = 3 \cdot n - 2 \cdot p_5 - p_4 = 3 \cdot 5 - 2 \cdot 6 = 15 - 12 = 3;$$

где n - число подвижных звеньев исследуемого МСОМ;

p_5 - число кинематических пар 5 класса исследуемого МСОМ;

p_4 - число кинематических пар 4 класса исследуемого МСОМ.

Следовательно, плоско-параллельный шестизвенный механизм обладает 3 степенями свободы по отношению к основанию.

Расчёт степени подвижности поворотного стола был выполнен по формуле Сомова-Малышева [3]:

$$W_{\text{нов.ст.}} = 6 \cdot n - i \cdot p_i = 6 \cdot 2 - 5 \cdot 2 = 12 - 10 = 2;$$

где p_i - число кинематических пар i класса исследуемого МСОМ;

i - класс кинематической пары.

Тогда общее число степеней подвижности исследуемого механизма совместного относительного манипулирования будет равно общему числу степеней подвижности плоско-параллельного шестизвенного механизма и поворотного стола, которые рассчитаны выше:

$$W_{\text{МСОМ}} = W_{\text{плоск}} + W_{\text{нов.ст.}} = 3 + 2 = 5.$$

Если рассмотреть движение МСОМ, то можно сказать, что в действительности или на практике он как раз может двигаться в пространстве по трём осям X , Y , Z и вращаться только вокруг двух осей, а именно вокруг оси X (в плоском механизме) и оси Z (вращение поворотного стола), соответственно движение исследуемого МСОМ может происходить в пяти из шести возможных направлениях [4].

Был проведён расчёт числа степеней свободы исследуемого МСОМ, что позволило определить, сколькими независимыми перемещениями обладает механизм по отношению к неподвижному звену (стойке) и убедиться, что количество этих степеней свободы соответствует изначально запланированному.

Таким образом, был полностью проанализирован механизм совместного относительного манипулирования как с точки зрения кинематической цепи, так и с точки зрения общего принципа работы механизма. Данный анализ позволяет чётко понимать как работает исследуемый механизм и его возможности.

Библиографический список:

1. Зенкевич С.Л. Управление роботами. Основы управления манипуляционными роботами [Текст]: учебник для вузов/ С.Л. Зенкевич, А.С. Ющенко, под ред. С.Л. Зенкевича, А.С. Ющенко. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000. – 400 с.
2. Тарг С. М. Краткий курс теоретической механики. Учеб. для вузов. - 10-е изд., перераб. и доп. — М.: Высш. шк., 1986. — 416 с, ил.
3. Теоретические основы робототехники. В 2 кн. Корендясев А.И., Саламандра Б.Л., Тывес Л.И.; отв. ред. С.М. Каплунов; Ин-т машиноведения им. А.А. Благонравова РАН. – М.: Наука, 2006. – 383 с.
4. Испирян, Р. А. Принятие управленческих решений посредством системы технического диагностирования / Р. А. Испирян, А. Л. Ткаченко // Развитие управленческих и информационных технологий, их роль в региональной экономике : материалы II Международной открытой научно-практической конференции, Калуга, 21–22 апреля 2016 года / Под редакцией: Пироговой Т.Э., Швецовоу С.Т., Орловцевоу О.М. – Калуга: ООО "ТРП", 2016. – С. 95-102.

Оригинальность 75%