

УДК 621.01

DOI: 10.25206/1813-8225-2022-182-5-9

Ф. Н. ПРИТЫКИН

Омский государственный  
технический университет,  
г. Омск

## ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ АНДРОИДНОГО РОБОТА ПРИ АВТОМАТИЗИРОВАННОМ СИНТЕЗЕ ДВИЖЕНИЙ ПО ВЕКТОРУ СКОРОСТЕЙ

Излагается модернизация метода синтеза движений манипуляторов по вектору скоростей, позволяющая исключить в процессе компьютерного моделирования перемещений возникновение тупиковых ситуаций. Разработанный алгоритм основан на использовании базы данных, характеризующей значения кинематических параметров, задающих допустимые мгновенные состояния механизма манипулятора при различных его положениях. Выполнено графическое представление гиперповерхности, отражающей взаимосвязь указанных кинематических параметров от значений обобщенных координат. На основе этого предложен способ определения кинематических параметров в синтезе движений манипуляторов в организованных средах, позволяющий сократить время вычислений промежуточных конфигураций на заданной траектории выходного звена и исключить возникновение тупиковых ситуаций.

**Ключевые слова:** механизмы манипуляторов, мгновенные состояния механизмов, вектор обобщенных скоростей, компьютерное моделирование движений роботов, робототехника, выходное звено.

**Введение.** При компьютерном моделировании движений механизмов манипуляторов по вектору скоростей существует необходимость в определении зависимостей между различными кинематическими параметрами [1–3]. Данные зависимости переменных при решении указанных задач целесообразно задавать с использованием многомерных графических объектов. В работах [4–8] проведено исследование влияния значений обобщенных координат на параметры, задающие область допустимых значений вектора обобщенных скоростей для некоторых механизмов роботов. С этой целью для определённо заданных положений механизма манипулятора вычислялись множества различных конфигураций реализацией мгновенных состояний, при которых выполнялась заданная точность позиционирования центра выходного звена (ВЗ).

При этом для каждой конфигурации проверялось принадлежность центра ВЗ зоне допуска, которой является окружность определённого радиуса с центром в следующей целевой точке на заданной траектории. Радиус данной окружности задан значением точности позиционирования центра ВЗ. В указанных работах были также установлены закономерности влияния значений обобщенных координат на показатели манипулятивности механизмов роботов.

Одной из проблем при компьютерном моделировании движений по вектору скоростей механизмов манипуляторов в организованных средах является возникновение тупиковых ситуаций в процессе работы алгоритма [9]. В настоящей работе предложен способ преодоления тупиковых ситуаций на основе использования графических моделей многомер-

ных пространств, построенных на основе созданных заранее баз данных. Базы данных, полученные до непосредственного осуществления процессов компьютерного моделирования движений роботов при этом, характеризуют собственные свойства механизмов манипуляторов.

**Постановка задачи исследования.** Известно, что положение следующей расчетной конфигурации определяется соотношениями (1, 2):

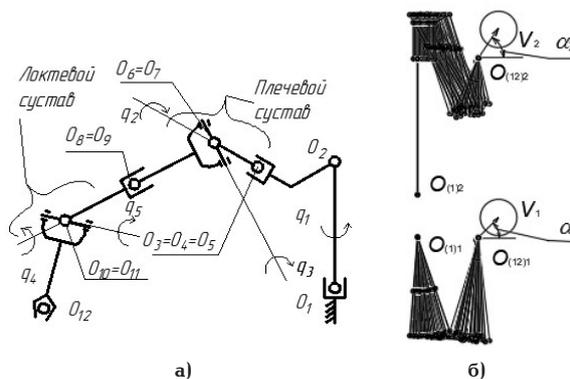
$$Q_N = Q_M + \sum_{i=1}^p k_i m Q_i \quad (1)$$

$$\delta_p < \delta, \quad (2)$$

где  $Q_M$  — вектор, задающий точку  $M^Q \in \Gamma^Q$ , соответствующую критерию минимизации объема движения.  $P$ -плоскость  $\Gamma^Q$  определяется линейной системой уравнений, определяющей зависимость вектора  $V$  скоростей ВЗ от вектора  $Q$  обобщенных скоростей. Условимся индексом  $Q$  в дальнейшем здесь задавать геометрические объекты, принадлежащие многомерному пространству обобщенных скоростей  $Q$ . Точка  $M^Q$  задает центр репера, связанного с  $p$ -плоскостью  $\Gamma^Q$ ;  $k_i$  — это координаты точки  $N^Q$  в  $p$ -плоскости  $\Gamma^Q$ ;  $m$  — длина единичного отрезка репера  $p$ -плоскости  $\Gamma^Q$ ;  $Q_i$  — единичные направляющие векторы осей репера;  $p$  — размерность  $p$ -плоскости  $\Gamma^Q$ . Так как в настоящей работе исследуется механизм андроидного робота AR-600E с числом обобщенных координат  $n = 5$  и размерность вектора скоростей ВЗ  $V$  принята  $r = 3$ , то параметр  $p = 5 - 3 = 2$  (рис. 1а).

Следовательно, для этого случая точку  $N^Q$  в  $p$ -плоскости  $\Gamma^Q$  будут задавать две координаты  $k_1$  и  $k_2$ . В неравенстве (2) параметры  $\delta$  и  $\delta_p$  соответственно задают точность позиционирования центра ВЗ и погрешность линеаризации линейной системы, отражающей зависимость скоростей ВЗ от обобщенных скоростей. Зависимости (1,2) определяют обобщенные скорости механизма манипулятора, удовлетворяющие заданному движению ВЗ. Используем переменные  $k_1^{max}$  и  $k_2^{max}$ , определяющие максимальные и минимальные значения параметра  $k_i$  зависимости (1). Заметим, что значения указанных параметров  $k_1$  и  $k_2$  могут принимать как положительные, так и отрицательные значения. В настоящей работе  $k_1^{max}$  и  $k_2^{max}$  определяются с учетом абсолютных значений данных параметров  $|k_1^{max}|$  и  $|k_2^{max}|$ . Указанные переменные позволяют сократить время расчета промежуточных конфигураций манипуляторов и исключить возникновение тупиковых ситуаций в синтезе движений по вектору скоростей при возникновении ситуаций пересечения механизма манипулятора с запретными зонами.

Рассмотрим пример использования гиперповерхностей  $\Sigma_1$  и  $\Sigma_2$ , заданных в четырехмерном пространстве на чертеже Радищева [10–14], устанавливающих взаимосвязь переменных  $k_1^{max} = f(q_3, q_4, q_5)$  и  $k_2^{max} = f(q_3, q_4, q_5)$  при решении задачи анализа мгновенных состояний механизма андроидного робота AR-600E (при автоматизированном управлении его движением) (см. рис. 1а). Переменные  $q_i$  определяют значения обобщенных координат механизма. На рис. 1а точки  $O_1, O_2, \dots, O_{12}$  задают узловые точки механизма. Длины звеньев механизмов при проведении исследований приняты равными  $l_1 = O_1O_2 = 300$  мм,  $l_2 = O_2O_3 = 120$  мм,  $l_3 = O_3O_6 = 100$  мм,  $l_4 = O_6O_8 = 80$  мм,  $l_5 = O_8O_{10} = 150$  мм и  $l_6 = O_{10}O_{12} = 250$  мм. На рис. 1б изображены совокупности конфигураций  $K_{q_i}$  по-



**Рис. 1.** Механизм руки и туловища андроидного робота AR-600E: а) кинематическая схема механизма; б) изображения положения расчетных конфигураций  $K_{q_i}$  на двух плоскостях проекций при реализации значений вектора  $Q_N$  (1,2) (для положения механизма  $q_i$  ( $95^\circ, 20^\circ, -95^\circ, 25^\circ, -115^\circ$ ), и значения углов  $\alpha_1 = 45^\circ, \alpha_2 = 45^\circ$ )

строенных на основе зависимостей (1-2). Точки  $O_1^1, O_2^1, O_1^{12}$  и  $O_2^{12}$  задают соответственно проекции узловых точек  $O_1$  и  $O_{12}$  (см. рис. 1а).  $V_1$  и  $V_2$  — определяют проекции вектора  $V$  линейных скоростей центра ВЗ. Углы  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  задают направление этого вектора. Центры двух изображенных окружностей на рисунке задают положение проекций целевой точки.

Мгновенные состояния указанного механизма определяются положением точки  $N^Q$  в  $p$ -плоскости  $\Gamma^Q$ . Данная точка определяется вектором обобщенных скоростей по соотношениям (1,2). Используем совокупность переменных  $k_i^{max}$  (1), которые определим для различных значений  $q_1, q_2, \dots, q_5$  и углов  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  составляющих базы данных (3), характеризующей собственные свойства механизма манипулятора.

$$f_1(q_1, q_2, q_3, q_4, q_5, \alpha_1, \alpha_2) = k_1^{max}, \quad (3)$$

$$f_2(q_1, q_2, q_3, q_4, q_5, \alpha_1, \alpha_2) = k_2^{max}.$$

Использование указанной базы данных (3) позволяет исключить возникновение тупиковых ситуаций. Нахождение значений параметров  $k_i^{max}$  зависимости (1) позволяет не только оценить манипулятивность текущей конфигурации, но и определять следующую на заданной траектории конфигурацию на заданном допустимом расстоянии от запретных зон при выполнении поставленной двигательной задачи. Необходимо заметить, что при расчете значений  $k_i^{max}$  могут быть построены конфигурации со значительными изменениями обобщенных координат за одну итерацию (со скачками значений обобщенных координат). Изображения реализаций мгновенных состояний, определяемых множеством  $K_{q_i}$  с одним или несколькими скачками изменения обобщенных координат представлены на (рис. 2а и 2б). Данные конфигурации следует исключить при определении параметров  $k_1^{max}$  и  $k_2^{max}$  на основе использования заданного условия, отражающего удовлетворение предельным значениям приращений обобщенных координат за одну итерацию. Это связано с тем, что при использовании данных промежуточных конфигураций при синтезе движений происходят большие изменения обобщенных координат за одну итерацию. Это может

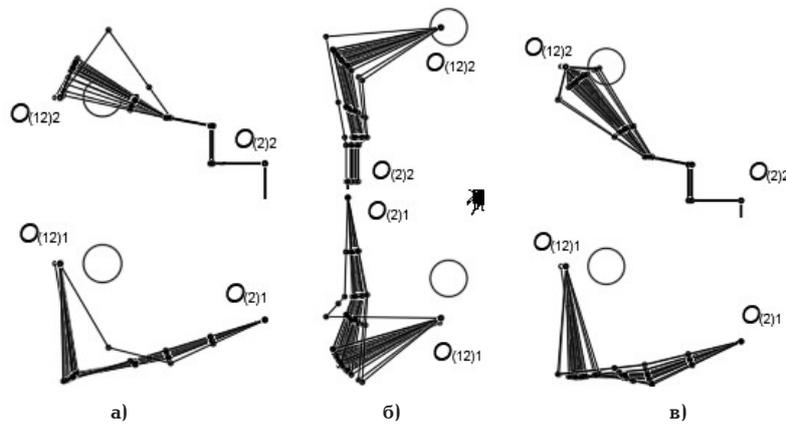


Рис. 2 Множество конфигураций  $K_{q_i}$  со скачками изменения обобщенных координат: а —  $q_i$  (20°, 20°, 20°, 80°, 100°); б —  $q_i$  (95°, 20°, -95°, 25°, -115°); в —  $q_i$  (20°, 20°, 40°, 60°, 100°)

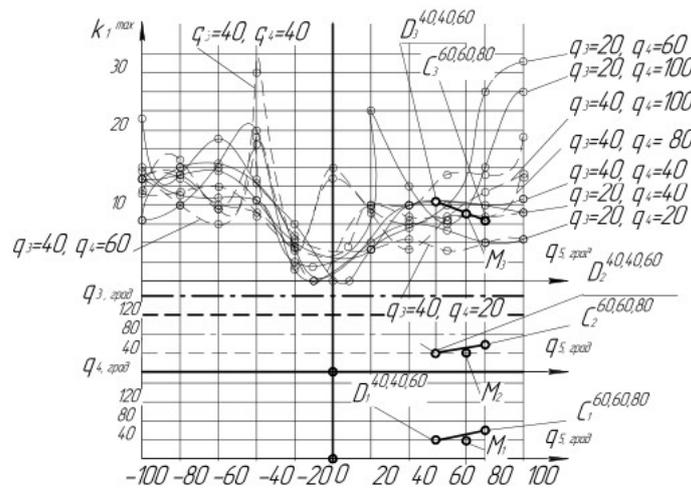


Рис. 3. Изображение проекций некоторых линий двойного уровня на чертеже Радищева, принадлежащих гиперповерхности  $\Sigma_1$   
 $k_i^{max} = f(q_3, q_4, q_5)$

привести к возрастанию динамических нагрузок на исполнительный механизм.

Максимальные и минимальные значения параметров  $k_i^{max}$  и  $k_i^{min}$  базы данных (3) позволяют заведомо исследовать только такие конфигурации, при которых точность позиционирования центра ВЗ принимает допустимые значения. При этом может быть достигнута экономия вычислительных ресурсов при компьютерном моделировании движения с учётом положения запретных зон и исключение тушковых ситуаций, если параметры  $k_i^{max}$  и  $k_i^{min}$  принимают значения, меньшие заданных допустимых.

**Теория.** Исследуем взаимосвязь параметров зависимостей (3) применительно к механизму андроидного робота (см. рис. 1а). Для визуализации зависимостей (3) найдены экспериментальным путем значения параметра  $k_1^{max} = f(q_3, q_4, q_5)$  и  $k_2^{max} = f(q_3, q_4, q_5)$  (при  $q_1 = 20^\circ$ ,  $q_2 = 20^\circ$  и  $\alpha_1 = 0$ ,  $\alpha_2 = 0$ ). Многокомпонентную систему, определяемую параметрами  $q_3$ ,  $q_4$ ,  $q_5$  и  $k_i^{max}$  исследуем с помощью отображений точек на плоскостях проекций чертежа Радищева. Определим точечный каркас узловых точек, принадлежащих гиперповерхности  $\Sigma_1$   $k_1^{max} = f(q_3, q_4, q_5)$ . С этой целью используем регулярную сетку на плоскостях проекций  $Oq_3q_5$  и  $Oq_4q_5$  (рис. 3).

Узловые точки  $A^{q_3, q_4, q_5} \in \Sigma_1$  будем задавать с шагом  $20^\circ$ . Уменьшение указанного шага позволяет разделить базу данных, которая будет более точно за-

давать собственные свойства механизма манипулятора, однако это потребует дополнительных затрат на время вычислений. Верхние индексы обозначений узловых точек  $A^{q_3, q_4, q_5}$  соответственно задают значения обобщенных координат и положение отдельной конфигурации механизма при  $q_1 = 20^\circ$ ,  $q_2 = 20^\circ$  и  $\alpha_1 = 0$ ,  $\alpha_2 = 0$ . Обозначения проекций двух узловых точек  $D^{q_3, q_4, q_5}$  ( $D_1^{40, 40, 60}$ ,  $D_2^{40, 40, 60}$ ,  $D_3^{40, 40, 60}$ ) и  $C^{q_3, q_4, q_5}$  ( $C_1^{60, 60, 80}$ ,  $C_2^{40, 40, 60}$ ,  $C_3^{60, 60, 80}$ ) на плоскостях проекций чертежа Радищева заданы на рис. 3. Не узловые точки на чертеже Радищева обозначены без указания значений обобщенных координат (например,  $M$  ( $M_1$ ,  $M_2$ ,  $M_3$ )). На рис. 3 построены совокупности линий, проходящих через узловые точки, задающие каркас кривых линий двойного уровня. Данные линии задают гиперповерхность  $\Sigma_1$  в четырехмерном пространстве. Указанная гиперповерхность  $\Sigma_1$  отражает функцию  $k_1^{max} = f(q_3, q_4, q_5)$  при  $q_1 = 20^\circ$ ,  $q_2 = 20^\circ$  и  $\alpha_1 = 0$ ,  $\alpha_2 = 0$ . Для определения каркаса кривых гиперповерхности необходимо найти совокупности проекций точек на чертеже Радищева. Каждая точка гиперповерхности получается заданием координат  $q_3$ ,  $q_4$ ,  $q_5$ , кратных двадцати (при  $q_1 = 20^\circ$ ,  $q_2 = 20^\circ$  и  $\alpha_1 = 0$ ,  $\alpha_2 = 0$ ), и вычислением с помощью компьютерного моделирования значения параметра  $k_1^{max}$ .

Линии двойного уровня на чертеже Радищева позволяют определить наиболее оптимальные зна-

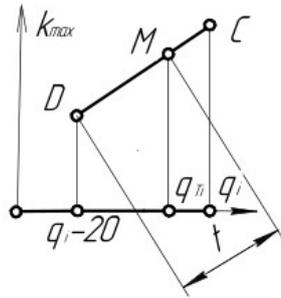


Рис. 4. Геометрическая схема прямой в точечном исчислении

чения параметров  $k_i^{max}$  зависимости (1) от текущего положения механизма манипулятора, заданного значениями обобщенных координат  $q_3^T, q_4^T$  и  $q_5^T$ . Заметим, что при получении полной базы данных (3) значений параметров  $k_i^{max}$  необходимо использовать также значения обобщенных координат  $q_1, q_2$  и значения двух углов  $\alpha_1, \alpha_2$ .

С целью определения параметров  $k_i^{max}$  в зависимости от текущих значений обобщенных координат  $q_3^T, q_4^T$  и  $q_5^T$  рассмотрим методику использования точек принадлежащих гиперповерхности  $\Sigma_1$ . При этом через указанные точки гиперповерхности  $\Sigma_1$  будем задавать отрезки прямых. Уравнение прямой в точечном исчислении имеет следующий вид:

$$M = (D - C)t + C, \quad (4)$$

где  $(0 \geq t \geq 1)$  — текущий параметр, который определяет положение промежуточной точки  $M$  отрезка, располагающейся между точками  $D$  и  $C$  при изменении значения параметра  $t$  от нуля до единицы (см. рис. 4).

Уравнение отрезка прямой  $l \subset \Sigma_1$  необходимо использовать для вычисления значения параметра  $k_i^{max}$  по текущим значениям обобщенных координат  $q_1^T, q_2^T, q_3^T, q_4^T, q_5^T$  и углов  $\alpha_1^T, \alpha_2^T$ . Точка  $D$  является узловой точкой на гиперповерхности  $\Sigma_1$ , которая имеет наименьшее удаление от гиперплоскостей, заданных обобщенными координатами  $q_1^T, q_2^T, q_3^T, q_4^T, q_5^T$  и углами  $\alpha_1^T, \alpha_2^T$ . На рис. 3 на линиях двойного уровня на чертеже Радищева изображены положения проекции точки  $C^{40,40,60}$ , координаты которой вычислены по зависимости (5).

$$C(q_3^D \pm 20^\circ, q_4^D \pm 20^\circ, q_5^D \pm 20^\circ, k_i^{maxB}), \quad (5)$$

где координаты  $q_3^D, q_4^D$  и  $q_5^D$  задают положение узловой точки  $D \in \Sigma_1$ . Знак плюс или минус ( $\pm$ ) принимается в зависимости с какой стороны точка  $D$  расположится относительно гиперплоскостей, заданных параметрами  $q_1^T, q_2^T, q_3^T, q_4^T, q_5^T$  и углами  $\alpha_1^T, \alpha_2^T$ .

На рис. 4 точка  $D$  определяется положением точки  $D^{40,40,60}$  ( $D_1^{40,40,60}, D_2^{40,40,60}, D_3^{40,40,60}$ ) рис. 3. Особенностью точечного исчисления является то, что точки геометрических объектов находятся не на плоскостях проекций, а на осях системы координат. При этом существует возможность с помощью указанных проекций задавать уравнения линий и поверхностей в многомерных пространствах. С учётом покоординатного расчёта для четырехмерного пространства получим:

$$q_3^T = (q_3^D - q_3^C)t + q_3^C,$$

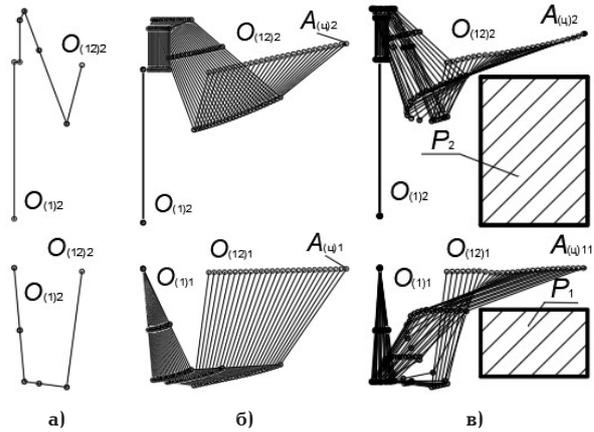


Рис. 5. Результаты компьютерного моделирования движения андроида робота AR-600E:  
а — положение исходной конфигурации;  
б — движение по критерию минимизации объема движения;  
в — движение с учетом запретной зоны P

$$q_4^T = (q_4^D - q_4^C) t + q_4^C, \quad (6)$$

$$q_5^T = (q_5^D - q_5^C) t + q_5^C,$$

$$k_1^{maxM} = (k_1^{maxD} - k_1^{maxC}) t + k_1^{maxC}. \quad (7)$$

На основе решения трех уравнений зависимости (6) возможно вычисление трех значений параметра  $t$ , так как  $q_3^T, q_4^T, q_5^T$  являются текущими значениями обобщенных координат  $q_i$  механизма манипулятора. По данным трем значениям  $t$  возможно определить среднее значение параметра  $t^c$ . Параметр  $k_1^{maxM}$  вычисляют по уравнению (7). При этом вместо параметра  $t$  используется среднее значение  $t^c$ . Следовательно, используя соотношения (6), (7) для текущего положения механизма манипулятора с некоторым приближением, возможно найти значение параметра  $k_1^{maxM}$ . Аналогичным образом находится параметр  $k_2^{maxM}$ , при этом используются точки гиперповерхности  $\Sigma_2$ .

Пусть теперь расширенную базу данных определяют функции (3). В этом случае гиперповерхности  $\Sigma_1$  и  $\Sigma_2$  определяются в восьмимерном пространстве. Для этого случая точка  $D$  находится как ближайшая к семи гиперплоскостям, которые заданы координатами  $q_1^T, q_2^T, q_3^T, q_4^T, q_5^T$  и углами  $\alpha_1^T, \alpha_2^T$ . Точка  $C$  определится аналогичным образом (5). При этом положение данных точек будет определяться восемью координатами  $q_1, q_2, q_3, q_4, q_5, \alpha_1, \alpha_2$  и  $k_i^{max}$ . Отрезок прямой будет определяться уравнениями (6, 7), количество которых будет равно теперь восьми. Если значение параметра  $k_i^{maxM}$  принимает меньше допустимого (в тестовых расчетах это значение принято равным пяти), следует полученную текущую конфигурацию  $q^T$  ( $q_1^T, q_2^T, \dots, q_5^T$ ) заменить другой, используя другие значения параметров  $k_1$  и  $k_2$  на предыдущей итерации.

Работа модернизированного алгоритма синтеза движений основана на использовании базы данных, характеризующей собственные свойства механизма манипулятора. Для создания базы данных необходимо определение параметров  $k_1^{max}$  и  $k_2^{max}$  для различных значений переменных  $q_1, q_2, q_3, q_4, q_5, \alpha_1, \alpha_2$  по экспериментальным данным. Далее необходимо построение линии (6) оптимизирующих факторов  $k_1^{max}$  и  $k_2^{max}$ .

**Результаты экспериментов.** На рис. 5 представлены результаты компьютерного моделирования движения руки и туловища андроида на двух плоскостях проекций. На рис. 5б и на рис. 5в целевая точка обозначена проекциями  $A_{(ц)1}$  и  $A_{(ц)2}$ . Проекция запретной зоны на рис. 5б обозначены  $P_1$  и  $P_2$ . На рис. 5б выполнено компьютерное моделирование движения руки и туловища с учетом положения запретной зоны с использованием разработанной базы данных. Модернизированный метод построения промежуточных конфигураций может быть использован при разработке интеллектуальных систем управления роботами [15–17].

**Основные результаты и выводы.** Модернизация алгоритма компьютерного моделирования движений механизмов манипуляторов по вектору скоростей в организованных средах на основе использования базы данных позволяет исключить вероятность возникновения тушковых ситуаций при расчете промежуточных конфигураций. Модернизированный алгоритм позволяет сократить также время вычислений на 50–80 процентов. Результаты исследований могут быть использованы при разработке интеллектуальных систем управления автономно функционирующих роботов в организованных средах.

#### Библиографический список

- Whitney D. E. The Mathematics of Coordinated Control of Prosthetic Arms and Manipulators // *Journal of Dynamic Systems, Measurement, and Control*. 2010. № 94 (4). P. 303–309.
- Кобринский А. А., Кобринский А. Е. Манипуляционные системы роботов. Москва: Наука, 1985. 343 с.
- Корендяев А. И., Саламандра Б. Л., Тывес Л. И. Манипуляционные системы роботов. Москва: Машиностроение, 1989. 472 с.
- Ескенин Р. Н. Минимизация объема движения манипуляционной системы, перемещающейся в неоднородной среде // *Омский научный вестник*. 2008. № 4 (73). С. 44–48.
- Притыкин Ф. Н. Виртуальное моделирование движений роботов, имеющих различную структуру кинематических цепей: моногр. Омск: Изд-во ОмГТУ, 2014. 172 с.
- Pritykin F. N., Nebritov V. I. Studying tolerance range of generalized velocities vector under android motion synthesis // *Conference: 2016 Dynamics of Systems, Mechanisms and Machines (Dynamics)*. 2016. DOI: 10.1109/Dynamics.2016.7819064.
- Притыкин Ф. Н., Хомченко В. Г., Янишевская А. Г., Небритов В. И. Визуализация линейных смещений узловых точек при реализации мгновенных состояний различных конфигураций руки андроида // *Геометрия и графика*. 2019. Т. 7, № 3. С. 51–60. DOI: 10.12737/article\_5dce6b81e2a808.81762326.
- Притыкин Ф. Н., Небритов В. И. Определение формы и размеров области в шестимерном пространстве, задающей допустимые мгновенные состояния механизма руки антропоморфного робота // *Программные системы и вычислительные методы*. 2019. № 4. С. 115–124. DOI: 10.7256/2454-0714.2019.4.31065.

9. Корендяев А. И., Саламандра Б. Л., Тывес Л. И. Определение числа степеней свободы исполнительного органа промышленного робота // *Машиноведение*. 1985. № 6. С. 44–53.

10. Волков В. Я., Чижик М. А. Графические оптимизационные модели многофакторных процессов. Омск: Изд-во ОГИС, 2009. 101 с.

11. Радищев В. П. О применении геометрии четырех измерений к построению равновесных физико-химических диаграмм // *Изв. Сектора физ.-хим. анализа*. 1947. Т. 15. С. 129–134.

12. Конопацкий Е. В. Подход к построению геометрических моделей многофакторных процессов многомерной интерполяции // *Программная инженерия*. 2019. Т. 10, № 2. С. 77–86. DOI: 10.17587/prin.10.77-86.

13. Конопацкий Е. В. Моделирование аппроксимирующего 16-точечного отсека поверхности отклика применительно к решению неоднородного уравнения теплопроводности // *Геометрия и графика*. 2019. Т. 7, № 2. С. 38–45. DOI: 10.12737/article\_5d2c1a551a22c5.12136357.

14. Конопацкий Е. В., Крысько А. А., Бумага А. И. Вычислительные алгоритмы моделирования одномерных обводов через  $k$  вперед заданных точек // *Геометрия и графика*. 2018. № 3. С. 20–32. DOI: 10.12737/article\_5bc457ece18491.72807735.

15. Карташев В. А., Богуславский А. А., Карташев В. В. [и др.]. Задачи управления манипуляционным роботом для обеспечения безопасности перемещений // *Мехатроника, автоматизация, управление*. 2015. № 1. С. 24–28.

16. Лопатин П. К. Управление манипулятором в неизвестной статической среде // *Робототехника и техническая кибернетика*. 2019. Т. 7, № 1. С. 58–64. DOI: 10.31776/RTSJ.7108.

17. Крахмалев О. Н., Петрешин Д. И., Крахмалев Г. Н. Математические модели систем управления для калибровки ориентации инструмента промышленных роботов // *Мехатроника, автоматизация, управление*. 2017. № 10. С. 664–668. DOI: 10.12737/24891.

**ПРИТЫКИН Федор Николаевич**, доктор технических наук, доцент (Россия), профессор кафедры «Инженерная геометрия и САПР» Омского государственного технического университета, г. Омск. SPIN-код: 7628-8023 ORCID: 0000-0001-8081-6840 AuthorID (SCOPUS): 6507269253 Адрес для переписки: pritykin@mail.ru

#### Для цитирования

Притыкин Ф. Н. Исследование кинематических параметров андроида при автоматизированном синтезе движений по вектору скоростей // *Омский научный вестник*. 2022. № 2 (182). С. 5–9. DOI: 10.25206/1813-8225-2022-182-5-9.

Статья поступила в редакцию 07.02.2022 г.

© Ф. Н. Притыкин