

ОТЗЫВ

**оппонента на диссертационную работу
Рашояна Гагика Володяевича «СТРУКТУРНЫЙ СИНТЕЗ И
КИНЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ НОВЫХ l - КООРДИНАТНЫХ
МЕХАНИЗМОВ И ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ
СИСТЕМ», представленную на соискание ученой степени доктора
технических наук по специальности 05.02.18 – Теория механизмов и
машин**

Диссертационная работа посвящена исследованию новых l – координатных пространственных механизмов параллельной структуры, расширяющие класс этих устройств.

Актуальность темы диссертационной работы. Применение манипуляторов параллельной структуры в робототехнических комплексах различных отраслей производства позволяет по сравнению с манипуляторами разомкнутой структуры снизить металлоемкость, повысить жесткость, обеспечить достаточно высокие динамические характеристики. Поэтому возникает потребность в разработке и исследовании новых структурных схем, а также расширении класса l -координатных механизмов с приводами, имеющими точки крепления не на выходном звене, а на промежуточных звеньях и механизмов с приводами, расположенными вне рабочей зоны. Востребованность механизмов с таким структурным строением существует в различных отраслях экономики, особенно такие механизмы эффективны в испытательных и измерительных системах, сложных тренажерах, медицинских аппаратах для хирургии и реабилитации.

Научная новизна работы заключается:

- В расширении класса l -координатных механизмов, путем изменения положения точек приводов, а также расположения точек крепления приводов вне рабочей зоны.
- Формулировки условия наличия аналитического решения задач о положениях применительно к традиционным l – координатным механизмам, а

также к модифицированным механизмам, полученным перенесением точек крепления приводов.

- Выявлению взаимосвязи между свойствами обычных l – координатных механизмов и модифицированных механизмов, полученных путем перенесения точек крепления приводов и расположения приводов вне рабочей зоны.

- Модернизации существующих математических моделей, алгоритмов и численных методов, применявшихся для синтеза и анализа l – координатных механизмов, применительно к решению задач о положениях и задач вывода из особых положений применительно к расширенному классу данных механизмов.

Новизна технических решений подтверждается пятнадцатью патентами на изобретения и полезную модель РФ.

При проведении исследований автор широко использовал **методы** теоретической механики и теории механизмов и машин, методы аналитической геометрии, оптимизации параметров, методы компьютерного и натурного моделирования.

Работа прошла достаточно широкую **апробацию**, результаты исследований обсуждались на научных конференциях различного уровня, как в нашей стране, так и за рубежом.

Теоретическая значимость работы заключается в расширении класса l - координатных механизмов пространственной структуры и разработке методологии для определения основных функциональных возможностей данных механизмов, оценке особых положений и форм рабочих зон.

Практическая значимость результатов заключается в реализуемости предложенных механизмов и методов их исследования применительно к информационно-измерительным и испытательным системам, а также медицинского хирургического и реабилитационного оборудования.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций.

Достоверность и обоснованность полученных результатов обеспечивалась обоснованными допущениями, использованием апробированных методик исследований, а также подтверждена результатами численного решения математических моделей и физического моделирования.

Поставленные в диссертационной работе задачи позволяют достичь заявленную цель. Все поставленные задачи последовательно решены в главах диссертации, Каждой поставленной задаче в заключении соответствует полученный результат, по каждому полученному результату сделан вывод. В главах 2 и 3 решена задача синтеза и классификации схем механизмов параллельной структуры, расширяющих класс l -координатных механизмов и разработан метод структурного синтеза механизмов. В главе 4 последовательно и во взаимосвязи решены задачи кинематического анализа на основе винтового исчисления, получения закономерностей, исключающих возможность наличия особых положений, разработки метода точностных параметров вблизи особых положений применительно к механизму вождения нити и разработки метода кинематического анализа для вывода l -координатных механизмов из особых положений. В главе 5 решена задача получения базовых зависимостей особых положений механизмов от углов давления применительно к информационно-измерительным системам.

Полученные результаты и выводы не противоречат основным положениям аналитической геометрии, теоретической механике, теории механизмов и машин и являются дальнейшим развитием теории синтеза и кинематического анализа l -координатных механизмов.

Анализ содержания диссертации

Диссертационная работа содержит введение, пять глав основного материала и заключение общим объемом 230 страниц и список литературы на 24 страницах, состоящих из 201 источника. Во введении представлены

аргументы, обосновывающие актуальность темы работы, заявлена цель и перечислены задачи и методы исследования, определен объект исследования. Отмечен вклад в исследования механизмов параллельной структуры отечественных и иностранных учёных, в том числе и научных школ ИМАШ РАН. Сформулированы положения научной новизны, положения, выносимые на защиту, и информация, касающаяся апробации работы, а также кратко описана структура диссертации.

В первой главе «Обзор литературы и постановка задачи исследования» проведен анализ научных работ в области особых положений пространственных механизмов параллельной структуры и методов их исследований применительно к различным техническим системам.

В главе приведен обзор структурных схем l -координатных механизмов, их области применения в качестве измерительных и испытательных систем, медицинских манипуляционных роботов и средств реабилитации. Представлен анализ научных работ российских и зарубежных ученых по синтезу, кинематике, динамике и управляющим системам механизмов параллельной структуры. Рассмотрены вопросы исследования особых положений и вырождения конфигураций параллельных механизмов. Исходя из анализа, проведенного автором, им был сделан вывод о том, что «класс l -координатных механизмов полностью не сформирован, он может быть существенно расширен. Кроме того, должны быть найдены общие свойства представителей этого класса». В конце главы сформулирована цель и задачи исследования.

Вторая глава «Структурный синтез и классификация l – координатных механизмов с учетом расположения приводов между основанием и выходным звеном» посвящена решению задачи расширения классификации l – координатных механизмов, которая по сравнению с известной классификацией А.Ш. Колискора отличается тем, что приводы могут располагаться не только между основанием и выходным звеном, но и между одним из этих звеньев и каким-либо промежуточным звеном.

Также во второй главе приведена классификация l – координатных механизмов без учета расположения приводов и наличия промежуточных звеньев. Представлена расширенная таблица классификации l – координатных механизмов с расположением приводов между основанием или выходным звеном и одним из промежуточных звеньев. Рассмотренный класс l – координатных механизмов расширен за счет того, что некоторые штоки приводов продолжены за пределы основания либо выходного звена. При этом точки, где сходятся оси l – координат могут быть более не связаны с выходным звеном или основанием. В главе проведен синтез структур механизмов с расположением приводов вне рабочей зоны и рассмотрены различные варианты расположения стержней – вводов для некоторых схем. Таким образом расширена классификация l -координатных механизмов параллельной структуры.

В третьей главе «Синтез структур механизмов с расположением приводов вне рабочей зоны и с дополнительными стержнями-вводами» решена задача структурного синтеза новых механизмов. В данной главе вводятся дополнительные условия наличия промежуточных звеньев – дополнительных стержней-вводов. Показано, что при таком расположении приводов, они связаны с выходным звеном и вводными стержнями, а основание связано лишь с указанными стержнями. Такая структура востребована для мобильных роботов, работающих в экстремальных сферах, в медицине, в космосе.

В этой главе также представлены структурный анализ и классификация расширенного класса механизмов l – координатные механизмы с приводами, расположенными между основанием и выходным звеном либо промежуточными звеньями соседних кинематических цепей. Представлено много примеров механизмов с дополнительными звеньями.

В четвертой главе «Решения задач о положениях и анализ особых положений l – координатных механизмов» рассмотрена новая методика решения прямой задачи о положениях пространственных l – координатных

механизмов с шестью степенями свободы. Представленный подход решения задачи позволил соискателю получить аналитическое выражение для ряда l – координатных структур, ранее решаемых численно с использованием итеративных процедур. В результате увеличено количество l – координатных структур, для которых задача о положениях имеет аналитическое решение. Пространственные механизмы подобной структуры проанализированы на предмет попадания в особые положения.

В данной главе автором представлена новая методика решения прямой задачи о положениях l – координатных механизмов. Разработаны механизмы, не имеющие особых положений и осуществлен выбор областей изменения обобщенных координат, гарантирующих отсутствие особых положений механизма. Рассмотрены геометрические и кинематические свойства особых положений l – координатных механизмов для структур, в которых задача о положениях имеет аналитическое решение. Соискателем представлено решение задач о положениях методом винтового исчисления для l – координатных механизмов различной структуры, и следует отметить, что соискатель в совершенстве владеет данной методикой, применяя ее применительно к новым структурным схемам из расширенного класса l -координатных механизмов. Здесь же проведен анализ кинематических винтов, определяющих топологию сингулярных зон роботов параллельной структуры.

В главе также рассмотрена задача наискорейшего вывода l – координатного механизма из особого положения, в котором он теряет управляемость. Кроме того, автор работы решил задачу поиска кинематических пар, в которых следует установить дополнительные приводы, кратковременно включаемые при попадании исследуемых устройств в особые положения. Данная глава отличается обильностью расчетов и применяемых методов.

Глава 5 «Определение условий функциональности с учетом углов давления и близости к особым положениям» посвящена разработке алгоритма определения углов давления в шарнирных сочленениях выходного звена l –

координатного механизма. Кроме того, здесь рассматриваются факторы, влияющие на функциональные возможности механизмов и измерительных систем.

В главе представлена методика определения углов давления, целый раздел посвящен решению задачи корректировки траектории движения l – координатного манипулятора для обхода особых положений. С целью обхода особых положений автором работы разработан алгоритм на основе вычисления градиента определителя матрицы плюккеровых координат.

Определены границы рабочей зоны l – координатного механизма с учетом особых положений и допустимых углов давления, разработаны алгоритмы для построения границы рабочей зоны, при этом апробация данных алгоритмов проводилась при анализе рабочей зоны механизма перемещения для испытания летательных аппаратов в аэродинамической трубе в ЦАГИ им. Н.Е. Жуковского. Наконец, в главе представлено описание информационно-измерительной l – координатной системы для определения траектории движения схвата робота, определены положения точек базы информационно – измерительной l – координатной системы.

В конце главы представлен разработанный алгоритм определения траектории движения выходного звена робота, приведена выявленная взаимосвязь точности измерения и аналогов углов давления. На примере конкретного механизма гексапода ПФ «ЛОГОС», предназначенного для подготовки водителей наземных транспортных средств, разработан экспериментальный стенд, для которого оценены размер и форма рабочей зоны на основе решения обратной задачи о положениях и получены результаты исследований рабочей зоны реального механизма ПФ «ЛОГОС», представленные многочисленными графическими зависимостями.

Заключение по работе отражает суть и содержание выполненной работы.

Список литературы по теме диссертации обширен, включает в себя 201 источник, среди них 64 – на иностранных языках. В список включены патенты,

книги, научные статьи, посвященные исследованию механизмов параллельной структуры. В списке приведены ссылки на статьи, книги и авторефераты практически всех современных научных работ по теме исследования, что свидетельствует о глубокой проработке автором научной и технической литературы.

Замечания по работе

1. Автор работы, к сожалению, не использовал подрисуночных подписей, что несколько затрудняет анализ приведенных в тексте рисунков. Позиции на рисунках 1.6, 1.10, 1.15 не расшифрованы не в подрисуночных подписях, не в тексте.

2. В разделе 2.1 представлен один из признаков классификации l -координатных механизмов, это количество точек крепления на выходном звене n и основании m (таблица 2.1). Автор почему-то ограничился только диапазоном n и m от 3 до 6, а ведь вариантов может быть намного больше, например, существуют конструкции, структурные схемы которых представлены как $L(1, 3)$ или $L(2, 3)$.

3. В главе 3 приводится структурный синтез новых механизмов, однако так до конца и не ясно, что же являлось критерием синтеза новых структурных схем, предполагаю, что это требуемая степень свободы механизма. По сути в главе соискатель, полагаясь на свой опыт, интуитивно принимает количество кинематических пар заданной подвижности и проверяет степень свободы по классической формуле Сомова-Малышева, а при необходимости корректирует подвижности кинематических пар для получения нужной степени свободы.

4. В разделе 4.1. на стр.94 приведено полное квадратное уравнение (4.7) относительно переменной Z_{p4} . Соискатель отмечает, что оно имеет неоднозначное решение, однако следовало бы тогда представить аналитические выражения для соотношения и интервалов значений коэффициентов a_1, a_2, a_3 в случаях, когда существует два решения, одно или отсутствие таковых.

5. В главе 4 на стр.98-99 приведены результаты решения прямой задачи о положениях в безразмерном виде. Но представляет интерес возможные пределы l -координат новых разработанных механизмов и допустимые соотношения их длин к расстояниям между точками крепления на основании и выходном звене.

6. В разделе 4.5 на стр.142 (последний абзац) автор работы предлагает для установления мгновенной подвижности один из приводов оставить в «плавающем» состоянии, такой способ применим только для пневмо- или гидроцилиндров, а как решить практически эту задачу для передачи винт-гайка, применяемых в электроцилиндрах, не указано.

7. На рис.5.6 и рис.5.12 отсутствуют обозначения и размерности по осям координат. Причем, ссылаясь на использование безразмерных величин, соискатель часто не указывает в работе размерность и явно размерных величин.

8. В разделе 5.3 на стр.183 при описании алгоритма (рис.5.9) в Блоке 2 указано, что решается обратная задача о положениях с определением обобщенных координат, но в работе подробное описание решения этой задачи не представлено.

9. В разделе 5.4 следовало бы уделить больше внимания точности измерительной аппаратуры и характеристике применяемых датчиков, так как трудно оценить общую погрешность измерения информационно-измерительной системы.

Соответствие содержания автореферата диссертации

Автореферат в полной мере отражает основные положения диссертации и выводы по результатам исследований. Объем автореферата соответствует предъявляемым требованиям согласно ГОСТ Р 7.0.11-2011.

Заключение

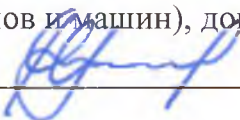
Перечисленные выше замечания не влияют на общую оценку работы, которая является законченным исследованием, направленным на решение

крупной научной проблемы, направленной на расширение класса l-координатных механизмов для информационно-измерительных, испытательных систем и механизмов роботов медицинского назначения. Результаты диссертационной работы Рашояна Г.В. содержат научную новизну и представляют существенный практический интерес для экономики страны. По своему содержанию, научной новизне и практической ценности работа удовлетворяет критериям п.9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года №842, которые предъявляются к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук, а ее автор, Рашоян Гагик Володяевич, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.02.18 - Теория механизмов и машин.

Официальный оппонент:

Проректор по учебной работе, доктор технических наук
(05.02.18 - Теория механизмов и машин), доцент

15.09.2021г.



Несмиянов Иван Алексеевич

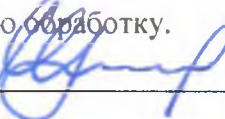
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Волгоградский государственный аграрный университет" Министерства сельского хозяйства РФ

Адрес: 400002, г.Волгоград, пр. Университетский, 26

Телефон/факс: (8442) 41-10-94

E-mail: ivan_nesmiyanov@mail.ru

Выражаю свое согласие на включение своих персональных данных в аттестационные документы соискателя ученой степени доктора технических наук Рашояна Гагика Володяевича и их дальнейшую обработку.



Несмиянов Иван Алексеевич



Несмиянов
Иван Алексеевич
заведующий кафедрой
Автоматизированной
Системы

Несмиянова
Александра
Ивановна
заведующий кафедрой
Систем

Е.Ю. Коротаев