

УТВЕРЖДАЮ

заместитель директора по научной работе

ФИЦ ИУ РАН

д.ф.-м.н. Посыпкин М.А.



18 марта 2022

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертацию Малышева Дмитрия Ивановича «Развитие методов оптимизации в решении задач анализа рабочего пространства и геометрических параметров механизмов параллельной структуры», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.18 - Теория механизмов и машин.

Актуальность выбранной темы

Одной из важнейших задач в процессе автоматизированного цифрового проектирования и создания новых типов механизмов и гибридных систем является проектирование и оптимизация параметров механизмов параллельной структуры. Выбор оптимальных конструктивных параметров механизма для обеспечения требуемой рабочей области является актуальным направлением исследований. На данный момент существует большое количество методов определения рабочих областей механизмов параллельной структуры. Например, геометрические методы дают точное описание, но применимы лишь к простейшим механизмам, а результаты, полученные с использованием дискретных методов, легко применить к планированию траектории, но процесс вычисления имеет высокую сложность, так как точность границы зависит от шага дискретизации. Автор ставит целью исследования разработку новых высокопроизводительных методов и алгоритмов определения рабочего пространства механизмов параллельной структуры с учетом особых положений и пересечений звеньев, а также оптимизации геометрических параметров для их автоматизированного проектирования, что является несомненно актуальным.

Структура и оформление диссертации

Диссертация изложена на 173 страницах и включает в себя введение, четыре главы, заключение, список литературы (164 наименования) и 1 приложение.

Во введении обозначены объект и предмет исследования, цель работы и задачи для достижения поставленной цели, а также содержатся основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе проведен анализ состояния исследований в области механизмов параллельной структуры, применяемых в машиностроении и медицине. В ходе обзора механизмов параллельной структуры, применяемых в медицине для реабилитации конечностей пациентов, выявлены как их преимущества, так и недостатки. Выполнен анализ существующих методов определения рабочей области механизмов параллельной структуры. Также в главе выполнен анализ исследований в области детерминированных и эвристических методов глобальной оптимизации.

Во второй главе рассматриваются разработанные методы и алгоритмы, связанные с повышением производительности детерминированных методов оптимизации, позволяющие в пределах заданной точности аппроксимации существенно снизить объём данных, требуемых для выполнения вычислительных процедур, тем самым повысить их быстродействие. Также в главе 2 рассмотрены определения особых положений и пересечений звеньев с целью исключения их из рабочей области. Использован метод определения особых положений, предложенный С. Gosselin, который основан на анализе матрицы Якоби J_A . Рассмотренный метод учитывает диаметр звеньев, а также не требует большого количества итераций в сравнении с методами, предполагающими итеративное определение расстояния между точками, располагающимися на оси звеньев с дискретным шагом.

В третьей главе рассмотрены вопросы оптимизации геометрических параметров гибридного механизма для реабилитации нижних конечностей с учётом требуемой рабочей области. Оптимизационная задача с целью обеспечения компактности конструкции заключается в определении минимально возможных параметров механизма.

В четвертой главе рассмотрена имитационная модель гибридного механизма и приведены результаты экспериментальных исследований. Исследованы пять конфигураций механизма, согласно полученному множеству Парето. Выполнено сопоставление результатов имитационного и численного моделирования при определении рабочей области. Получены габаритные размеры рабочей области активного механизма на имитационной модели. Выполнена симуляция процесса перемещения ноги пациента в соответствии с траекторией движения при имитации походки.

Научная новизна

1. Разработан метод математического моделирования механизмов параллельной структуры и алгоритм, позволяющий эффективно решать задачи определения рабочей области механизмов различных конфигураций на основе аппроксимации как систем нелинейных неравенств, так и уравнений, описывающих кинематические зависимости.

2. Разработаны метод кинематического анализа особых положений на основе определителя матрицы Якоби и геометрический метод определения пересечений звеньев, позволяющие эффективно определить зоны рабочей области, свободные от сингулярностей и пересечений.

3. Разработан метод многокритериальной оптимизации параметров гибридного механизма параллельно-последовательной структуры, состоящего из двух модулей, с ограничением на множество допустимых значений параметров активного механизма параллельной структуры.

4. Разработаны алгоритмы и универсальный многофункциональный программный комплекс с применением параллельных вычислений, ориентированный на выполнение на современных высокопроизводительных вычислительных системах для реализации разработанных методов определения рабочей области.

Достоверность результатов исследований

Достоверность полученных результатов подтверждается использованием фундаментальных методов и положений теоретической механики, теории механизмов и машин. Анализ результатов экспериментальных исследований также подтверждает обоснованность и достоверность выводов автора.

Практическая значимость работы

Разработаны новые методы и алгоритмы определения рабочего пространства и оптимизации параметров механизмов параллельной структуры, а также разработан новый гибридный механизм для реабилитации нижних конечностей.

Замечания

1. Исходя из схемы процесса оптимизации (рисунок 3.6), создаётся впечатление, что цикл является бесконечным, так как не показано условие для его завершения.

2. Требуемое рабочее пространство пассивного механизма последовательной структуры, входящего в состав гибридного механизма, определено, исходя из диапазонов перемещения при отработке движения одной ноги. Автором не рассмотрен случай одновременной отработки движения обеих ног.

3. Отсутствует анализ влияния количества используемых потоков при параллельных вычислениях на время выполнения программ.

4. Неясно, почему в число параметров оптимизации гибридного механизма не были включены размеры подвижной платформы.

Заключение

Отмеченные замечания, в основном, носят характер рекомендаций по дальнейшему развитию темы и не снижают общего положительного впечатления о работе. Диссертационная работа Малышева Дмитрия Ивановича представляет собой законченную научно-квалификационную работу, выполненную на высоком научно-методическом уровне. Диссертация посвящена решению задач анализа рабочего пространства и геометрических

параметров механизмов параллельной структуры. Материалы автореферата полностью соответствует содержанию диссертации.

Результаты исследований по диссертации отражены в 25 публикациях, в числе которых 2 издания из перечня ВАК, 20 статей, индексируемых Scopus и Web of Science. Апробация работы включает выступления на международных научных конференциях.

Диссертация полностью соответствует требованиям пунктов 9, 10, 11, 13, 14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» ВАК РФ, предъявляемым к диссертациям, представляемым на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Малышев Дмитрий Иванович, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.18 - Теория механизмов и машин.

Отзыв обсужден и одобрен на семинаре отдела Прикладных проблем оптимизации Федерального государственного учреждения «Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской Академии Наук», протокол № 01.22 от 18.03.2022.

Руководитель отдела 26 ФИЦ ИУ РАН,
канд. физ.-мат. наук.



А.Ю. Горчаков

Сведения об организации

Федеральное государственное учреждение «Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской Академии Наук»

Адрес: Россия, г. Москва, 119333, ул. Вавилова, д. 44, корп. 2

Телефон: +7 (499) 135-62-60

Официальный сайт: <https://www.frccsc.ru/>

e-mail: frccsc@frccsc.ru