

Литература

1. Воробьев, Е. И. Промышленные роботы агрегатно-модульного типа / Е. И. Воробьев, Ю. Г. Козырев, В. И. Царенко. – М. : Машиностроение, 1988. – 240 с.
2. Лурье, А. И. Аналитическая механика / А. И. Лурье. – М. : Физматгиз, 1971. – 632 с.
3. Гернет, М. М. Курс теоретической механики : учеб. для вузов / М. М. Гернет. – М. : Высш. шк., 1987. – 344 с.
4. Михайлов, М. И. Основы научных исследований и инновационной деятельности / М. И. Михайлов. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2017. – 399.

РЕШЕНИЕ ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ КИНЕМАТИКИ В УСЛОВИЯХ РОБОТОТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА**А. В. Шевченко***Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель М. И. Михайлов

В настоящее время на производстве широко применяются робототехнические комплексы (РТК), содержащие многостепенные манипуляторы (ММ). В производственном процессе такие комплексы способны выполнять основные и вспомогательные технологические операции. К основным технологическим операциям относятся операции непосредственного выполнения формообразования, изменения линейных размеров заготовки и др. К вспомогательным технологическим операциям относятся транспортные операции, в том числе операции по загрузке и выгрузке технологического оборудования.

Среди самых распространенных действий, выполняемых промышленными роботами, можно назвать следующие: загрузка, разгрузка, манипулирование деталями (укладка, сортировка, ориентация), перемещение, сварка швов, точечная сварка, покраска и выполнение операций резания, шлифовки с движением по сложной траектории.

Совершая такие операции, при помощи ММ можно исключить влияние человеческого фактора на конвейерных производствах, а также при проведении монотонных работ, требующих высокой точности. При использовании роботов происходит интенсификация рабочего процесса, повышение производительности труда, стабилизация ее в течение смены, увеличение коэффициента сменности основного технологического оборудования, что улучшает технико-экономические показатели производства. Повышается качество продукции. Снижаются потери от брака, связанного с ошибками оператора. Возможна также экономия материалов. С применением роботов создаются принципиально новые производства и технологические процессы, максимально уменьшающие неблагоприятные воздействия на человека.

Для качественного выполнения данных операций необходимо точно управлять ММ, т. е. контролировать отклонение от заданной траектории и поддерживать заданную скорость, чтобы они находились в заданных пределах. В большинстве случаев желательно двигаться по гладким траекториям, которые можно сформировать различными способами, с заданной скоростью [1], [2].

Цель работы – решение обратной задачи кинематики для траектории робота с учетом особенностей РТК.

Был сформирован РТК для обработки дисковых деталей. В него входили робот, токарный станок с ЧПУ, фрезерный станок с ЧПУ и накопители заготовок и деталей (рис. 1).

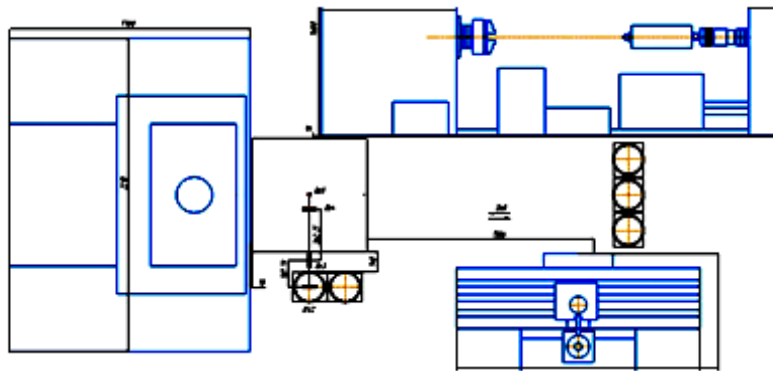


Рис. 1. Планировка робототехнического комплекса

Для построения траекторий были разработаны схемы предельных положений схвата робота (рис. 2).

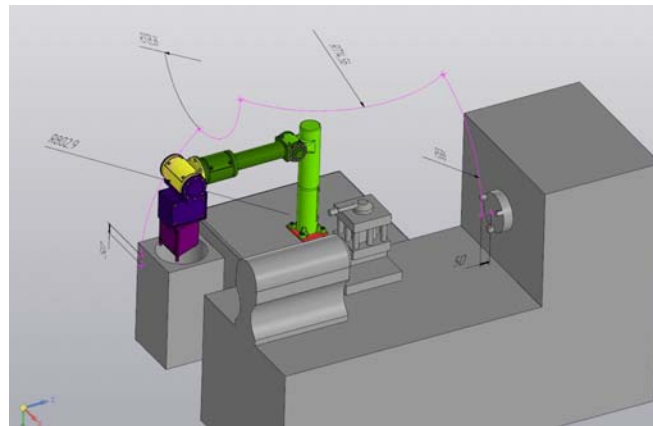


Рис. 2. Траектория движений схвата робота

По известным координатам расположения схвата робота относительно системы координат, а также углам расположения схвата относительно базовой системы координат определяли значения параметров, характеризующих обобщенные координаты.

В разработанном РТК мобильный робот выполняет функцию рабочего, а именно установка заготовки в рабочую зону станка и перемещение заготовки между несколькими станками. Для примера возьмем одно положение робота относительно станка ГФ2171 и, исходя из планировки, составляем кинематическую схему робота.

На рис. 2 изображена кинематическая схема, для которой решалась прямая задача кинематики:

$$[A_{3,0}] = \begin{bmatrix} \cos q_1 & 0 & \sin q_1 & -z_3 \sin q_1 \\ \sin q_1 & 0 & \cos q_1 & z_3 \cos q_1 \\ 0 & 0 & 0 & z_2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{matrix} \gamma_i = q_1 \\ \alpha_i = q_2; \\ z_i = q_3 \end{matrix}; \quad [V_{3,1}] = \begin{bmatrix} -\sin q_1 & 0 & \cos q_1 & +C_3 \cos q_1 \\ \cos q_1 & 0 & -\sin q_1 & C_3 \sin q_1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix};$$

$$[V_{3,2}] = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}; \quad [V_{3,3}] = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & -\sin q_1 \\ 0 & 0 & 0 & \cos q_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}.$$

Так как в этой системе шесть неизвестных, то из этой общей матрицы формируем шесть уравнений и из каждого уравнения определяем одну переменную.

Затем из сформированной траектории определяем координаты схвата и подставляем их в эти уравнения.

Далее составляем систему уравнений, отражающую положение и расположение схвата в зоне обслуживания:

$$[A_x] := [A_{0,7}]_{1,4} + [U_1]_{1,4}(q_{1k} - g_1) + [U_2]_{1,4}(q_{2k} - g_2) + [U_3]_{1,4}(q_{3k} - g_3) + \\ + [U_4]_{1,4}(q_{4k} - g_4) + [U_5]_{1,4}(q_{5k} - g_5) + [U_6]_{1,4}(q_{6k} - g_6);$$

$$[A_y] := [A_{0,7}]_{2,4} + [U_1]_{2,4}(q_{1k} - g_1) + [U_2]_{2,4}(q_{2k} - g_2) + [U_3]_{2,4}(q_{3k} - g_3) + \\ + [U_4]_{2,4}(q_{4k} - g_4) + [U_5]_{2,4}(q_{5k} - g_5) + [U_6]_{2,4}(q_{6k} - g_6);$$

$$[A_z] := [A_{0,7}]_{3,4} + [U_1]_{3,4}(q_{1k} - g_1) + [U_2]_{3,4}(q_{2k} - g_2) + [U_3]_{3,4}(q_{3k} - g_3) + \\ + [U_4]_{3,4}(q_{4k} - g_4) + [U_5]_{3,4}(q_{5k} - g_5) + [U_6]_{3,4}(q_{6k} - g_6);$$

$$[A_a] = [A_{0,7}]_{1,2} + [U_1]_{1,2}(q_{1k} - g_1) + [U_2]_{1,2}(q_{2k} - g_2) + \\ + [U_4]_{1,2}(q_{4k} - g_4) + [U_5]_{1,2}(q_{5k} - g_5) + [U_6]_{1,2}(q_{6k} - g_6);$$

$$[A_b] = [A_{0,7}]_{1,3} + [U_1]_{1,3}(q_{1k} - g_1) + [U_2]_{1,3}(q_{2k} - g_2) + [U_3]_{1,3}(q_{3k} - g_3) + \\ + [U_4]_{1,3}(q_{4k} - g_4) + [U_5]_{1,3}(q_{5k} - g_5) + [U_6]_{1,3}(q_{6k} - g_6);$$

$$[A_7] = [A_{0,7}]_{2,3} + [U_1]_{2,3}(q_{1k} - g_1) + [U_2]_{2,3}(q_{2k} - g_2) + [U_3]_{2,3}(q_{3k} - g_3) + \\ + [U_4]_{2,3}(q_{4k} - g_4) + [U_5]_{2,3}(q_{5k} - g_5) + [U_6]_{2,3}(q_{6k} - g_6).$$

Затем значения q для первого цикла расчета принимаем равными нулю и подставляем в уравнения. В результате решения системы уравнений получим координаты сочленений. Далее полученные координаты снова подставляем в систему уравнений. Если полученные координаты сходятся с предыдущими, то обратная задача решена. В противном случае полученные значения снова подставляем в уравнения и цикл расчетов повторяем.

Результаты расчет приведены в таблице.

Углы поворота манипулятора в каждом из сочленений

Номер позиции схвата	1°	2°	3°	4°	5°	6°
Поз. 0	0	0	-20,94	0	0	0
Поз. 1	90	11,38	19,56	0	59,06	0
Поз. 2	90	26,011	-3,556	0	67,545	0
Поз. 3	90	115,521	-43,643	0	-71,878	0
Поз. 4	90	113,573	-45,249	0	-68,324	0
Поз. 5	90	115,521	-43,643	0	-71,878	0
Поз. 6	-65,547	63,064	-64,13	0	91,066	0
Поз. 7	-65,547	62,709	-58,304	0	85,595	0
Поз. 8	0	97,724	-38,153	0	-59,571	0
Поз. 9	-65,547	97,724	-38,153	0	-59,571	0
Поз. 10	-65,547	83,503	-24,307	0	-59,196	0
Поз. 11	-65,547	101,655	-64,661	0	-36,994	0
Поз. 12	90	11,38	19,56	0	59,06	0
Поз. 13	90	26,011	-3,556	0	67,545	0
Поз. 14	90	73,793	-13,234	90	-90	90
Поз. 15	81,149	71,03	-8,201	90	-81,149	90
Поз. 16	75,293	95,085	-39,357	90	-75,292	90
Поз. 17	-136,343	100,149	-119,594	0	109,445	0
Поз. 18	-136,343	101,365	-103,238	0	91,873	0
Поз. 19	-61,074	73,851	-10,122	90	-118,926	0
Поз. 20	-70,731	80,798	-21,205	90	-109,269	0
Поз. 21	-70,731	98,358	-60,036	90	-109,27	0,00

Литература

1. Lebedev, A. V. Synthesis of Desirable Trajectories of Dynamic Objects Spatial Movement // Proc. of The 6th IASTED International Conf. Intelligent Systems and Control. Honolulu, Hawaii, USA, 2004. – P. 36–39.
2. Фу, К. Робототехника / К. Фу, Р. Гонсалес, К. Ли. – М. : Мир, 1989. – 624 с.