

справочной литературой, в соответствии с требованиями оформлять проектный материал (в том числе с использованием современных программных продуктов);

иметь навыки: компьютерного моделирования, макетирования, разработки изделий, отвечающих эстетическим требованиям;

быть компетентным: во владении современными средствами, методами и формами графического проектирования.

Список использованной литературы:

1. А.Д. Ботвинников, Б.Ф. Ломов. Научные основы формирования графических знаний, умений и навыков школьников. М., 1979.
2. Наби Ы. Жоғары оқу орындары студенттерін графикалық тұрғыдан даярлаудың дидактикалық негіздері: Монография // Алматы, ҚазМемАҒЗИ бас., 1995
3. <http://kikg.ifmo.ru>
4. Наби Ы.А., Дюсенов С.А. Научные предпосылки к обоснованию теории непрерывного графического образования // Энергетика, телекоммуникации и высшее образование в современных условиях / Труды III-ей международной научно-технической конференции. 17-18 октября 2002.

ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ МАНЕВРЕННОСТЬ ДВУХ ПОДВИЖНЫХ РУК РОБОТОТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Федор Николаевич ПРИТЫКИН

доцент, доктор технических наук

Омского государственного технического университета

Е.А ЧУКАВОВ

аспирант Омского государственного технического университета

В результате внедрения новейших достижений микроэлектроники, в особенности микропроцессоров, оказалось возможным появление высоконадежных и относительно дешевых интеллектуальных робототехнических комплексов. Одно из направлений внедрения интеллектуальных адаптивных роботов является их использование в медицине, в частности для обеспечения

деятельности людей с ограниченными возможностями. При разработке конструктивных особенностей исполнительных механизмов подвижных рук в указанных робототехнических системах существует необходимость в решении ряда геометрических задач, связанных с моделированием процессов управления движением. Работоспособность алгоритмов управления движением оценивается средствами виртуального моделирования с использованием компьютерной графики. В данной работе предприняты попытки определения некоторых геометрических параметров в частности проекций углов образованных между осями схватоносителей, характеризующих маневренность двух подвижных рук робототехнической системы представленной на рис. 1.

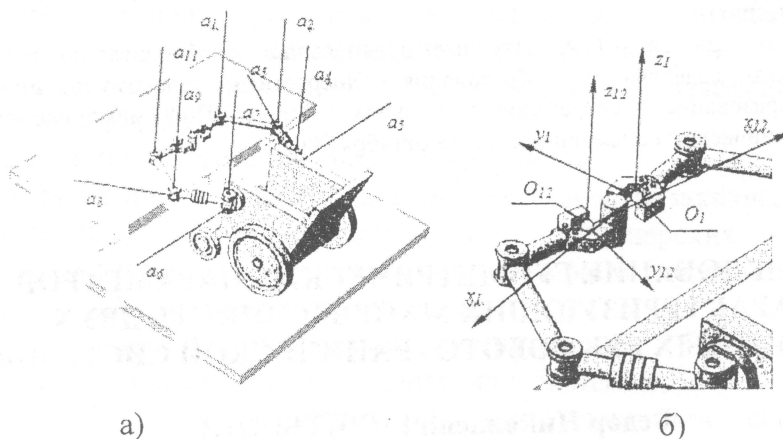


Рисунок 1 – Общий вид инвалидной коляски обеспеченной двумя подвижными руками: а – положения осей a_1 - a_{10} вращений кинематических пар, б – системы координат связанные с выходными звеньями двух подвижных рук

На рисунке 1а изображен общий вид инвалидной коляски обеспеченной двумя подвижными руками, обеспечивающими перемещения объектов манипулирования за счет адаптивной, интеллектуальной системы управления. Движение первой и второй руки обеспечивается соответственно обобщенными координатами $\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_5$ и $\varphi_6, \varphi_7, \dots, \varphi_{10}$. Оси вращательных кинематических пар пятого класса на рисунке изображены в виде прямых a_1, a_2, \dots, a_{10} . Нумерация обобщенных координат и осей вращения выполнена

в соответствии с тем, что маневренность робототехнической системы определяется относительно системы $O_1x_1y_1z_1$ связанной с выходным звеном правой подвижной руки. То есть проекции углов U_1 , U_2 и U_3 между осями двух схватоносителей O_1x_1 и $O_{12}x_{12}$ соответственно правой и левой руки определяется при всевозможных изменениях вектора обобщенных скоростей, удовлетворяющих заданной точности позиционирования центра выходного звена [1].

На рисунке 2 представлено изображение кинематических схем двух подвижных рук и системы координат связанные со звеньями механизмов.

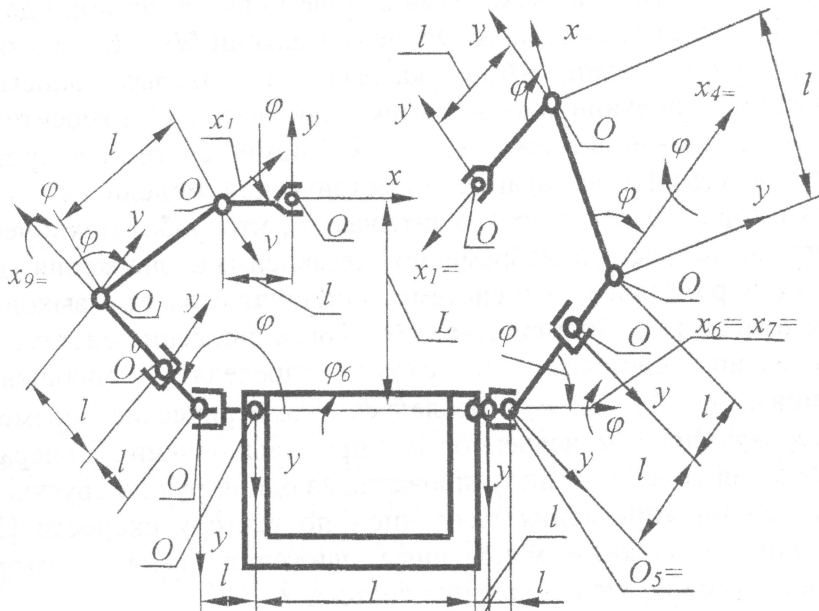


Рисунок 2 - Кинематическая схема подвижных рук и системы координат связанные со звеньями механизмов

Длины звеньев подвижных рук соответственно приняты $l_1 = 30$, $l_2 = 120$, $l_3 = 120$, $l_4 = 5$, $l_5 = 0$, $l_6 = 4$, и $l_7 = 60$. Размеры длин заданы в сантиметрах. Длина, определяемая параметром l_7 определяет расстояние между двумя подвижными руками. Положения систем координат обозначены $O_1x_1y_1z_1$, $O_2x_2y_2z_2$ и т. д.

При значениях обобщенных координат $\varphi_3 = \varphi_5 = \varphi_6 = \varphi_8 = 0$ оси z_{1-12} проецируются на горизонтальной проекции в точки и в связи с этим на рисунке 2 не обозначены. Для краткости условимся системы координат обозначать O_1, O_2 , и т. д. Системы O_1 и O_{12} связаны с выходными звеньями механизмов двух подвижных рук.

Положение узловых точек и начал систем координат O_{1-12} связанных со звеньями механизма робототехнической системы определяют матрицы $M_{0,1}, M_{0,2}, \dots, M_{0, nm}$ размерности 4×4 [2,3]. Параметр $nm = 12$ определяет число систем O_1, O_2, \dots, O_{nm} , используемых при задании геометрической модели механизма манипулятора [4]. Для предлагаемого способа задания геометрической модели механизма в общем случае $nm \neq n$. Где n – число обобщенных координат. Элементы матриц $M_{0,k}$, вычисляются произведением матриц $M_{k-1,k}$, каждая из которых описывает положение последующей k -ой системы координат O_k относительно предыдущей $k-1$ -ой системы O_{k-1} , где k – номер системы координат O_k используемой при задании геометрической модели механизма манипулятора ($0 < k \leq nm$). Учитывая то, что робототехническая система выполняет одновременно независимые движения двух подвижных рук начальную систему координат свяжем с выходным звеном правой руки или системой O_1 . Тогда движение системы O_{12} относительно системы O_1 будут определять обобщенные координаты $\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_{10}$. Исследуем геометрические параметры характеризующие маневренность, при выполнении операции перемещения объекта манипулирования из одной руки в другую при использовании управления движением по вектору скорости [3,6]. Определим возможные мгновенные движения звена с которым связана система O_{12} по отношению системе O_1 .

Для расчета элементов матриц $M_{k-1,k}$ используют массивы φ_i, l_k, l_{sm} и n_{kod} . Указанные массивы задают соответственно значения обобщенных координат φ_i , длины звеньев механизмов l_k , смещения вдоль осей систем координат l_{sm} , неподвижно связанных со звеньями механизма, и коды преобразований систем координат n_{kod} [4]. Размерность массивов φ_i, l_k, l_{sm} и n_{kod} является одинаковой и определяется значением параметра nm . При этом в указанных массивах в общем случае могут присутствовать пустые элементы,

которые предназначены для обеспечения заданной одинаковой размерности массивов с целью организации циклов при расчетах.

Для робототехнической системы, изображенной на рисунке 2, геометрическую модель исполнительного механизма будут определять следующие значения массивов заданных в таблице.

Значения массивов определяющих геометрическую модель механизма осуществляющего движение по отношению к системе O_1

Таблица 1

Значения массивов для робототехнической системы $n_m = 12; n = 10$												
№ преобра з. коор.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
φ_1 град 1 конф.	0	φ_1 -58	φ_2 -10	φ_3 10	φ_4 -90	φ_5 80	0	φ_6 -80	φ_7 -84	φ_8 -10	φ_9 -7	φ_{10} -68
φ_1 град 2 конф.	0	φ_1 5	φ_2 -145	φ_3 10	φ_4 -25	φ_5 0	0	φ_6 -80	φ_7 -26	φ_8 -10	φ_9 - 145	φ_{10} -7
l_k (см)	0	l_2 120	l_3 120	0	0	0	0	0	l_9 5	0	l_{11} 120	l_{12} 30
l_{smi} (см)	l_1 30	0	0	l_4 5	l_5 0	l_6 4	l_7 60	l_8 4	0	l_{10} 120	0	0
n_{kod}	7	3	3	1	3	1	7	1	3	1	3	3

Пространство обобщенных скоростей Q для исследуемой двигательной задачи будет десятимерным (для случая когда движение определяется относительно выходного звена правой руки или системы O_1). В многомерном пространстве Q при размерности r вектора $V(V_x, V_y, V_z)$ скоростей выходного звена равной трем линейная система уравнений связывающая скорости выходного звена и обобщенные скорости задает p -плоскость Γ размерности равной семи [5]. Для определения однозначного решения необходимо к указанной системе добавить ещё семь линейных уравнений, которые определяют гиперплоскости Σ p , перпендикулярные p -плоскости Γ [6]. Решение десяти линейных уравнений с десятью неизвестными позволяют строить движение по критерию минимизации объема движения [3]. Размерность p -плоскости Γ , заданная параметром p , вычисляется по формуле $p = n - r$. Решив данную систему уравнений, получают вектор обобщенных скоростей Q_M , определяющий положение

единственной точки, которую обозначим $M^Q \in \Gamma$. Здесь и в дальнейшем индекс Q обозначает принадлежность точек десятимерному пространству обобщенных скоростей Q . Отдельную точку, принадлежащую p -плоскости Γ , обозначим точкой N^Q . Тогда точка N^Q определится векторным уравнением:

$$Q = Q_M + \sum_{i=1}^p k_i m Q_{i1}, \quad (1)$$

где k_1, k_2, \dots, k_7 – координаты точки N^Q в p -плоскости Γ ; m – длина единичного отрезка репера p -плоскости Γ ; $Q_{11}, Q_{12}, \dots, Q_{17}$ – орты, задающие направление осей репера в подпространстве p -плоскости Γ , которые определяются коэффициентами уравнений p гиперплоскостей $\Sigma_1, \Sigma_2, \dots, \Sigma_7$ [6]. Каждая точка N^Q , вычисленная по уравнению (2), удовлетворяет заданному движению ВЗ. Однако в p -плоскости Γ не все точки могут удовлетворять погрешностям реализации мгновенных состояний [1,6]. Многообразии точек $N^Q \in \Gamma$, которое удовлетворяет заданным погрешностям реализации δ (в проведенных исследованиях данная погрешность реализаций принята равной $\delta = 4\text{см}$) значений векторов Q , и будет определять область $Q^\delta \in \Gamma$ или совокупность возможных мгновенных состояний исполнительного механизма мобильного робота.

Определим горизонтальные, фронтальные и профильные проекции U_1, U_2 и U_3 углов образованного осью $O_{12}x_{12}$ схватоносителя, связанного с выходным звеном и системой O_{12} . При проведении моделирования движений значения компонент вектора V_1 приняты следующими $V_x = 5\text{см}$, $V_y = 0$ и $V_z = 0$. Реализация векторов Q , из области допустимых значений, обеспечивает новое положение кинематической цепи и оси схватоносителя, определяемые значениями обобщенных координат:

$$\begin{aligned} \varphi_1 &= \varphi_1 + \dot{\varphi}_1, \\ \varphi_2 &= \varphi_2 + \dot{\varphi}_2, \\ &\dots \\ \varphi_n &= \varphi_n + \dot{\varphi}_n, \end{aligned} \quad (2)$$

где $\dot{\varphi}_1 \approx \Delta \varphi_1, \dot{\varphi}_2 \approx \Delta \varphi_2, \dots, \dot{\varphi}_{10} \approx \Delta \varphi_{10}$ – компоненты вектора Q . Множество отдельных положений оси $O_{12}x_{12}$ схватоносителя

при заданной точности позиционирования центра выходного звена $\delta = 4\text{см}$ определит при этом телесный угол, который обозначим U_S . Угол U_S при этом образуется конической поверхностью, проходящей через отдельные крайние положения оси $O_{12} x_{12}$ схватоносителя (рис. 3). Эти положения получаются реализацией (2) множества значений вектора Q (1), которые удовлетворяют заданным погрешностям реализации δ . Критерий, определяемый телесным углом U_S , будет в этом случае иметь существенное отличие от угла сервиса в силу неизбежных погрешностей реализации.

На рисунке 3 представлены изображения проекций углов U_1 , U_2 и U_3 и положения продольной оси схватоносителя при реализации мгновенных состояний. На рисунке 3а б представлены реализации значений векторов Q для первой и второй конфигураций заданных соответствующими значениями обобщенных координат в таблице. На рисунке точки O_{12}^{xy} , O_{12}^{zx} и O_{12}^{zy} соответственно определяют горизонтальную, фронтальную и профильную проекцию точки O_{12} . Соответственно проекции угла U обозначены U^{xy} , U^{zx} и U^{zy} .

На рисунке 4 представлены графики-функции изменения проекций угла U на горизонтальную, фронтальную и профильную проекции в зависимости от длины L_p (см. рис 2). Параметр L_p определяет удаление центров захватов от инвалидной коляски. Соответственно на рисунке 5 представлен график – функция изменения параметра $Q^{об}$ от длины L_p .

Параметр $Q^{об}$ определяет объем движения, полученный при реализации (2) значений векторов Q (1) из области Q^δ . Значения параметров $Q^{об}$ находятся по зависимости:

$$Q^{об} = \sum_{i=1}^n \Delta\varphi_i; \quad (3)$$

где $\Delta\varphi_i$ – разность максимальных и минимальных значений обобщенных координат для множества конфигураций, полученных реализацией мгновенных состояний, удовлетворяющих заданной точности позиционирования центра выходного звена. Заметим, что единицей измерения параметра $Q^{об}$ в работе приняты градусы, т. е. сумма угловых вращений в кинематических парах измеряется в градусах.

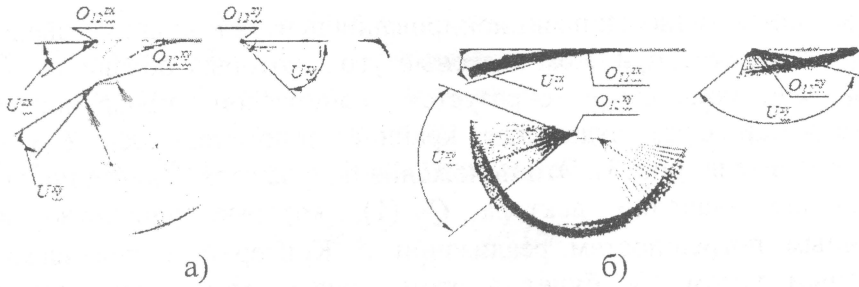


Рисунок 3 – Изображения проекций углов образованных схватоносителем при реализации мгновенных состояний: а - конфигурация №1; б – конфигурация №2

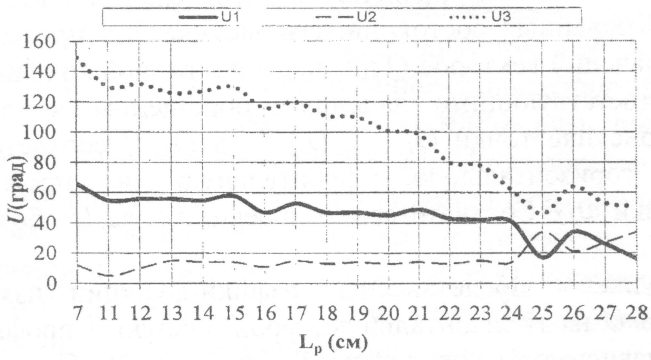


Рисунок 4 – Графики-функции $U_1=f_1(L_p)$, $U_2=f_2(L_p)$ и $U_3=f_3(L_p)$

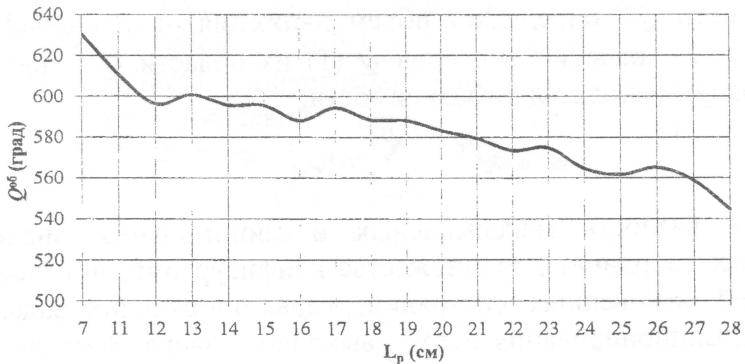


Рисунок 5 – График-функция $Q^{ob}=f_1(L_p)$

Представленные графики-функции отражают закономерность снижения маневренности робототехнической системы при удалении захватных устройств от транспортной тележки.

Список использованной литературы:

- 1 Притыкин Ф.Н. Графическое представление телесного угла и окружающего пространства руки при реализации мгновенных состояний манипуляторов // Проблемы машиностроения и надежности машин. – 2002. – №3. – С. 93 – 101.
- 2 Зенкевич, С.Л. Управление роботами. Основы управления манипуляционными робототехническими системами / С.Л. Зенкевич, А.С. Ющенко – М: МВТУ, 2000. – 400 с.
- 3 Кобринский, А.А. Манипуляционные системы роботов / А.А. Кобринский, А.Е. Кобринский – М.: Наука, 1985. – 344 с.
- 4 Притыкин, Ф.Н. Обобщенный метод задания геометрических моделей механизмов роботов для анализа и синтеза малых движений по вектору скоростей / Ф.Н. Притыкин, А.И. Анищенко – Омский научный вестник. – 2009. – № 1 (77) – С. 54 – 61.
- 5 Иванов, Г.С. Теоретические основы начертательной геометрии. Учебное пособие. – М.: Машиностроение, 1998. – 157 с.
- 6 Притыкин, Ф.Н. Геометрически обоснованные принципы построения адаптивной системы управления мобильного робота функционирующего в сложнорганизованных средах. Часть 1 // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2004. – № 3. – С. 31 – 35, Часть 2 // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2004. № 4. – С. 2 – 8.

ҚАЗАҚСТАНДАҒЫ СЫЗБА ГЕОМЕТРИЯНЫҢ ДАМУ ТАРИХЫ

Әуез Кеңесбекұлы БӘЙДІБЕКОВ

техника ғылымдарының докторы, профессор

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті

Сызба геометрия мен инженерлік графиканы білу болашақ инженерлер үшін өте қажетті пәндердің бірі, өйткені осы пәндер арқылы олар техникалық сызбаларды оқып кеңістікті сезіне білуге үйренеді. Денені тұрғызу әдісі сызба геометрия мен инженерлік графикаға ортақ болып табылады. Сызба геометрияда бұл әдістің