

Несмотря на полезные для практики результаты исследования, разработанная математическая модель обладает рядом недостатков. Так, в алгоритм не включена процедура поверочного итерационного расчёта конечных температур теплоносителей, а также температур теплопередающей стенки. Параметры конвективного теплообмена рассчитывались при средних температурах теплоносителей без разделения поверхности теплообмена на теплопередающие ячейки, в которых бы учитывались свои особенности неравномерности течения. Как следствие из этого, приведенный коэффициент теплоотдачи  $\alpha_{np}$  получается одинаковым для всей теплообменной поверхности и принимается равным среднему по поверхности.

Список использованных источников

1. Бажан, П.И. Справочник по теплообменным аппаратам / П.И. Бажан, Г.Е. Каневец, В.М. Селивестров. – М.: Машиностроение, 1989. – 367 с.
2. Бояринов, А.И. Методы оптимизации в химической технологии / А.И. Бояринов, В.В. Кафаров. – М.: Химия, 1969. – 566 с.
3. Бродянский, В.М. Эксергетический метод и его приложения / В.М. Бродянский, В. Фратшер, К. Михалек. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 250 с.
4. Исаченко, В.П. Теплопередача / В.П. Исаченко, В.А. Осипова, А.С. Сукомел. – М.: Энергоиздат, 1981. – 416 с.
5. Кафаров, В.В. Оптимизация теплообменных процессов и систем / В.В. Кафаров, В.П. Мешалкин, Л.В. Гурьева. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 191 с.
6. Кафаров, В.В. Математическое моделирование основных процессов химических производств / В.В. Кафаров, М.Б. Глебов. – М.: Высшая школа, 1991. – 400 с.
7. Коваленко, Л.М. Теплообменники с интенсификацией теплоотдачи / Л.М. Коваленко, А.Ф. Глушков. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 240 с.
8. Лapidус, А.С. Экономическая оптимизация химических производств / А.С. Лapidус. – М.: Химия, 1986. – 207 с.
9. Лейтес, И.Л. Теория и практика химической энерготехнологии / И.Л. Лейтес, М.Х. Сосна, В.П. Семёнов. – М.: Химия, 1988. – 280 с.
10. Оносовский, В.В. Моделирование и оптимизация холодильных установок / В.В. Оносовский. – Л.: Издательство ЛУ, 1990. – 208 с.
11. Сажин, Б.С. Эксергетический анализ работы промышленных установок / Б.С. Сажин, А.П. Булеков, В.Б. Сажин. – М., 2000. – 297 с.
12. Хрусталёв, Б.М. Техническая термодинамика / Б.М. Хрусталёв, А.П. Несенчук, В.Н. Романюк. – Мн.: УП «Технопринт», 2004 – 560 с.
13. Янтовский, Е.И. Потоки энергии и эксергии / Е.И. Янтовский. – М.: Наука, 1988. – 144 с.
14. Нитч, Р. К эксергетической теории формирования затрат / Р. Нитч // Энергия и эксергия: сборник статей; под ред. В.М. Бродянского. – М.: Мир, 1968. – С. 94-105.
15. Шаргут, Я. Использование эксергии в экономике / Я. Шаргут, Р. Петеля // Эксергетический метод и его приложения: сборник статей; под ред. В.М. Бродянского. – М.: Мир, 1967. – С. 165-188.

УДК 621.01

**РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ О СКОРОСТЯХ ДЛЯ МАНИПУЛЯЦИОННЫХ  
МЕХАНИЗМОВ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ**

*Календарев А.В., асп., Глазунов В.А., д.т.н., д.ф.н., проф.,*

*Московский государственный университет дизайна и технологий,  
г. Москва, Российская Федерация*

В последние годы в связи с требованиями повышения эффективности производства к автоматизации текстильных предприятий проявляется все больший интерес со стороны ученых и исследователей. В частности, автоматизация погрузочно-разгрузочных транспортных и складских работ на предприятиях текстильной промышленности обеспечивается благодаря применению роботов и манипуляторов.

Использование параллельных роботов и механизмов параллельной структуры привлекает все большее внимание, так как они имеют ряд преимуществ по сравнению с традиционными механизмами роботов: низкая инерция, относительно высокая жесткость, быстроходность и высокая грузоподъемность по отношению к общей подвижной массе манипулятора, точность и меньшие размеры, а так же взаимосвязь приводов. Такие положительные свойства обусловлены наличием параллельных ветвей, связывающих входной и выходной звенья манипулятора. Однако эти преимущества достигаются за счет снижения рабочего пространства манипулятора, более сложной кинематики и алгоритмов управления, а также наличием особых (сингулярных) положений в рабочем пространстве робота.

В рамках исследования кинематики манипуляционных механизмов параллельной структуры в статье поднимаются вопросы решения задачи о скоростях данных механизмов с различным количеством степеней свободы. Данная задача крайне важна при проектировании манипуляционных механизмов данного класса, а также при их управлении для выявления так называемых особых (сингулярных) положений, то есть положений, в которых либо теряется степень свободы, либо механизм становится неуправляемым. В связи с

этим возникает задача по определению указанных положений и поиску возможностей вывода данного механизма из особого положения.

В качестве примера рассмотрим решение задачи о скоростях манипуляционного механизма параллельной структуры с четырьмя степенями свободы (рисунок 1).

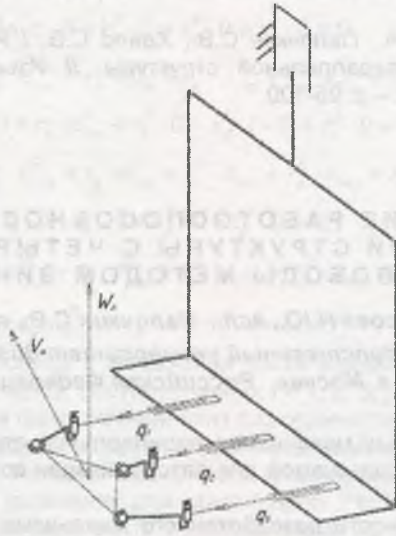


Рисунок 1 – Манипуляционный механизм параллельной структуры с четырьмя степенями свободы

В данном манипуляционном механизме имеют место одно вращение вокруг вертикальной оси и три компоненты линейной скорости выходного звена. Для того чтобы решить задачу о скоростях вначале необходимо рассмотреть плоский манипуляционный механизм параллельной структуры (Рис. 2). К такой схеме механизма можно прийти, рассматривая три степени свободы, управляемые поступательными двигателями.

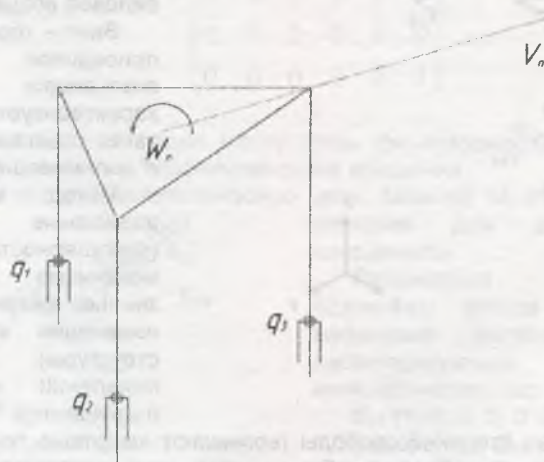


Рисунок 2 – Плоский манипуляционный механизм параллельной структуры

Данный манипуляционный механизм является частью механизма с большим, чем три степенями свободы, однако он может быть рассмотрен отдельно. В этом механизме каждая кинематическая цепь содержит одну поступательную, одну вращательную и одну сферическую пары (могут быть две вращательные пары). Здесь применен подход Анжелеса и Гослена.

Исходя из изложенного выше, для манипуляционного механизма с поступательными двигателями с тремя степенями свободы при решении задачи о скоростях вычисляются выражения, которые в дальнейшем необходимо продифференцировать. После того, как полученные выражения были продифференцированы, мы получаем частные производные от функции, связывающей обобщенные и абсолютные координаты.

Далее на основании вышеприведенных вычислений мы приходим к виду двух матриц: матрица  $3 \times 3$ , включающая частные производные от неявной функции; матрица частных производных от неявной функции по обобщенным координатам. Полученные матрицы в дальнейшем используются для анализа особых (сингулярных) положений, а также оптимизации параметров манипуляторов.

Список использованных источников

1. Arakelian V., Briot S., Glazunov V. Singular Position of a PAMINSA Parallel manipulator, Journal of Machinery, Manufacture and Reliability, Allerton Press Inc., 2006, No. 1, pp. 62-69

2. Arakelian V., Briot S., Glazunov V. Improvement of functional performance of spatial parallel manipulators using mechanisms of variable structure. // Proceedings of the Twelfth World Con-gress in Mechanism and Machine Science IFToMM - Besancon, France - 2007.- V. 5.- P. 159-164
3. Глазунов В.А., Колискор А.Ш., Крайнев А.Ф., Модель Б.И. Принципы классификации и методы анализа пространственных механизмов с параллельной структурой // Пробл. машиностроения и надежности машин.- 1990.- № 1.- С.41-4
4. Ширинкин М.А., Глазунов В.А., Палочкин С.В., Хейло С.В. / Решение задачи о скоростях и особых положениях манипулятора параллельной структуры. // Известия вузов. Технология текстильной промышленности, 2011, № 3. – с. 95-100.

УДК 621.01

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ МЕХАНИЗМА ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ С ЧЕТЫРЬМЯ СТЕПЕНЯМИ СВОБОДЫ МЕТОДОМ ВИНТОВ

Носова Н.Ю., асп., Палочкин С.В., проф.,  
Московский государственный университет дизайна и технологии,  
г. Москва, Российская Федерация

Создание новых манипуляционных механизмов параллельной структуры является одной из тенденций развития робототехники, широко используемой для автоматизации современных предприятий текстильной и лёгкой промышленности

Для определения работоспособности разработанного механизма параллельной структуры с четырьмя

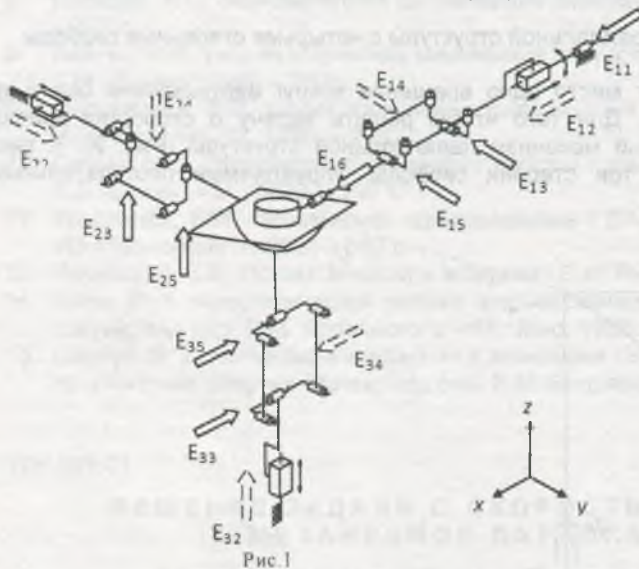


Рис. 1

степенями свободы (рисунок 1) воспользуемся методом винтового исчисления. Теория винтов [1] является обобщением теории векторов, имеющей широкое применение в механике и физике. Винт в механике описывает наиболее общее перемещение тела и наиболее общее силовое воздействие.

Винт – геометрический образ, к которому приводится произвольная система скользящих векторов. Винт  $R$  характеризуется вектором  $r$  и моментом  $r^o$ , а также осью винта, для всех точек которой  $r$  и  $r^o$  коллинеарны.

Метод винтов позволяет выявить возможные особые положения (сингулярности). Под особым положением механизма понимается расположение звеньев механизма, при котором происходит изменение его структуры (переменность структуры), заключающееся либо в появлении неуправляемой подвижности (нарушается определённость движения),

либо в исчезновении некоторых степеней свободы (возникают «мёртвые точки»). В одних случаях особые положения могут привести к потере работоспособности механизма, например, в конструкциях с шарнирными параллелограммами в особых положениях возникает неопределённость движения ведомых звеньев, а в технологическом оборудовании с параллельными приводами координатного перемещения рабочего органа в особых положениях полностью теряется управляемость и резко снижается жёсткость привода. В других случаях особые положения являются полезными и эффективно используются, например, в технологических машинах с механизмами переменной структуры [2].

Рассмотрим плюккеры координаты ортов осей кинематических пар (рис. 1). Каждой кинематической паре ставим в соответствие орт оси матрицы плюккерых координат. Единичные винты, характеризующие положения осей кинематических пар, имеют координаты:

$E_{11} (1, 0, 0, 0, 0, 0)$ ,  $E_{12} (0, 0, 0, 1, 0, 0)$ ,  $E_{13} (0, -1, 0, 0, 0, e^{o_{13z}})$ ,  $E_{14} (0, 0, 0, 0, 1, 0)$ ,  $E_{15} (0, -1, 0, 0, 0, e^{o_{15z}})$ ,  $E_{16} (1, 0, 0, 0, 0, 0)$ ;  $E_{22} (0, 0, 0, 1, 0, 0)$ ,  $E_{23} (0, 0, 1, e^{o_{23x}}, 0, 0)$ ,  $E_{24} (0, 0, 0, 0, -1, 0)$ ,  $E_{25} (0, 0, 1, e^{o_{25x}}, 0, 0)$ ;  $E_{32} (0, 0, 0, 0, 0, 1)$ ,  $E_{33} (-1, 0, 0, 0, 0, e^{o_{33y}, 0})$ ,  $E_{34} (0, 0, 0, 1, 0, 0)$ ,  $E_{35} (-1, 0, 0, 0, 0, e^{o_{35y}, 0})$ .

Иследуем первую из трёх кинематических цепей механизма. Так как единичные векторы  $E_{11}$  и  $E_{16}$  лежат на одной оси, то единичный вектор  $E_{16}$  в расчёте не учитываем. В этом случае имеем пять единичных векторов. Условия взаимности плюккерых координат единичных и силовых винтов можно записать в виде пяти уравнений, из которых необходимо найти одно неизвестное и, следовательно, получить один силовой винт: