

УДК 621.01

## **ПРЕОДОЛЕНИЕ ТУПИКОВЫХ СИТУАЦИЙ ПРИ СИНТЕЗЕ ДВИЖЕНИЙ МАНИПУЛЯТОРА МО- БИЛЬНОГО РОБОТА С ОБЕСПЕЧЕНИЕМ ЗАДАН- НОЙ ОРИЕНТАЦИИ ВЫХОДНОГО ЗВЕНА**

**Д.И. Нефедов**

*Омский Государственный Технический Университет,*

*г. Омск*

В данной работе рассмотрена проблема синтеза движений манипулятора с обеспечением заданного положения выходного звена. Проведены исследования манипулятивности механизма манипулятора, построена область возможных значений углов звеньев. Разработан алгоритм позволяющий планировать движение манипулятора с заданными ограничениями.

Механизм манипулятора, синтез движений, тупиковая ситуация, алгоритм, область допустимых значений, виртуальное моделирование.

Промышленные роботы широко используются для автоматизации технологических процессов при производстве различных видов изделий. Однако, кроме автоматизации выполнения однообразной и рутинной работы, связанной, например, со сборкой, сваркой, покраской и т.п., роботы могут выполнять автономное функционирование и обладать большим набором возможностей по анализу и прогнозированию обстановки, планированию целесообразных действий и поведения с учетом окружающей среды. Данные автономные роботы в большинстве своем находятся на подвижном основании (тележке, платформе) и управляются с использованием методов и технологий искусственного интеллекта [1-2]. При управлении роботом с использованием человека-оператора, непосредственный контроль за действиями робота в некоторых случаях может быть затруднен или не возможен. Поэтому разработка интеллектуальных систем управления является актуальной задачей и позволяет гарантировать качественный перенос объектов манипулирования без их повреждений (при отсутствии резких движений, столкновений с

препятствиями). Данную задачу необходимо решать комплексно с учетом многочисленных факторов. Задача интеллектуального управления может быть решена с использованием метода "синтеза малых движений" [3]. Манипулятор при этом перемещает объект на небольшие расстояния вдоль заданной траектории (например, вдоль поверхности стеллажа).

Рассмотрим алгоритм автоматизированного планирования траектории центра выходного звена при заданных его начальной и конечной точках ( $A_n$  и  $A_u$ , см. рис. 1).

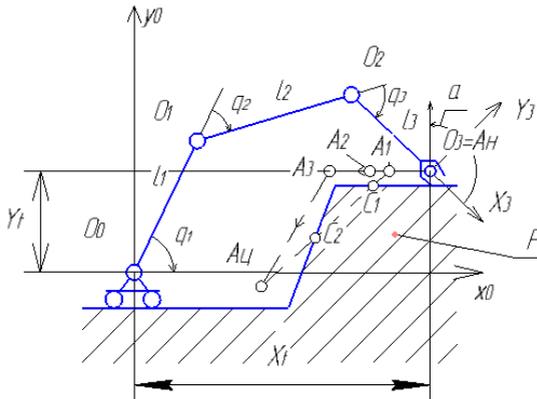


Рисунок 1 - Схематическое изображение механизма манипулятора, объекта переноса и стеллажа

Необходимо определить прямолинейные участки траектории, которые не пересекают запретную зону  $P$  и обеспечивают заданную ориентацию выходного звена по отношению к вертикальной прямой. Угол  $\alpha$  между осями  $O_3x_3$  и  $O_0y_0$  должен быть не менее  $170$  и не более  $190$  градусов. Для проведения исследований длины звеньев  $l_i$  механизма манипулятора примем равными следующим значениям:  $O_0O_1=900\text{мм}$ ,  $O_1O_2=700\text{мм}$ ,  $O_2O_3=500\text{мм}$ . Положение кинематической цепи определяют обобщенные координаты  $q_1$ ,  $q_2$  и  $q_3$ . Минимальные и максимальные значения обобщенных координат соответственно равны  $0^\circ$ ,  $-120^\circ$ ,  $-120^\circ$  и  $120^\circ$ ,  $120^\circ$ ,  $120^\circ$ . При захвате объекта манипулирования необходимо обеспечивать определенную ориента-

цию выходного звена, в частности - вертикальное положение оси  $O_{3x_3}$  (объясняется особенностями формы и способа захвата объекта). Это обстоятельство ограничивает подвижность манипулятора. Для оценки множества возможных конфигураций, обеспечивающих заданный наклон оси схватоносителя  $O_{3x_3}$  к оси  $O_{0y_0}$  неподвижной системы координат проведем глобальный анализ точек конфигурационного пространства и определим те точки, которые обеспечивают угол наклона схватоносителя  $\alpha$  от вертикального положения в заданном диапазоне:

$$170^\circ \leq \alpha \leq 190^\circ. \quad (1)$$

Область  $L$  точек данных конфигураций (с обеспечением допустимых значений (1)) и ее проекции  $L_1, L_2, L_3$  в пространстве обобщенных координат изображены на рисунке 2.

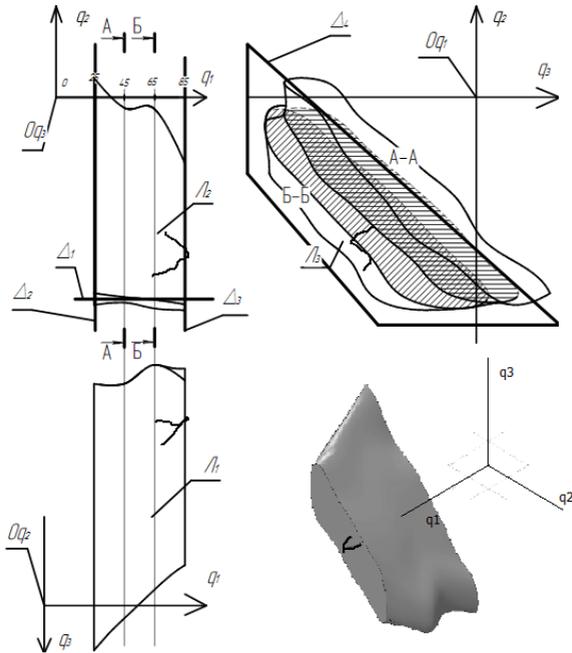


Рисунок 2 - Изображение области  $L$  и траектории  $l$  в пространстве обобщенных координат  $Q$ .



$A_i A_j$ ; 7 — Точка  $B(q_1, q_2, q_3)$  принадлежит области  $A$ ; 8 — Синтез от предыдущей точки с изменением ориентации выходного звена; 9 — перемещение центра выходного звена в точку  $A_j$ . 10 — целевая точка достигнута. 11 — конец.

На рисунке 2 представлена траектория  $l$  движения точки  $B_i$  в пространстве  $Q$  при смещении центра выходного звена из точки  $A_i$  в точку  $A_j$ . Как видно, траектория  $l$  незначительно выходит за пределы области  $A$ . Использование алгоритма, представленного на рисунке 3 позволяет обеспечивать принадлежность траектории области  $A$ , и, следовательно, обеспечить условие (1). На рисунке 3б представлены результаты моделирования перемещения механизма манипулятора по одному из фрагментов определенной траектории.

На этапе моделирования синтеза движений манипулятора было выявлено возникновение тупиковых ситуаций, при которых дальнейшее движение в заданном направлении с обеспечением заданной ориентации выходного звена было невозможным. С целью решения данной проблемы было предложено задание в аналитическом виде область, задающая множество конфигураций, обеспечивающие заданную ориентацию выходного звена. На основе использования разработанного алгоритма синтеза движений и использования указанной области данные тупиковые ситуации были алгоритмом преодолены.

#### Литература

1. Ющенко, А. С. Интеллектуальное планирование в деятельности роботов / Ющенко А. С. // Мехатроника, автоматизация, управление. 2005. №3. – С. 5 – 18.
2. Макаров, И. М. Интеллектуальные робототехнические системы: принципы построения и примеры реализации. Часть 1/ Макаров И. М., Лохин В. М., Манько С. В., Романов М. П., Евстигнеев Д. В., Семенов А. В. // Мехатроника, автоматизация, управление. 2004. №11. – С. 14 – 23.
3. Притыкин, Ф. Н. Виртуальное моделирование движений роботов, имеющих различную структуру кинематических цепей : монография / Ф. Н. Притыкин ; ОмГТУ – Омск : Изд-во ОмГТУ, 2014. – 172 с.