

УДК 621.01

КОНЕЧНЫЕ ПОВОРОТЫ ЭЛЕМЕНТОВ ОРИГИНАЛЬНОЙ ЧАСТИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО МАНИПУЛЯТОРА

Шамутдинов А.Х.

ФГБОУ ВПО (филиал) «Омский автотанковый инженерный институт», Омск,
e-mail: 1972id@list.ru

В данной статье рассмотрены конечные повороты наклонной платформы и опорно-поворотного устройства оригинальной части пространственного манипулятора при произвольном перемещении стержней (двигателей поступательного перемещения) и при их равных перемещениях. Сделан вывод об их коммутативности в движении (поворотах). Кроме того, определены углы поворотов наклонной платформы и опорно-поворотного устройства, зависящие от геометрических размеров оригинальной части и перемещений стержней, величины которых необходимы для определения положения рабочего стола манипулятора. Определено условие поступательного вертикального перемещения рабочего стола пространственного манипулятора.

Ключевые слова: пространственный манипулятор, поворотный стол, опорно-поворотное устройство, рабочий стол, двигатель поступательного перемещения, углы поворотов, коммутативность в движении

FINAL ROTATIONS ELEMENTS OF THE ORIGINAL PART OF THE SPATIAL MANIPULATOR

Shamutdinov A.H.

Omsk Tank-Automotive Engineering Institute, Omsk, e-mail: 1972id@list.ru

This article examines the final turnings of inclined platform and support- rotary device of the original part of the spatial manipulator with the arbitrary displacement of rods (engines of progressive displacement) and with their equal displacements. Conclusion about their commutativity in the motion is made (rotation). Furthermore, are determined the angle of rotations of inclined platform and the support- rotary devices, which depend on the geometric dimensions of original part and displacements of the rods, whose values are necessary for determining the position of the working table of manipulator. Determined condition vertical movement of the working table of spatial manipulator r.

Keywords: spatial manipulator, swivel table, support-turning device, working table, the engine of progressive displacement, angle of rotations, commutation in the motion

В [1–3] была описана сущность работы шестикоординатного манипулятора (пространственного механизма) и область его использования. Рассмотрим только оригинальную часть данного механизма. Кинематику опорно-поворотного устройства 5 пространственного манипулятора будем рассматривать при произвольном перемещении стержней 1 и 2 (рис. 1–2). Для упрощения схемы, на рис. 1–2, не показаны опоры и выходное звено (рабочий стол). Черным цветом показано начальное положение механизма, синим цветом – при изменении длины одного стержня и красным цветом – при изменении длины второго стержня (конечное положение).

Исходные данные:

$O_1O_3 = O_1O'_3 = l_1$ – первоначальная длина левого стержня,

$O_2O_4 = l_2$ – первоначальная длина правого стержня,

$O_1O''_3 = l_1 + \Delta l_1$ – длина левого стержня после перемещения на величину Δl_1 ,

$O_2O'_4 = l_2 + \Delta l_2$ – длина правого стержня после перемещения на величину Δl_2 ,

$O_1O_2 = a, O_1O_4 = O_1O'_4 = b, O_3O_4 = O'_3O'_4 = O''_3O''_4 = c$.

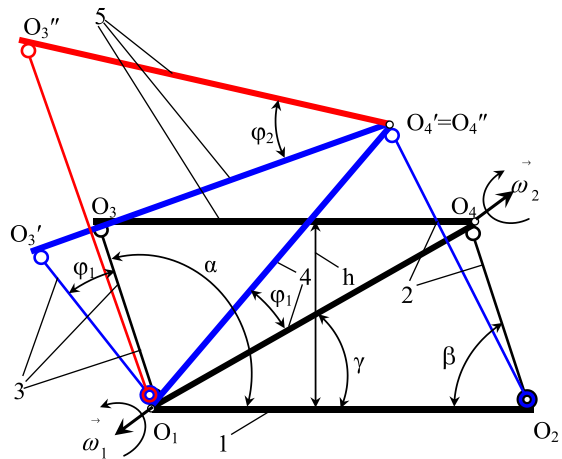


Рис. 1. Схема перемещения фрагмента манипулятора при движении стержня 2, а потом стержня 1

В общем случае: $\alpha = \pi - \arcsin \frac{h}{l_1}$,
 $\beta = \arcsin \frac{h}{l_2}$, $\gamma = \arcsin \frac{h}{b}$.

Считаем, что первоначальное положение управляемой платформы определяется

горизонтальным положением опорно-поворотного устройства 5 (рис. 1–2).

Цель исследования

Определим углы поворотов наклонной платформы 4 и опорно-поворотного устройства 5 при перемещении стержней 1 и 2.

1а) Перемещение правого стержня 2, на величину Δl_2

Левый стержень, при этом, не меняет своей длины и поворачивается по дуге окружности, радиусом $R_1 = l_1$, а наклонная платформа 4 поворачивается по дуге окружности, радиусом $R_2 = b$ на угол ϕ_1 .

$O_2O''^2 = a^2 + b^2 - 2a \cdot b \cdot \cos(\phi_1 + \alpha)$,
 $O_2O'_4 = l_2 + \Delta l_2$, откуда

$$\phi_1 = \arccos\left(\frac{a^2 + b^2 - (l_2 + \Delta l_2)^2}{2a \cdot b}\right) - \gamma \quad (1)$$

1б) Перемещение левого стержня 3, на величину Δl_1

Правый стержень, при этом, не меняет своей длины, остается на месте, а по дуге окружности, радиусом $R_3 = c$, поворачивается опорно-поворотное устройство 5 на угол ϕ_2 .

$O_1O''^3 = b^2 + c^2 - 2b \cdot c \cdot \cos(\phi_2 + \gamma)$,
 $O_1O''_3 = l_1 + \Delta l_1$, откуда

$$\phi_2 = \arccos\left(\frac{b^2 + c^2 - (l_1 + \Delta l_1)^2}{2b \cdot c}\right) - \gamma \quad (2)$$

Теперь поменяем последовательность движений стержней 2 и 3:

2а) Перемещение левого стержня 3, на величину Δl_1

Правый стержень, при этом, не меняет своей длины, остается на месте, а по дуге окружности, радиусом $R_3 = c$, поворачивается опорно-поворотное устройство 5 на угол ϕ_2 .

$O_1O''^3 = b^2 + c^2 - 2b \cdot c \cdot \cos(\phi_2 + \gamma)$,
 $O_1O''_3 = l_1 + \Delta l_1$, откуда

$$\phi_2 = \arccos\left(\frac{b^2 + c^2 - (l_1 + \Delta l_1)^2}{2b \cdot c}\right) - \gamma \quad (3)$$

2б) Перемещение правого стержня 2, на величину Δl_2

Левый стержень, при этом, не меняет своей длины и поворачивается по дуге окружности, радиусом $R_1 = l_1 + \Delta l_1$, а наклонная платформа 4 поворачивается

по дуге окружности, радиусом $R_2 = b$ на угол ϕ_1 .

$O_2O''^2 = a^2 + b^2 - 2a \cdot b \cdot \cos(\phi_1 + \alpha)$,
 $O_2O'_4 = l_2 + \Delta l_2$, откуда

$$\phi_1 = \arccos\left(\frac{a^2 + b^2 - (l_2 + \Delta l_2)^2}{2a \cdot b}\right) - \gamma \quad (4)$$

Сравнивая рис. 1 и рис. 2 видно, что при изменении последовательности поворотов стержней 2 и 3 итоговое положение опорно-поворотного устройства 5 не изменилось.

Итак, задавая перемещения стержней Δl_1 и Δl_2 или углы поворотов ϕ_1 и ϕ_2 (как обобщенные координаты), определяем углы поворотов данных стержней. Так как эти стержни связаны с опорно-поворотным устройством 5, на котором расположен рабочий стол, то зная углы поворотов стержней можно определить положение рабочего стола.

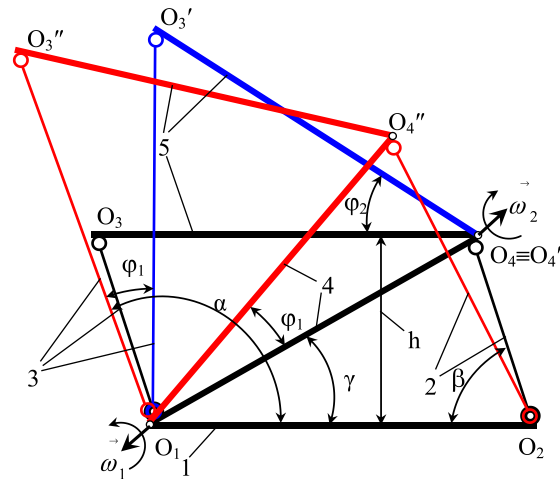


Рис. 2. Схема перемещения фрагмента пространственного механизма при движении стержня 1, а потом стержня 2

Теперь рассмотрим кинематику опорно-поворотного устройства 5 пространственного манипулятора при $\phi_2 = \phi_1$ (и $\phi_1 = \phi_2$).

Из рис. 1–2 видно, что при $\phi_2 = \phi_1$ (и $\phi_1 = \phi_2$) рис. 1 преобразуется в рис. 3, а рис. 2 в рис. 4. Таким образом, опорно-поворотное устройство 5 опять заняло горизонтальное положение, т.е. произошло поступательное перемещение опорно-поворотного устройства 5. Так как $\phi_2 = \phi_1$, то из выражений (1) – (4) имеем:

$$\arccos\left(\frac{a^2 + b^2 - (l_2 + \Delta l_2)^2}{2a \cdot b}\right) - \gamma = \arccos\left(\frac{b^2 + c^2 - (l_1 + \Delta l_1)^2}{2b \cdot c}\right) - \gamma,$$

откуда

$$\frac{a^2 + b^2 - (l_2 + \Delta l_2)^2}{2a \cdot b} = \frac{b^2 + c^2 - (l_1 + \Delta l_1)^2}{2b \cdot c}$$

или

$$\frac{a^2 + b^2 - (l_2 + \Delta l_2)^2}{b^2 + c^2 - (l_1 + \Delta l_1)^2} = \frac{a}{c}. \quad (5)$$

Рассмотрим частный случай перемещения опорного стола 5 когда $\varphi_2 = \varphi_1$ и $\omega_1 = \omega_2$ (рис. 3–4).

Таким образом, соблюдая соотношение (5) можно добиться поступательного вертикального перемещения опорно-поворотного устройства 5 пространственного манипулятора в общем виде.

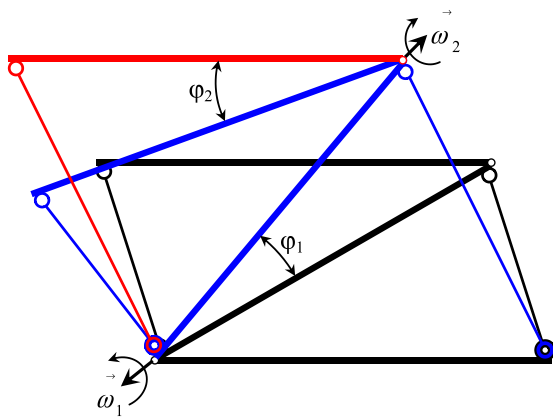


Рис. 3. Схема перемещения фрагмента пространственного механизма при движении стержня 2, а потом стержня 1 при $\varphi_2 = \varphi_1$

В макете пространственного манипулятора конструктивные параметры подобраны так, что $a = c$. Тогда из выражения (5) найдем:

$$l_1 + \Delta l_1 = l_2 + \Delta l_2. \quad (6)$$

Соблюдая условие (6) для манипулятора вида (рис. 5) также можно добиться поступательного перемещения рабочего стола манипулятора. Для нашего макета $l_1 = l_2$. Тогда $\Delta l_1 = \Delta l_2$, т.е. для поступательного перемещения опорно-поворотного устройства данного макета манипулятора необходимо перемещение стержней 2 и 3 вдоль своей оси на равные величины.

Из [4] известно, что поступательное движение твердого тела получается в 4-х случаях:

1. Поступательных движений твердого тела;

2. Двух вращательных движений твердого тела с равными антипараллельными угловыми скоростями;

3. Винтового движения твердого тела и пары вращений;

4. Двух винтовых движений твердого тела с параллельными осями и равными антипараллельными угловыми скоростями.

В нашем случае – это второй вариант. Отсюда видно, что:

$\vec{\omega}_1 = \vec{\omega}_2$, т.е. $\dot{\varphi}_1 = -\dot{\varphi}_2$, где ω_1 и ω_2 – угловые скорости наклонной платформы и опорно-поворотного устройства, соответственно.

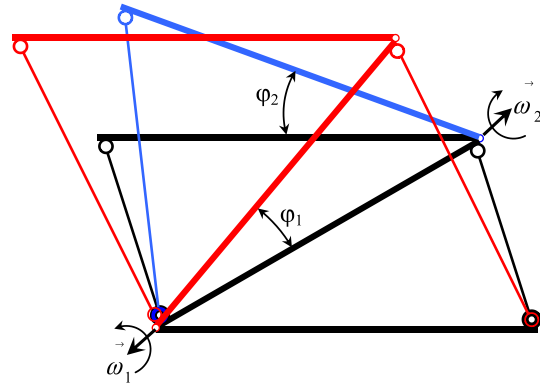


Рис. 4. Схема перемещения фрагмента пространственного механизма при движении стержня 2, а потом стержня 1 при $\varphi_1 = \varphi_2$

Выводы

1. Доказано, что конечные повороты наклонной платформы и опорно-поворотного устройства идентичны, т.е. эти повороты – коммутативны. Таким образом, схемное решение шестикоординатного манипулятора обеспечивает независимость исполнительных движений, в том числе независимость последовательности исполнительных частичных движений.

2. Соблюдая соотношение (5) можно добиться поступательного вертикального перемещения опорно-поворотного устройства 5, а значит и рабочего стола пространственного манипулятора в общем виде.

Список литературы

1. Балакин П.Д. Выбор рациональных геометрических связей для синтеза оригинальной части пространственного манипулятора / П.Д. Балакин, А.Х. Шамутдинов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. – №5, Ч. 3 – С. 374–378.

2. Балакин П.Д. Схемное решение механизма пространственного манипулятора / П.Д. Балакин, А.Х. Шамутдинов // Омский научный вестник. – 2012. – № 2(110). – С. 65–69.

3. Пат. №120599 РФ, МПК В25J1/00. Пространственный механизм / Балакин П.Д., Шамутдинов А.Х. Заявка №2011153160/02, 26.02.2011. Оpubл. 27.09.2012, Бюл. №27.

4. Люкшин В.С. Теория винтовых поверхностей в проектировании режущих инструментов / В.С. Люкшин. – М.: Машиностроение, 1967. – 372 с.