

**СЕКЦІЯ 8**  
**ІНФОРМАЦІЙНІ ТА КОМУНІКАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ.**  
**ІНФОРМАЦІЙНА БЕЗПЕКА. ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ**  
**СИСТЕМИ. ЕЛЕКТРОНІКА**

УДК.004.942

**Ербосынова А.С., докторант PhD**

НАО «Казахский национальный исследовательский технический университет  
имени К.И. Сатпаева», barne2003@mail.ru

**Павленко П.Н., докт. техн. наук, профессор**

**Власенко Ю.В., науч. сотруди.**

**Захарчук Т.Н., млад. науч. сотруди.**

Национальный авиационный университет, г. Киев, [petrpav@nau.edu.ua](mailto:petrpav@nau.edu.ua)

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ, МОДЕЛИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ**  
**МАНИПУЛЯЦИОННЫХ РОБОТОВ**

Одним из основных путей сокращения доли ручного труда в металлургической, химической и других отраслях промышленности является применение промышленных роботов и построение роботизированных технологических комплексов, состоящих из отдельных роботизированных технологических ячеек (РТЯ).

Для построения РТЯ необходимо выполнить этапы выбора модели серийно-выпускаемых промышленных роботов, провести анализ их компоновочных решений, определить наиболее оптимальный для последующей модернизации и адаптации код условия конкретных специфических производственных задач.

В данной работе исследуются задачи построения и компьютерного моделирования кинематической схемы семизвенного манипуляционного робота путем решения обратной задачи кинематики с применением R-функций. Разработана кинематическая схема семизвенного манипуляционного робота, предназначенная для решения проблемных задач, представленная на рисунке.

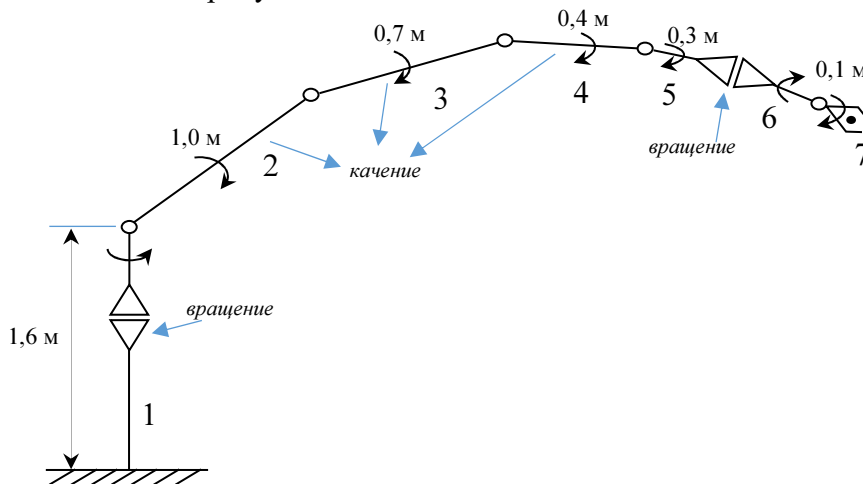


Рис. 1 – Кинематическая схема для семизвенного манипуляционного робота

Разработаны формализованные модели и алгоритмы выбора типа серийно-выпускаемых промышленных роботов с учетом ограничений, накладываемых техническим оборудованием, требований выполнения технологических операций и требований к рабочему пространству. Выполнена задача кинематического анализа движений РТЯ на основе выбранного серийного промышленного робота.

Установлена связь кинематической схемы манипуляционного робота с геометрическими параметрами рабочего пространства. Разработан алгоритм описания рабочего пространства семизвеного манипуляционного робота с применением математического аппарата R-функций и его программная реализация с учетом ограничений по скорости и ускорению приводов промышленных роботов.

Получена матрица преобразования для семизвеного манипулятора в виде:

$$A_{1,7}=A_{0,1}\cdot A_{1,2}\cdot A_{2,3}\cdot A_{3,4}\cdot A_{4,5}\cdot A_{5,6}\cdot A_{6,7};$$

где  $A_{i,i+1}$  – соответствующие матрицы преобразования отдельных звеньев,  $i=0\dots 6$ .

Матрица преобразования также может быть представлена в виде:

$$\begin{bmatrix} n_x & o_x & a_x & P_x \\ n_y & o_y & a_y & P_y \\ n_z & o_z & a_z & P_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = A_{1,7}$$

где  $n$  – вектор нормали к схвату,

$o$  – касательный вектор схвата,

$a$  – вектор подхода схвата,

$P$  – вектор положения схвата.

Ниже представлены компоненты вектора  $n$  – вектора нормали к схвату, которые были вычислены на основе кинематической модели матрицы преобразования:

$$\begin{aligned} n_x = & \cos\theta_6 \cdot \cos\theta_7 \cdot (\cos\theta_4 \cdot \sin\theta_5 \cdot (-\cos\theta_1 \cdot \cos\theta_2 \cdot \sin\theta_3 - \cos\theta_1 \cdot \cos\theta_3 \cdot \sin\theta_2 - \sin\theta_4 \cdot (\cos\theta_1 \cdot \cos\theta_2 \cdot \cos\theta_3 - \\ & - \cos\theta_1 \cdot \sin\theta_2 \cdot \sin\theta_3)) + \cos\theta_5 \cdot (\cos\theta_4 \cdot (\cos\theta_1 \cdot \cos\theta_2 \cdot \cos\theta_3 - \cos\theta_1 \cdot \sin\theta_2 \cdot \sin\theta_3) + \\ & + \sin\theta_4 \cdot (-\cos\theta_1 \cdot \cos\theta_2 \cdot \sin\theta_3 - \cos\theta_1 \cdot \cos\theta_3 \cdot \sin\theta_2)) + \sin\theta_1 \cdot \sin\theta_6) + \\ & + \sin\theta_7 \cdot (\cos\theta_5 \cdot (\cos\theta_4 \cdot (-\cos\theta_1 \cdot \cos\theta_2 \cdot \sin\theta_3 - \cos\theta_1 \cdot \cos\theta_3 \cdot \sin\theta_2) - \sin\theta_4 \cdot (\cos\theta_1 \cdot \cos\theta_2 \cdot \cos\theta_3 - \\ & - \cos\theta_1 \cdot \sin\theta_2 \cdot \sin\theta_3)) - \sin\theta_5 \cdot (\cos\theta_4 \cdot (\cos\theta_1 \cdot \cos\theta_2 \cdot \cos\theta_3 - \cos\theta_1 \cdot \sin\theta_2 \cdot \sin\theta_3) + \\ & + \sin\theta_4 \cdot (-\cos\theta_1 \cdot \cos\theta_2 \cdot \sin\theta_3 - \cos\theta_1 \cdot \cos\theta_3 \cdot \sin\theta_2))); \\ n_y = & \cos\theta_7 \cdot (-\cos\theta_1 \cdot \sin\theta_6 + \cos\theta_6 \cdot (\cos\theta_5 \cdot (\cos\theta_4 \cdot (\cos\theta_2 \cdot \cos\theta_3 \cdot \sin\theta_1 - \sin\theta_1 \cdot \sin\theta_2 \cdot \sin\theta_3) + \\ & + \sin\theta_4 \cdot (-\cos\theta_2 \cdot \sin\theta_1 \cdot \sin\theta_3 - \cos\theta_3 \cdot \sin\theta_1 \cdot \sin\theta_2)) + \sin\theta_5 \cdot (\cos\theta_4 \cdot (-\cos\theta_2 \cdot \sin\theta_1 \cdot \sin\theta_3 - \\ & - \cos\theta_3 \cdot \sin\theta_1 \cdot \sin\theta_2) - \sin\theta_4 \cdot (\cos\theta_2 \cdot \cos\theta_3 \cdot \sin\theta_1 - \sin\theta_1 \cdot \sin\theta_2 \cdot \sin\theta_3))) + \\ & + \sin\theta_7 \cdot (\cos\theta_5 \cdot (\cos\theta_4 \cdot (-\cos\theta_2 \cdot \sin\theta_1 \cdot \sin\theta_3 - \cos\theta_3 \cdot \sin\theta_1 \cdot \sin\theta_2) - \sin\theta_4 \cdot (\cos\theta_2 \cdot \cos\theta_3 \cdot \sin\theta_1 - \\ & - \sin\theta_1 \cdot \sin\theta_2 \cdot \sin\theta_3)) - \sin\theta_5 \cdot (\cos\theta_4 \cdot (\cos\theta_2 \cdot \cos\theta_3 \cdot \sin\theta_1 - \sin\theta_1 \cdot \sin\theta_2 \cdot \sin\theta_3) + \\ & + \sin\theta_4 \cdot (-\cos\theta_2 \cdot \sin\theta_1 \cdot \sin\theta_3 - \cos\theta_3 \cdot \sin\theta_1 \cdot \sin\theta_2))); \\ n_z = & \cos\theta_6 \cdot \cos\theta_7 \cdot (\cos\theta_5 \cdot (\cos\theta_4 \cdot (-\cos\theta_2 \cdot \sin\theta_3 - \cos\theta_3 \cdot \sin\theta_2) + \sin\theta_4 \cdot (-\cos\theta_2 \cdot \cos\theta_3 + \sin\theta_2 \cdot \sin\theta_3)) + \\ & + \sin\theta_5 \cdot (\cos\theta_4 \cdot (-\cos\theta_2 \cdot \cos\theta_3 + \sin\theta_2 \cdot \sin\theta_3) - \sin\theta_4 \cdot (-\cos\theta_2 \cdot \sin\theta_3 - \cos\theta_3 \cdot \sin\theta_2))) + \\ & + \sin\theta_7 \cdot (\cos\theta_5 \cdot (\cos\theta_4 \cdot (-\cos\theta_2 \cdot \cos\theta_3 + \sin\theta_2 \cdot \sin\theta_3) - \sin\theta_4 \cdot (-\cos\theta_2 \cdot \sin\theta_3 - \cos\theta_3 \cdot \sin\theta_2)) - \\ & - \sin\theta_5 \cdot (\cos\theta_4 \cdot (-\cos\theta_2 \cdot \sin\theta_3 - \cos\theta_3 \cdot \sin\theta_2) + \sin\theta_4 \cdot (-\cos\theta_2 \cdot \cos\theta_3 + \sin\theta_2 \cdot \sin\theta_3))). \end{aligned}$$

В данное время реализуется экспериментальное моделирование цифрового пространства DELMIA (Dassault Systemes, Франция). Полученные результаты могут быть использованы для конструирования и моделирования рабочей зоны сложных по кинематике роботизированных комплексов их структурных РТЯ и собственно манипуляционных роботов.

#### Список ссылок

1. Бейсембаев А.А. Метод определения пространственных положений манипуляционного робота / Бейсембаев А.А., Павленко П.Н., Власенко Ю.В., Ербосынова А.С. // XII Международная научно-практическая конференция “Компьютерные системы и сетевые технологии”, Киев, Украина, 28-30 марта 2019 г.
2. Simulation of robot arm positions using R-functions / A.A. Beysembaev, A.S.Erbosynova, KazNRTU n.a. K.I. Satpayev, Kazakhstan, P.M. Pavlenko, Y.V. Vlasenko // The Fourteenth International Scientific Conference "AVIA-2019", National Aviation University, Ukraine – April 25–26, 2019.