

В диссертационный совет Д 002.059.05 на базе
Федерального государственного бюджетного
учреждения науки Института машиноведения
им. А.А. Благонравова Российской академии
наук

Отзыв официального оппонента

на диссертацию Несмиянова Ивана Алексеевича на тему
«Структурный и параметрический синтез и оптимизация программных
движений манипуляторов на основе трипода», представленную на соискание
ученой степени доктора технических наук по специальности:
05.02.18 – теория механизмов и машин (технические науки)

Актуальность избранной темы. Работа посвящена решению актуальной проблеме структурного и параметрического синтеза, механики и управления манипуляторов параллельно – последовательной структуры на основе трипода с поворотным основанием, синтеза и реализации заданных траекторий выходного звена манипуляторов. Тема является важной, так как в работе рассматриваются манипуляционные схемы параллельно – последовательной структуры, которые объединяют одновременно преимущества структурных схем последовательной и параллельной структуры.

Функциональные возможности манипулятора в зоне обслуживания зачастую сложно определить из-за множества возможных конфигураций системы, так для решения данной проблемы в работе решена оптимизационная задача позиционирования. До сих пор актуальными являются исследования посвященные оптимизации геометрических, кинематических и силовых параметров манипуляторов с механизмами параллельной структуры и разработка методик их расчета и проектирования, а также задача обоснованного выбора конструктивных параметров манипулятора на этапе проектирования и режимов программных движений при выполнении различных технологических операций. Актуальными являются исследования и разработка методов синтеза и оптимизация параметров управляемого перемещения манипуляционных робототехнических систем параллельно – последовательной структуры.

Создание и совершенствование манипуляционных систем, предназначенных для выполнения операций по перемещению грузов в различных сферах деятельности является актуальной научно-технической задачей.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций и их достоверность обеспечивалась применением фундаментальных положений механики, а также подтверждается

значительным объемом экспериментальных данных и численного моделирования, выполненных на основании современных апробированных методик с использованием методов компьютерной математической обработки современными программными средствами MathCAD, прикладными программными средствами, созданными на C++, Visual Basic.

Достоверность полученных результатов подтверждается проведением параметрической идентификации математической модели реальной конструкции манипулятора. Идентификация основывалась на оценке парциальных движений манипулятора. Достоверность результатов подтверждает достаточная сходимость теоретических и экспериментальных исследований.

Диссертационная работа прошла широкую апробацию в открытой печати, сформулированные автором научные положения, выводы и рекомендации логичны и обоснованы, полностью согласуются с результатами проведенных теоретических и экспериментальных исследований.

Научная новизна исследований. Автором диссертационной работы удалось получить ряд новых результатов в области структурного синтеза манипуляторов параллельно - последовательной структуры на основе трипода, аналитическом построении оптимальных программных движений и алгоритмов управления исполнительными звеньями манипулятора-трипода.

Соискателем разработаны метод и алгоритмы оптимального синтеза рациональных структурных схем механизмов манипуляторов параллельно-последовательной структуры на основе трипода, позволяющие значительно сузить границы поиска целочисленных решений. Решена задача определения оптимальной конечной конфигурации манипулятора параллельно - последовательной структуры, для задаваемого положения захвата.

Для манипуляторов параллельно-последовательной структуры выведены условия существования прямолинейной траектории в пределах зоны обслуживания и условий знакопостоянства линейных скоростей исполнительных звеньев при движении выходного звена манипулятора-трипода по прямолинейной траектории.

Для исполнительных электромеханических приводов манипулятора сформулированы условия отсутствия силового и динамического заклинивания привода, получено решение задачи динамического синтеза программных движений исполнительных звеньев манипулятора-трипода из условия минимума ускорения захвата.

Разработана аналитическая методика параметрической идентификации математической модели по результатам экспериментальных исследований парциальных движений манипулятора.

Новизна технических решений подтверждается патентами на изобретения и патентами на полезную модель, программами для ЭВМ.

Теоретическая и практическая значимость заключается в разработанных методах и алгоритмах структурного и параметрического синтеза манипуляторов параллельно-последовательной структуры,

позволяющих на этапе проектирования создавать рациональные конструкции без избыточных связей и лишних подвижностей. Предложенные способы задания траекторий выходного звена манипулятора параллельно-последовательной структуры по синтезированным законам, а также алгоритмы их реализующие, позволяют осуществлять эффективное управление рабочим органом манипулятора по оптимальным траекториям и с минимальными инерционными нагрузками.

На основе полученных результатов соискателем разработан опытный образец манипулятора-трипода на поворотном основании, что подтверждает практическую применимость полученных результатов в различных отраслях производства.

Структура и объем диссертации. Соответствие содержания автореферата тексту диссертации

Диссертация состоит из введения, пяти глав, основных результатов и выводов, списка литературы, приложений. Общий объем диссертации 311 страниц. Список литературы представлен на 50 страницах из 398 наименований.

Автором обоснована актуальность избранной темы исследований, степень ее разработанности, научная новизна, теоретическая и практическая значимость, сформулированы цель и задачи исследований, положения, выносимые на защиту, приводится методология и методы исследований, степень достоверности результатов и их апробация.

Выполнен анализ опыта применения манипуляторов параллельной структуры в промышленности, сельском хозяйстве, а также анализ и классификация показателей качества погрузочных манипуляторов параллельной и параллельно-последовательной структуры. Первая глава изложена на с.31-с.81.

Во второй главе выполнен структурный анализ манипуляторов-триподов. На основе структурного анализа предложена эволюция механизмов параллельно-последовательных манипуляторов. Разработан алгоритм оптимального синтеза манипуляторов параллельно-последовательной структуры на базе трипода. Представлена методика и алгоритм геометрического синтеза рациональных параметров манипуляторов параллельно-последовательной структуры на основе трипода. Вторая глава изложена на с.82 - с.128.

В третьей главе решена прямая и обратная задачи кинематики манипуляторов параллельно-последовательной структуры, представлен формализованный алгоритм формирования объема зоны обслуживания. Проведен силовой анализ параллельно-последовательных манипуляторов на базе трипода, по разработанной методике определены коэффициенты нагруженности исполнительных линейных приводов манипулятора в зависимости от положения захвата в пределах зоны обслуживания, построены геометрико-статические характеристики в сечениях зоны обслуживания. Представлена общая постановка задачи формирования и планирования траекторий, решена оптимизационная задача

позиционирования манипулятора последовательно-параллельной структуры по заданной конфигурации из условий принадлежности траектории зоне обслуживания, условий существования оптимальной траектории. Предложены законы программных движений по прямолинейной траектории при заданном законе изменения обобщенных координат манипулятора и по заранее неизвестной траектории при заданном законе движения. Выведены условия знакопостоянства относительных скоростей исполнительных звеньев манипулятора параллельно-последовательной структуры при движении выходного звена – захвата по прямой. Выполнен параметрический синтез программных движений по криволинейным траекториям: по дуге окружности и по параболической траектории при заданном законе движения. В четвертой главе представлена математическая модель манипулятора параллельно-последовательной структуры на основе трипода на поворотном основании с сосредоточенными массами, приведена методика определения приведенных масс на парциальных движениях. Разработана математическая модель динамики привода исполнительных звеньев с самотормозящейся передачей с учетом упругостей, получены условия возникновения силового и динамического заклинивания передачи. Представлены разработанные двухмассовая и трехмассовая математические модели параллельно-последовательного манипулятора, решены оптимизационные задачи траекторного синтеза и синтеза программных движений исполнительных звеньев методами современного вариационного исчисления. Проведено сравнение результатов численного и натурального моделирования, полученных методом параметрического задания траектории и закона программных движений по оптимальным законам. В пятой главе разработаны архитектуры централизованной и распределенной систем управления манипулятором-триподом на подвижном основании для реализации синтезированных траекторий и программных движений исполнительных звеньев. Разработано программное обеспечение системы управления. Описан метод идентификации математической модели по результатам экспериментальных исследований парциальных движений манипулятора. Определены собственные частоты приводов манипулятора на основе спектрального анализа экспериментальных результатов. Приведены результаты численных и экспериментальных исследований динамики привода манипулятора и их сравнение. Третья глава изложена на с.129-с.173.

В четвертой главе представлена математическая модель манипулятора параллельно-последовательной структуры на основе трипода на поворотном основании с сосредоточенными массами, приведена методика определения приведенных масс на парциальных движениях. Разработана математическая модель динамики привода исполнительных звеньев с самотормозящейся передачей с учетом упругостей, получены условия возникновения силового и динамического заклинивания передачи. Представлены разработанные двухмассовая и трехмассовая математические модели параллельно-последовательного манипулятора, решены оптимизационные задачи траекторного синтеза и синтеза программных движений исполнительных

звеньев методами современного вариационного исчисления. Проведено сравнение результатов численного и натурального моделирования, полученных методом параметрического задания траектории и закона программных движений по оптимальным законам. Четвертая глава изложена на с.174-с.220.

В пятой главе разработаны архитектуры централизованной и распределенной систем управления манипулятором-триподом на подвижном основании для реализации синтезированных траекторий и программных движений исполнительных звеньев. Разработано программное обеспечение системы управления. Описан метод идентификации математической модели по 30 результатам экспериментальных исследований парциальных движений манипулятора. Определены собственные частоты приводов манипулятора на основе спектрального анализа экспериментальных результатов. Приведены результаты численных и экспериментальных исследований динамики привода манипулятора и их сравнение. Пятая глава изложена на с.221-с.259.

В заключение диссертации приводятся выводы, перспективы дальнейшей разработки темы, список использованной литературы и приложения. Основные положения диссертации отражены в опубликованных автором печатных работах.

Диссертация соответствует паспорту специальности 05.02.18 – теория механизмов и машин.

В автореферате изложены основные идеи и выводы диссертации. Автореферат полностью отражает основное содержание диссертации и удовлетворяет всем пунктам «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации №842 от 24.09.2013 г.

Замечания по диссертации:

1. Усилия, определяемые в исполнительных звеньях манипулятора обозначены через F (разделы 4.2, 4.4, 4.5), а при определении весовых коэффициентов через N (раздел 3.3.).
2. На стр. 71, 107, 109 диссертации автор использует понятие «нормальность механизма» не раскрывая его сути.
3. В разделе 3.4. «Кинематическая управляющая матрица» на стр. 146 (выражение 3.17) диссертации представлена функциональная управляющая матрица, которая по утверждению автора является универсальной и применима к механизмам, схемы которых представлены в таблице 2.1. Однако для схем 8, 9, 10 и далее, функциональная управляющая матрица будет иметь другую размерность, фактически она представляет собой матрицу Якоби.
4. В диссертации автор решает задачу определения усилий в звеньях манипулятора (глава 3), определяет законы изменения управляющих усилий в исполнительных звеньях (глава 4), однако на странице 194 в выражении 4.33 – передаточная функция, связывающая динамическую ошибку с управляющим сигналом, должна быть записана передаточная функция регулятора, а не передаточная функция системы без

- регулятора, а, следовательно, без управления. Кроме того, использование регулятора в канале обратной связи вызывает сомнение.
5. На рисунке 4.13 на стр. 186 приведена функциональная схема, а не структурная, а на рисунке 4.14 – структурная с указанием передаточных функций, а не функциональная. Для оценки качества работы этой системы целесообразно было бы привести переходные или частотные характеристики.

Заключение

Несмотря на отмеченные замечания, диссертация Несмиянова Ивана Алексеевича «Структурный и параметрический синтез и оптимизация программных движений манипуляторов на основе трипода» является завершенной научно-квалификационной работой, выполненной на высоком научно-методическом уровне. По актуальности, научной новизне, теоретической и практической значимости, выводам и рекомендациям диссертация соответствует критериям, указанным в пунктах 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации №842 от 24.09.2013 г., а ее автор, Несмиянов Иван Алексеевич, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.02.18 – Теория механизмов и машин.

Официальный оппонент, профессор кафедры технологии машиностроения, заведующая лабораторией мехатроники и робототехники Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Белгородский государственный технологический университет имени В.Г. Шухова», доктор технических наук, профессор




Рыбак Лариса Александровна
10 ноября 2017г.

Подпись профессора, д.т.н. Л.А. Рыбак удостоверяю.

Контакты: 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, д.46, МК, к.310

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный технологический университет имени В.Г. Шухова»

Телефон: (4722) 55-20-36

E-mail: rl_bgtu@intbel.ru