

Балакин Павел Дмитриевич, Шамутдинов Айдар Харисович

РЕШЕНИЕ ПРЯМОЙ И ОБРАТНОЙ ЗАДАЧ КИНЕМАТИКИ ОРИГИНАЛЬНОЙ ЧАСТИ ШЕСТИКООРДИНАТНОГО МАНИПУЛЯТОРА

В данной статье геометрически решены прямая и обратная задачи кинематики оригинальной части шестикоординатного манипулятора, что позволяет для каждого момента времени определить положение исполнительного органа манипулятора и выбрать схему нагрузки для установления усилий, действующих на манипулятор.

Адрес статьи: www.gramota.net/materials/1/2013/10/5.html

Статья опубликована в авторской редакции и отражает точку зрения автора(ов) по рассматриваемому вопросу.

Источник

Альманах современной науки и образования

Тамбов: Грамота, 2013. № 10 (77). С. 24-27. ISSN 1993-5552.

Адрес журнала: www.gramota.net/editions/1.html

Содержание данного номера журнала: www.gramota.net/materials/1/2013/10/

© Издательство "Грамота"

Информация о возможности публикации статей в журнале размещена на Интернет сайте издательства: www.gramota.net

Вопросы, связанные с публикациями научных материалов, редакция просит направлять на адрес: almanac@gramota.net

В зависимости от расположения криволинейного четырехугольника $PP'_1P''_2P'_2$ относительно оси вращения манипулятора возможны ещё два вида конфигурации рабочей зоны манипулятора, а именно: криволинейные сечения касаются друг друга в т. P'_2 при вращении (Рис. 6б), и когда они не пересекаются (Рис. 6в).

Выводы

1. Рабочее пространство оригинальной части манипулятора является торообразной фигурой вращения, крайние точки которой достигаются центром подвижной платформы при ее поступательном и вращательном движениях относительно основания.

2. Для обеспечения поворота подвижной платформы в крайних положениях, относительно оси OY' (оси OY , повернутой на угол q_1 или q_2 относительно горизонтали), необходимо увеличение (уменьшение) длины третьего стержня b (Рис. 2), соединяющего рабочий стол с опорно-поворотным устройством.

3. На размеры рабочей зоны существенное влияние оказывают ограничения, накладываемые угловыми перемещениями в шарнирах, чем они меньше, тем меньше габаритные размеры рабочей зоны при тех же пределах изменения длин левого и правого стержней.

Список литературы

1. Балакин П. Д., Шамутдинов А. Х. Схемное решение механизма пространственного манипулятора // Омский научный вестник. 2012. № 1. С. 65-69.

WORKING ZONE DETERMINATION OF SIX-AXIS MANIPULATOR ORIGINAL PART

Balakin Pavel Dmitrievich, Doctor in Technical Sciences, Professor
Shamutdinov Aidar Kharisovich
Omsk State Technical University
1972id@list.ru

The article experimentally determines the working zone of the six-axis manipulator original part and by means of the program package *KOMPAS 3D-V12* shows its kinds at different rotation angles relative to Y-axis. Knowing the working zone limits is necessary for the manipulator dexterity comparative assessment that is essential for its practical use.

Key words and phrases: manipulator; manipulator working zone; generalized coordinates; curvilinear section; torus-like space figure.

УДК 621.01

Технические науки

В данной статье геометрически решены прямая и обратная задачи кинематики оригинальной части шестикоординатного манипулятора, что позволяет для каждого момента времени определить положение исполнительного органа манипулятора и выбрать схему нагрузки для установления усилий, действующих на манипулятор.

Ключевые слова и фразы: манипулятор; рабочий стол; стержень; прямая и обратная задачи кинематики; абсолютная система координат; обобщенные координаты; рабочий орган манипулятора.

Балакин Павел Дмитриевич, д.т.н., профессор
Шамутдинов Айдар Харисович
Омский государственный технический университет
1972id@list.ru

РЕШЕНИЕ ПРЯМОЙ И ОБРАТНОЙ ЗАДАЧ КИНЕМАТИКИ ОРИГИНАЛЬНОЙ ЧАСТИ ШЕСТИКООРДИНАТНОГО МАНИПУЛЯТОРА[©]

Прямая задача для манипулятора – это вычисление положения (x_p, y_p, z_p) его рабочего органа по кинематической схеме при известных значениях обобщенных координат (q_1, q_2, \dots, q_n) , где n – число степеней свободы манипулятора, q_n – обобщенные координаты.

Обратная задача – это вычисление величин обобщенных координат (q_1, q_2, \dots, q_n) по заданному положению (x_p, y_p, z_p) рабочего органа при известной схеме кинематики манипулятора.

Прямую задачу кинематики оригинальной части манипулятора [1] будем решать геометрически. Для этого изобразим кинематическую схему манипулятора, обобщенные координаты его звеньев q_n , их длины l_n и применим к манипулятору абсолютную (неподвижную) систему координат (X, Y, Z) , обозначив координаты рабочего органа x_p, y_p, z_p (Рис. 1). Обозначения на Рис. 1: (X, Y, Z) – абсолютная (неподвижная) система

координат; P – точка, где находится рабочий орган (заготовка, инструмент) на рабочем столе; P' – положение рабочей точки P при вращении блока звеньев (2, 4-8) вокруг оси, параллельной оси X, в т. O₁; P'' – положение рабочей точки P при вращении блока звеньев (2, 5-8) вокруг оси, параллельной оси X, в т. O₄'=O₄''; (x, y, z) – координаты т. P; (x', y', z') – координаты т. P'; (x'', y'', z'') – координаты т. P''; (x_p, y_p, z_p) – координаты т. P'''; O₁P'=O₁P=l_p; O₄P'=O₄P=l_p'; O₁O₄'=O₁O₄=b. Положения на Рис. 1: 1) поворотный стол; 2) левый стержень (двигатель поступательного перемещения); 3) верхний стержень (двигатель поступательного перемещения); 4) опоры; 5) рабочий стол; 6) опорно-поворотное устройство; 7) наклонная платформа; 8) правый стержень (двигатель поступательного перемещения).

Последовательность поворотов стержней 2 и 3 не меняет итоговое положение рабочего стола 5. По аналогии видно, что последовательность поворотов стержней 2, 3 и поворотного стола 1 также не изменяет итогового положения рабочего стола 5. Поэтому будем изменять, например, положение сначала стержня 3, потом стержня 2 и потом положение поворотного стола 1. По заданным обобщенным координатам найдем положение точки P рабочего органа. Из Рис. 1 видно, что первоначальные координаты т. P будут: x=0, y = -l₃·cosβ; z=H. При изменении обобщенной координаты q₁ (повороте) т. P займет положение P'. Представим вращение треугольника O₁P'P' вокруг начала координат O: сначала нужно его повернуть против часовой стрелки на угол q₁, а потом параллельным переносом по оси Y сместить влево на величину a/2 (Рис. 2). Из Рис. 2 видно: x'=0, y'=O₁P'·cos(q₁+λ)-a/2, z'=O₁P'·sin(q₁+λ) или x'=0, y'=-l_p'·cos(q₁+λ)-a/2, z'=l_p'·sin(q₁+λ), где λ – угол наклона линии O₁P' относительно горизонтали. При изменении обобщенной координаты q₂ (повороте) т. P' займет положение P''. Представим вращение треугольника O₄P'P'' вокруг начала координат O: сначала нужно его повернуть по часовой стрелке на угол q₂, потом параллельным переносом сместить вправо на величину u₁ и наконец параллельным переносом по оси Z переместить вверх на величину h₁ (Рис. 3):

$$x''=0, y''=-O_4P'' \cdot \cos(q_2+\varepsilon)+x_1, z''=O_4P'' \cdot \sin(q_2+\varepsilon)+h_1,$$

или x''=0, y''=-l_p'·cos(q₂+ε)+x₁, z''=l_p'·sin(q₂+ε)+h₁, где ε – угол наклона линии O₄P' относительно горизонтали, x₁=b·cos(q₁+γ)-a/2, h₁=b·sin(q₁+γ).

Из треугольника O₁P'O₄' (Рис. 1) по известной теореме косинусов находим:

$$O_1P'^2=O_4P'^2+O_1O_4'^2-2O_4P' \cdot O_1O_4' \cdot \cos \psi \text{ или } l_p'^2=l_p'^2+b^2-2b \cdot l_p' \cdot \cos \psi, \text{ откуда}$$

$$\psi = \arccos\left(\frac{b^2 + l_p'^2 - l_p'^2}{2b \cdot l_p'}\right). \text{ Из рисунка видно, что } \varepsilon=\psi-q_1-\gamma.$$

При вращении манипулятора (т.е. системы XYZ) вокруг оси Z≡Z''' (Рис. 1) координаты т. P''' будут: x_p=y''·sinq₃, y_p=y''·cosq₃, z_p=z''.

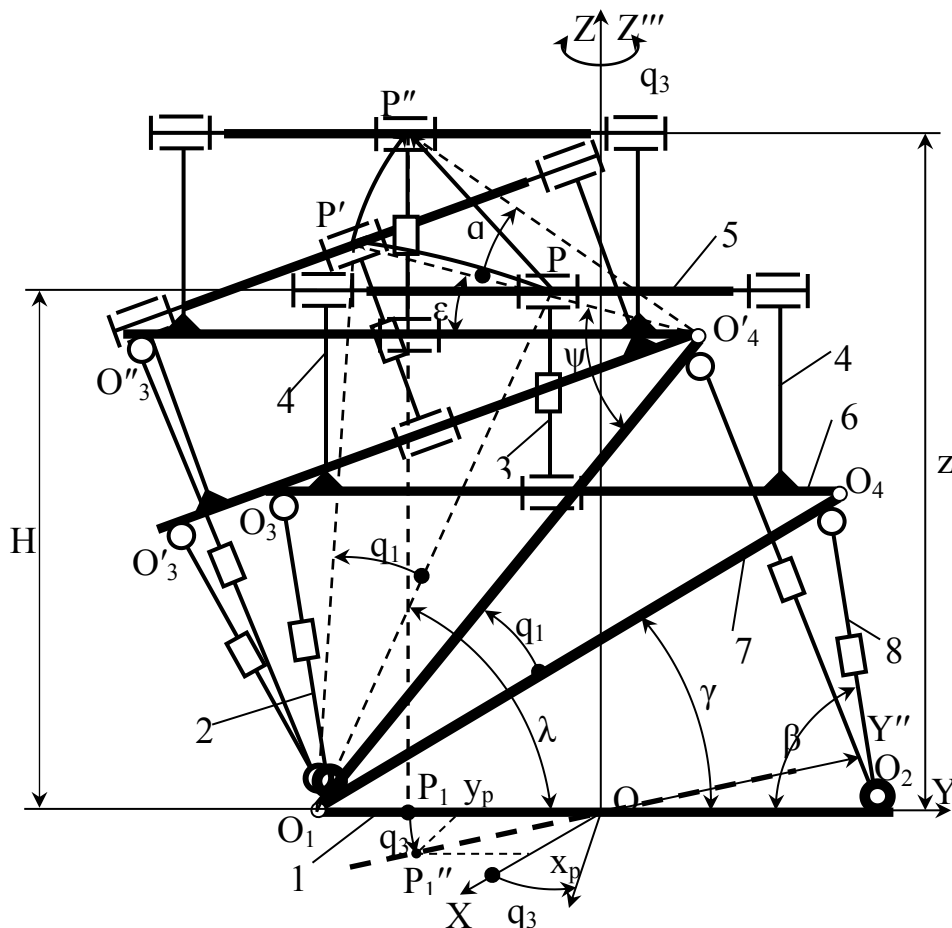


Рис. 1. Кинематическая схема манипулятора

Окончательно можно записать:

$$\begin{aligned} x_p &= [-l_p' \cdot \cos(q_2 + \psi - q_1 - \gamma) + b \cdot \cos(q_1 + \gamma) - a/2] \cdot \sin q_3, \\ y_p &= [-l_p' \cdot \cos(q_2 + \psi - q_1 - \gamma) + b \cdot \cos(q_1 + \gamma) - a/2] \cdot \cos q_3, \\ z_p &= l_p' \cdot \sin(q_2 + \psi - q_1 - \gamma) + b \cdot \sin(q_1 + \gamma). \end{aligned} \quad (1)$$

Таким образом, прямая задача кинематики для данного манипулятора решена.

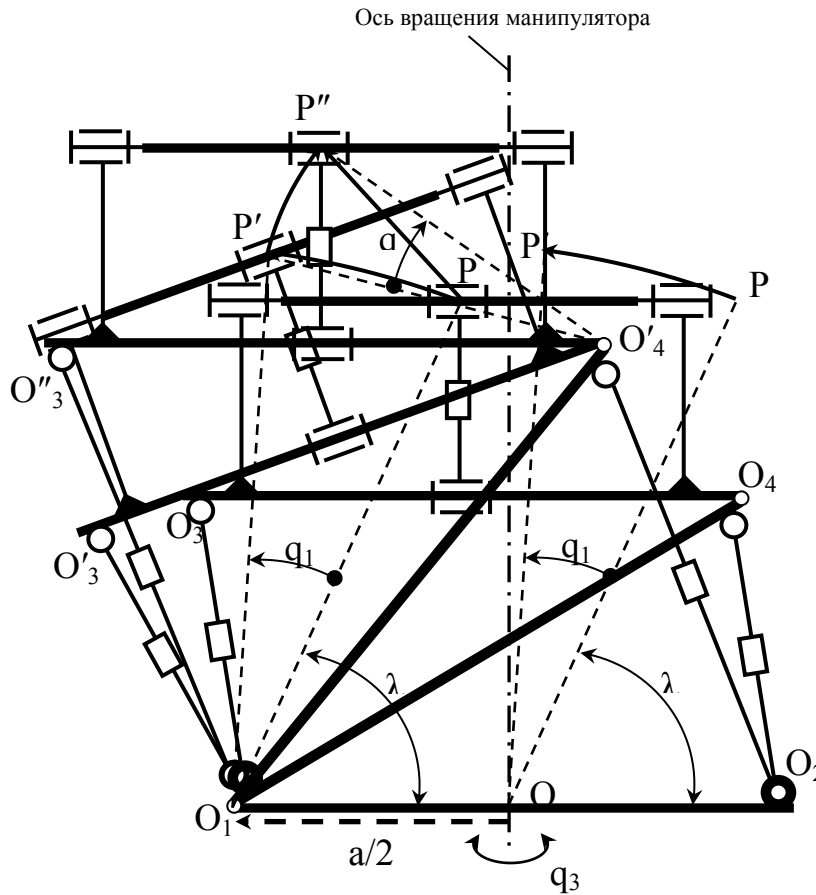


Рис. 2. Поворот манипулятора на угол q_1

Из соотношений (1) видно, что решение обратной задачи в явном виде невозможно. Для нашего случая, когда $q_1 = q_2$, для итогового положения рабочего органа манипулятора решение обратной задачи не представляет сложности. Запишем соотношения (1) при $q_1 = q_2$:

$$\begin{aligned} x_p &= [-l_p' \cdot \cos(\psi - \gamma) + b \cdot \cos(q_1 + \gamma) - a/2] \cdot \sin q_3, \\ y_p &= [-l_p' \cdot \cos(\psi - \gamma) + b \cdot \cos(q_1 + \gamma) - a/2] \cdot \cos q_3, \\ z_p &= l_p' \cdot \sin(\psi - \gamma) + b \cdot \sin(q_1 + \gamma). \end{aligned} \quad (2)$$

Из первых двух уравнений имеем: $\sin q_3 = \operatorname{tg} \left(\frac{x_p}{y_p} \right)$, откуда $q_3 = \operatorname{arctg} \left(\frac{x_p}{y_p} \right)$.

Из третьего уравнения находим: $\sin(q_1 + \gamma) = \frac{z_p - l_p' \cdot \sin(\psi - \gamma)}{b}$, откуда

$q_1 = q_2 = \arcsin \left(\frac{z_p - l_p' \cdot \sin(\psi - \gamma)}{b} \right) - \gamma$. Окончательно запишем:

$$q_1 = q_2 = \arcsin \left(\frac{z_p - l_p' \cdot \sin(\psi - \gamma)}{b} \right) - \gamma, \quad q_3 = \operatorname{arctg} \left(\frac{x_p}{y_p} \right). \quad (3)$$

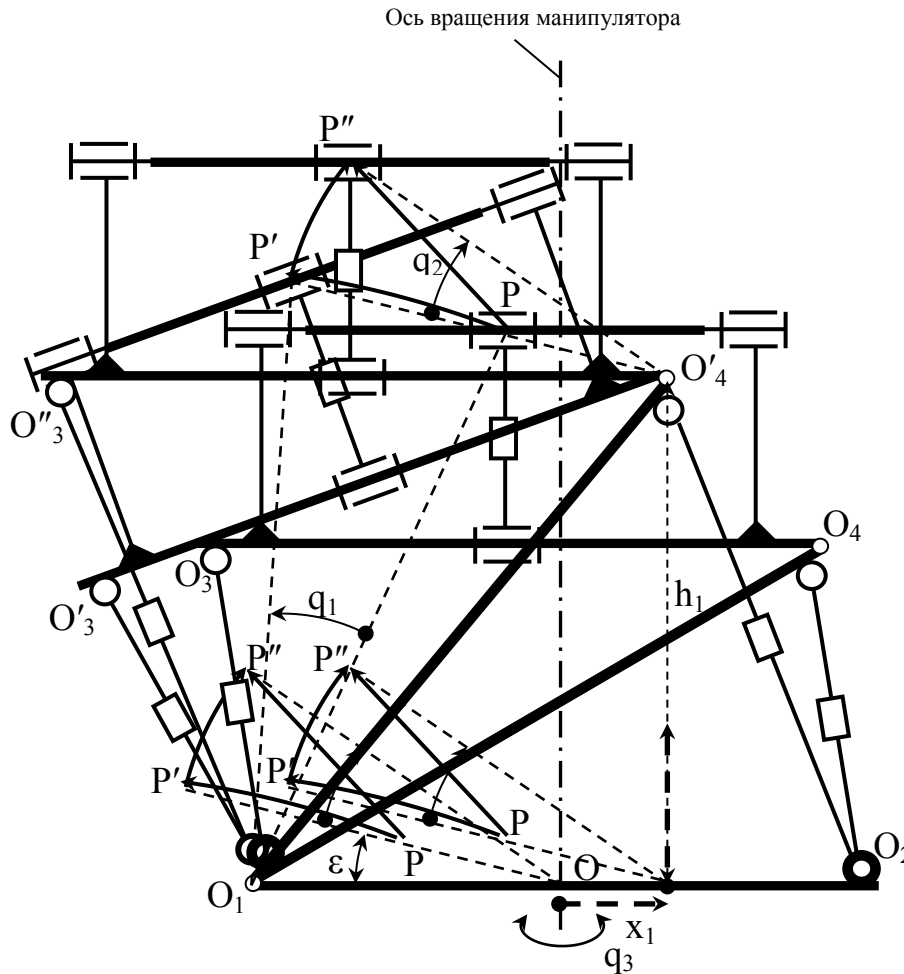


Рис. 3. Поворот манипулятора на угол q_2

Выводы

1. Для исследуемой схемы механизма манипулятора аналитически решена прямая задача кинематики (1), что позволит для каждого момента времени определить положение исполнительного органа манипулятора.
2. При $q_1 = q_2$ решена обратная задача кинематики (3).
3. Эти задачи могут быть решены и при других модификациях схемы механизма.

Список литературы

1. Балакин П. Д., Шамутдинов А. Х. Схемное решение механизма пространственного манипулятора // Омский научный вестник. 2012. № 1. С. 65-69.

SOLUTION OF KINEMATICS DIRECT AND INVERSE PROBLEMS OF SIX-AXIS MANIPULATOR ORIGINAL PART

Balakin Pavel Dmitrievich, Doctor in Technical Sciences, Professor
 Shamutdinov Aidar Kharisovich
 Omsk State Technical University
 1972id@list.ru

In this article kinematics direct and inverse problems of the six-axis manipulator original part are solved geometrically. It allows determining the position of the manipulator executive element for each time moment and choosing a load scheme for fixing the forces, which act on the manipulator.

Key words and phrases: manipulator; work table; rod; kinematics direct and inverse problems; system of absolute coordinates; generalized coordinates; manipulator work member.