

Рис. 3. Диаграммы влияния параметров фрез на перемещения

Таким образом, установлено влияние параметров концевых фрез на напряженно-деформированное состояние, которое необходимо учитывать при проектировании инструмента.

Литература

1. Хаев, Г. Л. Прочность режущего инструмента / Г. Л. Хаев. – М. : Машиностроение, 1975. – 164 с.
2. Михайлов, М. И. Сборный металлорежущий механизированный инструмент: Ресурсосберегающие модели и конструкции / М. И. Михайлов ; под ред. Ю. М. Плещачевского. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2008. – 339 с.
3. Маслов, А. Ф. Конструкции и эксплуатация прогрессивного инструмента / А. Ф. Маслов. – М. : ИТО, 2006. – 169 с.
4. Инструмент для станков с ЧПУ, многоцелевых станков и ГПС / И. Л. Фадюшин [и др.]. – М. : Машиностроение, 1990. – 272 с.
5. Новые инструменты – дополнение к каталогам 12.2. – Sandvik Coromant 2012. – С. E1–E85.
6. Сандвик – 2010. Руководство по металлообработке. Sandvic Coromant, 2010.
7. Гречишников, В. А. Исследование деформированного состояния сборного режущего элемента методом конечных элементов / В. А. Гречишников, С. В. Лукина, А. И. Веселов // Конструкторско-технологическая информатика 2000 : материалы IV Междунар. конгр., Москва, 2000 г. / Моск. гос. технол. ун-т. – М., 2000. – Т. 1. – С. 158–160.

ТОЧНОСТЬ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО РОБОТА RA 605

М. В. Анопреенко

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель М. И. Михайлов

Использование роботов на ряде машиностроительных предприятий сдерживается до конца не решенным вопросом о точности позиционирования захватных устройств, которая во многом определяется кинематической точностью промышленного робота, в частности, ошибками основного его модуля – руки с захватным устройством. Вследствие этого представляется целесообразным вначале рассмотреть вопрос об определении линейных и угловых погрешностей захватных устройств промышленных роботов [1].

Погрешности чаще всего возникают за счет ошибок обработки приводами манипулятора программных значений обобщенных координат, соответствующих заданному положению захватного устройства. При этом под программными значениями обобщенных координат манипулятора обычно понимают их значения, найденные для заданного положения захватного устройства [2]. Эти значения могут быть определены путем решения обратных задач о положениях манипулятора при анализе кинематики рабочих органов промышленного робота.

Пусть действительные значения обобщенных координат манипулятора робота отличаются от программных на величину Δq_i . Если с захватным устройством связать систему координат, то ее заданное (программное) положение $O_{\Pi}X_{\Pi}Y_{\Pi}Z_{\Pi}$ будет отличаться от действительного ее положения $O_{\text{д}}X_{\text{д}}Y_{\text{д}}Z_{\text{д}}$ на величину Δr (рис. 1).

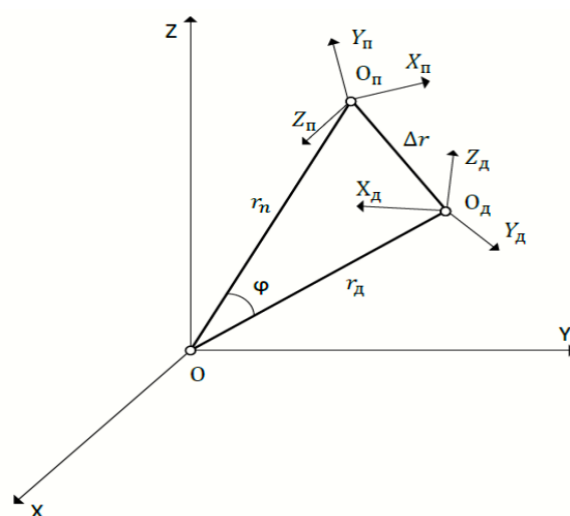


Рис. 1. Схема связей систем координат положения захватного устройства для определения ошибки позиционирования робота

Величину $\Delta r = r_{\text{д}} - r_{\Pi}$ называют линейной ошибкой манипулятора, а угол поворота φ , на который следует повернуть систему $O_{\Pi}X_{\Pi}Y_{\Pi}Z_{\Pi}$, чтобы сделать ее оси параллельными соответствующим осям системы $O_{\text{д}}X_{\text{д}}Y_{\text{д}}Z_{\text{д}}$, называют угловой ошибкой положения манипулятора. Такой поворот всегда возможен на основе известной теоремы Эйлера–Даламбера [3]. Радиус-вектор r произвольной точки захватного устройства промышленного робота можно записать в виде:

$$r = r(q_i), \quad i = 1, \dots, n, \quad (1)$$

где n – число степеней подвижности манипулятора.

Продифференцировав выражение (1) по обобщенным координатам q_i , получаем функцию:

$$dr = \sum_{i=1}^n \frac{\partial r}{\partial q_i} dq_i. \quad (2)$$

Если заменить дифференциалы в функции (2) конечными приращениями, то можно найти линейную ошибку манипулятора Δr :

$$\Delta r = \sum_{i=1}^n \frac{\partial r}{\partial q_i} \Delta q_i, \quad (3)$$

где Δq_i – ошибки обобщенных координат.

Угловая ошибка положения твердого тела может быть определена матрицей ошибок [3], представляющей собой матрицу перехода от системы $O_D X_D Y_D Z_D$ к системе $O_{II} X_{II} Y_{II} Z_{II}$ посредством поворота на три угла Эйлера, которые считаются малыми. Так как такая матрица содержит значения трех углов Эйлера, то она не позволяет выразить угловую ошибку одной величиной. Вследствие этого необходимо найти векторную формулу для угловой ошибки захватного устройства манипулятора промышленного робота. Пусть линейная и угловая ошибки захватного устройства малы. Тогда на основании известного правила сложения малых поворотов твердого тела [3] можно записать выражение

$$\Delta \varphi = \sum_{i=1}^s \Delta q_i = \sum_{j=1}^p \Delta q_j e_j, \quad (4)$$

где Δq_j – ошибки обобщенной координаты во вращательной пары j ; e_j – орт оси шарнира j ; индекс j принимает значения номеров вращательных пар.

Формула (4) позволяет одной величиной $\Delta \varphi$ определять угловую ошибку захватного устройства манипулятора. Так как векторы Δq_j и e_j заданы в системе звена j , то формуле (4) можно придать следующую форму:

$$\Delta \varphi = \sum_{j=1}^p L_{ij} \Delta q_i e_j, \quad (5)$$

где L_{ij} – матрица поворота третьего порядка, совмещающая по повороту систему $OXYZ$ с системой $O_j X_j Y_j Z_j$ звена j .

Цель работы – экспериментальное исследование точности позиционирования промышленного робота RA 605.

В ходе исследования точности позиционирования промышленного робота были проведены измерения (рис. 2). Полученные результаты измерений обрабатывались по стандартной методике [4]. По этой методике получили среднее значение, гистограмму распределения, полигон, дисперсию для каждого параметра.

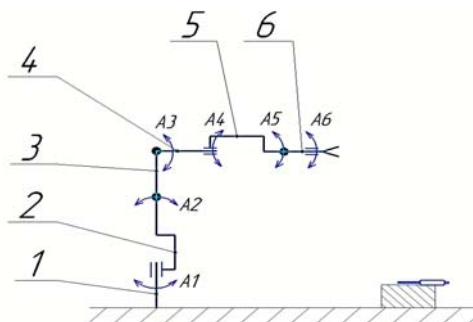
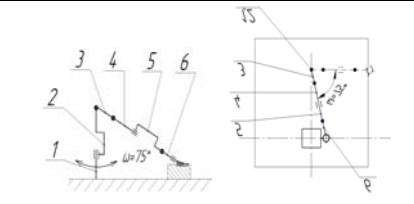
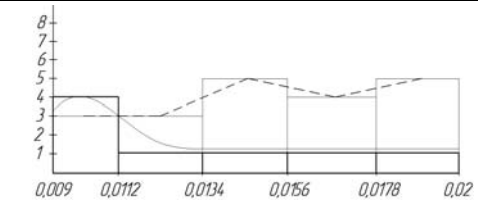
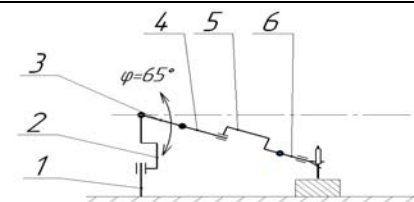
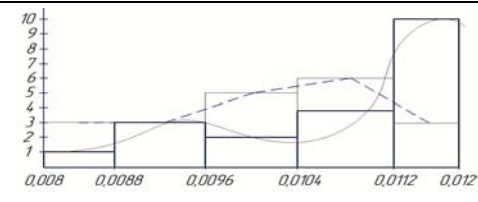
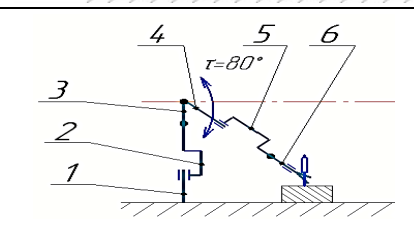
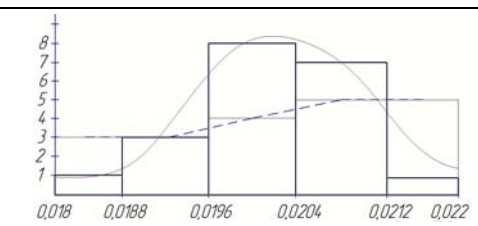
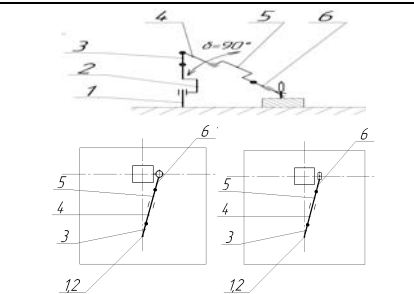
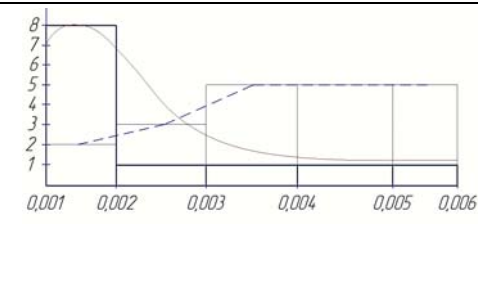
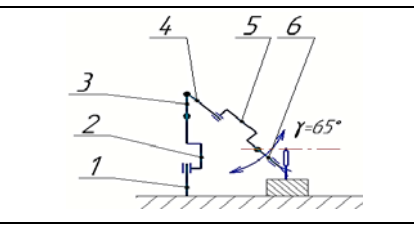
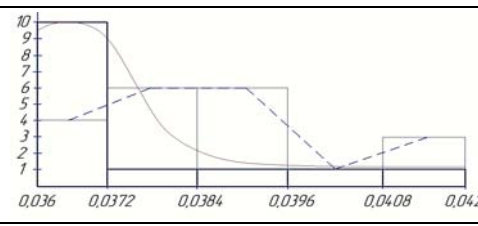
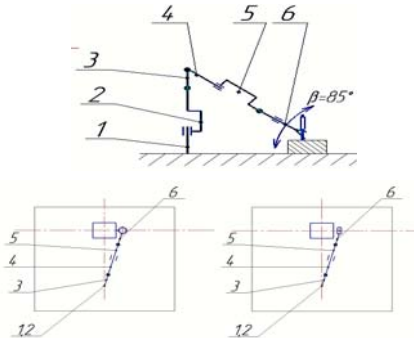
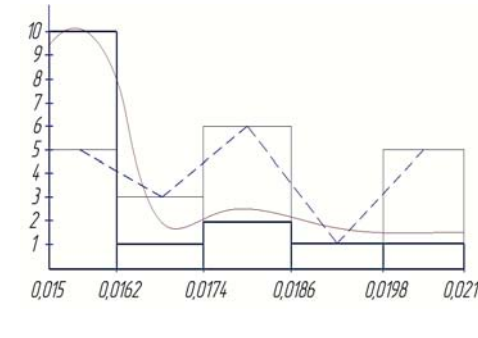


Рис. 2. Исходное положение робота:
1–6 – номер сочленения; A1–A6 – обобщенные координаты

Схемы измерений и результаты представлены в таблице.

Результаты измерений

Номер сочленения	Среднее значение	Схема измерения	Полученный результат
1	0,027		
2	0,1015		
3	0,2024		
4	0,039		
5	0,034		
6	0,1788		

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).