

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.075.01,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ИНСТИТУТА
МАШИНОВЕДЕНИЯ ИМ. А. А. БЛАГОНРАВОВА РОССИЙСКОЙ
АКАДЕМИИ НАУК МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО ДИССЕРТАЦИИ НА
СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 23.04.2024 г. № 13

О присуждении Киселеву Сергею Валерьевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Разработка и исследование складных механизмов параллельной структуры, включающих круговую направляющую» по специальности 2.5.2. Машиноведение принята к защите 15 февраля 2024 г. (протокол заседания № 12) диссертационным советом 24.1.075.01, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института машиноведения им. А. А. Благонравова Российской академии наук, почтовый адрес: 101000, Москва, Малый Харитоньевский пер., д. 4; приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации о выдаче разрешения на создание совета от 22.03.2022 г. № 264/нк.

Соискатель ученой степени, аспирант ИМАШ РАН очной формы обучения Киселев Сергей Валерьевич, 06 декабря 1989 года рождения.

В 2012 г. окончил Сибирский государственный индустриальный университет по специальности «Электропривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов» с присвоением квалификации инженер.

В 2017 г. Киселев С.В. окончил Сибирский государственный

индустриальный университет по специальности 15.04.03 Прикладная механика с присвоением квалификации магистр.

В период с 2022 г. по настоящее время проходит обучение в аспирантуре Института машиноведения Российской академии наук по научной специальности 2.5.2. Машиноведение.

В настоящее время работает мастером по ремонту и обслуживанию оборудования на АО «ЕВРАЗ ЗСМК».

Справка о сдаче кандидатских экзаменов № 2310/10/01асп от 10.10.2023 г. выдана Федеральным государственным бюджетным учреждением науки Институте машиноведения им. А. А. Благонравова Российской академии наук.

Диссертация выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте машиноведения им. А. А. Благонравова Российской академии наук

Научный руководитель – Фомин Алексей Сергеевич, кандидат технических наук, старший научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института машиноведения им. А. А. Благонравова Российской академии наук.

Официальные оппоненты

Воробьева Наталья Сергеевна, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Механика» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет», г. Волгоград;

Приходько Александр Александрович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Техническая механика и специальные машины им. профессора А. А. Петрика» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный технологический университет», г. Краснодар **дали положительные отзывы на диссертацию.**

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет им. А. Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», г. Москва в своем **положительном отзыве**, подписанном Рыжковой Еленой Александровной, доктором технических наук, доцентом, заведующим кафедрой «Автоматика и промышленная электроника», обсужденном на заседании кафедры «Автоматика и промышленная электроника» (протокол № 9 от 29.02.2024 г.) и утвержденном доктором экономических наук, доцентом, проректором по науке и инновациям Силаковым Алексеем Викторовичем, **указала**, что диссертация Киселева С. В. «Разработка и исследование складных механизмов параллельной структуры, включающих круговую направляющую», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.2. Машиноведение, является законченной научно-квалификационной работой и полностью соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук. Работа обладает научной новизной и практической значимостью, в ней сформулирована и решена научная проблема, имеющая важное значение для развития методов проектирования и комплексного анализа механизмов параллельной структуры с круговой направляющей, а также их дальнейшего адаптирования для конкретных практических приложений, связанных с медициной, промышленностью, исследовательскими и сервисными процедурами. Диссертация хорошо структурирована и написана грамотным научным языком, ее содержание соответствует заявленным пунктам 1 и 3 паспорта научной специальности. Автореферат диссертации составлен по установленной форме и полностью отражает основное содержание диссертации. Основные результаты исследования представлены в публикациях в изданиях, входящих в наукометрические базы Scopus, Web of Science, ВАК и РИНЦ. Всего по теме диссертации опубликовано 10 работ, из которых: 6 – в журналах,

индексируемых в Scopus и Web of Science, из которых 2 работы опубликованы в отечественных изданиях, входящих в международные реферативные базы данных и системы цитирования и считающихся включенными в Перечень ВАК РФ; 4 – в изданиях из списка ВАК РФ и РИНЦ. Кроме этого получено 2 патента РФ на изобретения и 2 патента РФ на полезные модели. Диссертация «Разработка и исследование складных механизмов параллельной структуры, включающих круговую направляющую» соответствует требованиям пунктов 9, 10, 11, 13, 14 Положения о присуждении ученых степеней, а ее автор – Киселев Сергей Валерьевич, заслуживает присвоения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.2. Машиноведение.

В отзыве ведущей организации в качестве замечаний отмечено следующее:

- в работе упоминаются реконфигурируемые механизмы, но нет четкого определения класса таких механизмов;

- в главе 2 на рисунке 2.1 сложно отличать промежуточное звено от криволинейной штанги. На рисунке данные звенья выглядят как единое звено;

- в главе 3 приведено решение обратной задачи кинематики для трех различных траекторий движения, но не представлены аналитические уравнения, описывающие данные траектории;

- в работе представлен эксперимент с исследованием изготовленного физического прототипа механизма, посредством которого подтверждаются результаты аналитического расчета и компьютерного моделирования. Однако не представлены экспериментальные результаты, подтверждающие форму полученной рабочей зоны механизма;

- в главе 4 в разделе практических применений недостаточно обоснована целесообразность использования данного механизма в медицинских целях;

- в диссертации формула (3.16) содержит опечатки: ошибочно указан четвертый столбец матрицы; у параметра β должен быть индекс i , вместо $2i$; буква «r» в написании вектора \mathbf{r}_{BiAi} должна быть выделена жирным прямым

шрифтом. Корректная запись формулы (3.16) представлена в автореферате.

Научные работы по теме диссертации:

1. Fomin A., Antonov A., Kiselev S. A new class of foldable mechanisms with a circular rail – FoldRail mechanisms // *Mechanism and Machine Theory*. 2023. Vol. 189. No 105425 (1,05 п.л. / 0,35 п.л.);

2. Antonov A., Fomin A., Glazunov V., Kiselev S., Carbone G. Inverse and forward kinematics and workspace analysis of a novel 5-DOF (3T2R) parallel-serial (hybrid) manipulator // *International Journal of Advanced Robotics Systems*. 2021. Vol. 18(2). 2963 (0,9 п.л. / 0,18 п.л.);

3. Fomin A.S., Kiselev S.V., Jahr A., Sim H. Development of a novel linkage for low-profile sickle drive // *Proceedings of the 7th European Conference on Mechanism Science (EuCoMes-2018)*. Springer. Cham. 2019. P. 199-206 (0,44 п.л. / 0,11 п.л.);

4. Fomin A., Kiselev S. Structural and kinematic analysis of a shaper linkage with four-bar Assur group // *Proceedings of the 4th International Conference on Industrial Engineering. Lecture Notes in Mechanical Engineering*. Springer. Switzerland. 2019. P. 1411-1419 (0,56 п.л. / 0,28 п.л.);

5. Киселев С.В., Брем И.В., Фомина О.А. Структурный анализ механизмов параллельной структуры с круговой направляющей // *Проблемы машиностроения и автоматизации*. 2023. Вып. 52. № 7. С. 1-7 (переводная версия: Kiselev S.V., Brem I.V., Fomina O.A. Structural analysis of mechanisms with a circular guide // *Journal of Machinery Manufacture and Reliability*. 2023. Vol. 52. No. 7. P. 1-7) (0,39 п.л. / 0,13 п.л.);

6. Киселев С.В., Антонов А.В., Фомин А.С. Роботы параллельной структуры с круговой направляющей: систематический обзор кинематических схем, методов синтеза и анализа // *Проблемы машиностроения и надежности машин*. 2022. № 1. С. 26–38 (переводная версия: Kiselev S.V., Antonov A.V., Fomin A.S. Parallel robots with a circular guide: systematic review of kinematic schemes and methods of synthesis and analysis // *Journal of Machinery Manufacture*

and Reliability. 2022. Vol. 51. Iss. 1. P. 20–29) (0,81 п.л. / 0,27 п.л.);

7. Киселев С.В., Фомин А.С., Антонов А.В. Синтез, кинематическое и динамическое моделирование складных механизмов параллельной структуры с круговой направляющей // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. 2023. № 12. С. 20-27 (0,51 п.л. / 0,17 п.л.);

8. Киселев С.В., Фомин А.С. Разработка складного механизма с круговой направляющей // Вестник Сибирского государственного индустриального университета. 2019. № 4(30). С. 32-33 (0,12 п.л. / 0,06 п.л.);

9. Фомин А.С., Киселев С.В., Олексенко А.В. Структурный анализ механизма Янсена // Вестник Сибирского государственного индустриального университета. 2017. № 4(22). С. 51-53 (0,18 п.л. / 0,06 п.л.);

10. Fomin A.S., Kiselev S.V., Jahr A., Sim H. Development of the kinematic model of horizontal-set drive for blades of combine harvester thresher // Materialien zum wissenschaftlichen Seminar der Stipendiaten der Programme «Michail Lomonosov» und «Immanuel Kant». 2016. Vol. 12. P. 188-196 (0,64 п.л. / 0,14 п.л.).

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. От официального оппонента Воробьевой Натальи Сергеевны.

Отзыв положительный. В качестве замечаний отмечено следующее:

- в главе 1 автор ссылается на одноподвижные механизмы с круговой направляющей, однако иллюстрации представлены только по механизмам, имеющим две и более степени свободы. Вместе с тем, структура одноподвижных механизмов могла бы быть также отражена графически;

- в разделе 2.1 выполнен анализ подвижности механизмов с круговой направляющей и определено число степеней свободы каждой схемы, соответствующее числу приводов. Однако аналитически не доказано, какие звенья должны быть приводными;

- при численном решении (компьютерном моделировании) задач кинематики и динамики использованы разные по виду (дизайну)

параметрические модели механизмов. В соответствующих разделах диссертации не оговаривается целесообразность использования отличающихся моделей, а также не оговаривается соотношение размеров их звеньев;

- при рассмотрении особых положений в разделе 3.6 дизайн механизмов на рис. 3.25-3.28 и рис. 3.29-3.31 отличается. При этом нет пояснения, почему дизайн механизма разный;

- при описании практического применения разработанного механизма в качестве обрабатывающего центра, не указана информация об учете нагрузок, действующих на платформу механизма.

2. От официального оппонента Приходько Александра Александровича. Отзыв положительный. В качестве замечаний отмечено следующее:

- в работе встречаются неточности при использовании терминов теории механизмов и машин: на стр. 17 диссертации используется термин «Пассивные подвижности», который, скорее всего, обозначает избыточные (пассивные) связи или местные (лишние) степени свободы; при написании формулы Малышева (2.1) в индексах p_5, p_4, p_3, p_2, p_1 используются обозначения классов кинематических пар, однако в расшифровке формулы автор говорит об их подвижности; неподвижные звенья (стойки) на структурных схемах традиционно обозначаются цифрой 0, кинематические пары обозначаются латинскими буквами, а в диссертации стойка обозначена числом 1, обозначения кинематических пар на схемах отсутствуют;

- в главе 1 нечетко выражена связь между проведенным обзором литературы и целью и задачами предлагаемого диссертационного исследования. По моему мнению, следовало бы провести более детальный, критический анализ рассмотренных механизмов и методов исследований, выявить сильные и слабые стороны существующих работ по теме и более явно сформулировать научную проблему;

- из текста диссертации непонятно, на основании какого метода

определены особые положения механизма;

- решение обратной задачи динамики, или силовой анализ механизма, проведен без учета полезной нагрузки на рабочем органе машины, которая является основополагающим фактором при проведении подобных исследований, так как влияет не только на выбор приводных электродвигателей, но и на прочностные свойства звеньев и кинематических пар будущей машины. Также, помимо нахождения приводных моментов, решение такой задачи предполагает определение реакций в кинематических парах механизма, что не показано в работе;

- в тексте диссертации сказано, что экспериментальные исследования структурных параметров механизма подтвердили теоретические расчеты, однако сами эти параметры и их обозначения на фотографиях физического прототипа не приводятся.

Также на автореферат диссертации поступило 8 (восемь) отзывов (все отзывы положительные):

1. От чл.-корр. РАН, доктора физико-математических наук, главного научного сотрудника Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института математики и механики им. Н. Н. Красовского УрО РАН Ченцова Александра Георгиевича. В качестве замечания отмечено следующее:

- автор лишь упомянул о преимуществах разработанного механизма с тремя кинематическими цепями (наличие наибольших габаритов рабочей зоны и равномерное распределение приводов), но не представил расчетных данных по сравнению с механизмами, имеющими иное количество кинематических цепей.

2. От начальника научно-технического центра научно-производственного комплекса Федерального автономного учреждения «Центральный аэрогидродинамический институт им. профессора Н. Е. Жуковского» («ЦАГИ»), профессора МФТИ, заслуженного

машиностроителя РФ, доктора технических наук Вермеля Владимира Дмитриевича. В качестве замечания отмечено следующее:

- важнейшей характеристикой синтезируемых механизмов является точность позиционирования рабочей платформы. Например, в измерительных системах типа «Гексапод» точность обеспечивается размещением параллельно раздвижным звеньям, перемещающим платформу лазерных интерферометров, фиксирующих их текущую длину. Обеспечение точности для разработанного механизма автором не рассмотрено.

3. От профессора кафедры «Автоматизация и робототехника» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Омский государственный технический университет», доктора технических наук, профессора Хомченко Василия Герасимовича. В качестве замечаний отмечено следующее:

- в автореферате не раскрыто в должной мере планируемое назначение и практическое применение предложенного манипулятора с круговой направляющей;

- из автореферата не ясно, какую роль при практическом применении механизма играет его способность складываться и трансформироваться в двумерную конструкцию. Это свойство заявлено как одно из основных достоинств манипулятора, а его востребованность, кроме увеличения рабочей зоны манипулятора, должным образом не аргументирована. Возникает вопрос: с какой целью, зачем разработан этот механизм?

- на рисунке 10 автореферата приведены диаграммы изменения моментов сил при реализации различных траекторий. Однако они мало информативны, так как отсутствуют сведения, какой полезной нагрузке они соответствуют.

4. От профессора кафедры проектирования технологических машин Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», доктора технических наук, профессора Подгорного Юрия

Ильича. В качестве замечаний отмечено следующее:

- из реферата не понятно, проводил ли автор динамическое исследование для этих механизмов и какие результаты;

- нет ясности, какой класс и какой порядок этих механизмов, сколько степеней свободы?

5. От профессора кафедры «Основы конструирования машин» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана» (национальный исследовательский университет), доктора технических наук, профессора Блинова Дмитрия Сергеевича. В качестве замечания отмечено следующее:

- в работе сделан акцент исключительно на преимущества разработанных механизмов, однако их недостатки (слабые стороны) не рассмотрены. Такая информация была бы важной при проектировании механизмов данного типа и позволила бы учесть (минимизировать) такие недостатки на стадии подбора элементов узлов и конструирования звеньев.

6. От директора института робототехники и компьютерного зрения Автономной некоммерческой организации высшего образования «Университет Иннополис», доктора физико-математических наук, профессора Малолетова Александра Васильевича. В качестве замечаний отмечено следующее:

- в случае использования более чем трех параллельных цепей, механизмы рассматриваемого класса имеют избыточное число приводов, что накладывает серьезные ограничения для практической реализации механизма в связи с тем, что от системы управления в этом случае будет требоваться точная синхронизация моторов. В противном случае моторы будут работать друг против друга, возникает эффект циркуляции мощности что приведет к снижению нагрузочной способности механизма и большому расходу энергии. Преимущества же механизмов с четырьмя и более параллельными цепями не

очевидны;

- из текста автореферата не вполне ясно, как соискатель выполнял расчет параметров рабочей зоны механизма. Указано, что были использованы инструменты САПР, но непонятно, разрабатывались ли какие-то средства программирования использованной САПР, позволяющие варьировать параметры механизмов, или соискатель выполнил такой расчет вручную для одного конкретного механизма с заданными значениями параметров;

- в автореферате описана экспериментальная натурная модель механизма, однако не приведены результаты каких-либо экспериментальных исследований с этой моделью.

7. От кандидата технических наук Чиркина Александра Вадимовича, конструктора-расчетчика и Вздыхалкина Алексея Владимировича, ведущего конструктора ООО ПО «ИнноТехМет». В качестве замечания отмечено следующее:

- в качестве замечания можно отметить отсутствие в автореферате данных о массогабаритных характеристиках при моделировании обратной динамической задачи. Однако данное замечание носит рекомендательный характер и не снижает значимости проведенного исследования.

8. От младшего научного сотрудника Международной научно-исследовательской лаборатории «Интеллектуальные робототехнические системы и технологии» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова», кандидата технических наук Малышева Дмитрия Ивановича. В качестве замечаний отмечено следующее:

- в пункте 3 научной новизны указано, что «Алгоритмы исследования рабочей зоны и особых положений могут быть использованы для расчета механизмов данного типа», однако описания алгоритма исследований особых положений в автореферате не приведено и требуется более детальное

пояснение, каким образом алгоритм будет реализован;

- на рисунке 10 приведены диаграммы изменения моментов в приводах шестерен кареток. Однако в описании виртуального прототипа отсутствует информация о его размерах и материалах для оценки величин моментов.

На замечания из отзывов ведущей организации и официальных оппонентов, а также отзывов, поступивших на автореферат диссертации, соискателем при выступлении на защите диссертации **даны исчерпывающие аргументированные ответы.**

Выбор оппонентов и ведущей организации обосновывается их высокой компетентностью и научными разработками в области машиноведения, а также значительным числом научных трудов, в том числе, по рассматриваемым в диссертации проблемам.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработан метод синтеза и кинематические схемы новых складных механизмов параллельной структуры с круговой направляющей, имеющие увеличенные размеры рабочей зоны и способные трансформироваться в компактные двумерные конструкции при обеспечении в них неограниченного угла поворота выходного звена вокруг оси круговой направляющей;

предложены оригинальные аналитические алгоритмы решения прямой и обратной кинематических задач, геометрические алгоритмы по определению параметров рабочей зоны и особых положений складных механизмов параллельной структуры с круговой направляющей;

доказана эффективность предложенного метода синтеза на примере разработки новых складных механизмов параллельной структуры с круговой направляющей, **доказана** корректность предложенных алгоритмов расчета кинематики, определения параметров рабочих зон и особых положений, подтвержденных численными расчетами.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказана работоспособность и наличие заданных функциональных свойств синтезированных механизмов на примере разработанного шестиподвижного складного механизма с круговой направляющей, снабженного тремя кинематическими цепями, на основе созданного виртуального и физического прототипов данного механизма;

применительно к проблематике диссертации результативно использован комплекс современных научных методов теории механизмов и машин, теоретической механики, аналитической геометрии и матричного исчисления, компьютерного моделирования, а также комплексы систем автоматизированного проектирования, методы конструирования деталей машин и методы проведения эксперимента;

изложены аналитические алгоритмы решения обратной и прямой кинематических задач для складного механизма параллельной структуры, а также геометрические алгоритмы построения рабочей зоны при горизонтальной и наклонной ориентациях выходного звена;

раскрыты подходы компьютерного моделирования складных механизмов параллельной структуры с разным числом кинематических цепей путем их добавления между основанием и выходным звеном, а также методы проведения кинематического и динамического исследования на основе компьютерной модели с учетом геометрии звеньев и используемых материалов;

изучена рабочая зона синтезированного механизма при горизонтальной и наклонной ориентациях выходного звена, а также особые положения механизма, при которых теряются степени свободы, либо выходное звено становится неуправляемым;

проведена модернизация существующих подходов решения обратной и прямой кинематических задач механизмов параллельной структуры с круговой направляющей и методов определения параметров их рабочей зоны, а также **проведена систематизация** известных механизмов параллельной структуры с круговой направляющей по числу степеней свободы, числу кинематических

цепей и типу движения выходного звена.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработаны и внедрены:

- методы расчета и конструктивная схема механизма для модернизации технологической установки для фрезерной обработки изделий из металла и деталей сталеплавильных агрегатов на участке по ремонту механического оборудования электросталеплавильного цеха АО «ЕВРАЗ ЗСМК»;

- предложения по модернизации системы позиционирования, сопряженной со станком по обработке деталей горно-шахтного оборудования на участке по ремонту забойного оборудования ООО «Шахта Алардинская» с целью получения дополнительных смещений и наклонов обрабатываемых элементов и деталей горно-шахтного оборудования для сокращения количества манипуляций исполнительного элемента станка;

- методы аналитического расчета кинематики, а также алгоритмы моделирования задач кинематики и динамики с применением САПР для исследования рабочих зон и особых положений в учебном процессе ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана» (национальный исследовательский университет);

- методы аналитического и численного расчета кинематики и динамики, алгоритмы проектирования механизмов параллельной структуры с круговой направляющей для использования в образовательном процессе Института машиноведения им. А. А. Благонравова Российской академии наук при чтении специальных дисциплин «Роботы, мехатроника и робототехнические системы» и «Машиноведение»;

определены практические применения разработанного складного механизма параллельной структуры с круговой направляющей и тремя кинематическими цепями в различных технологических устройствах позиционирования, в медицинских и сервисных системах;

представлен опытный образец – физический прототип синтезированного складного механизма параллельной структуры с круговой направляющей и тремя кинематическими цепями, снабженный принципиальной электрической системой управления.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ измерения проводились с применением сертифицированных измерительных устройств в соответствии с общепринятыми научными подходами к планированию и проведению эксперимента, после чего проводилось сравнение полученных результатов с результатами, полученными с использованием инструментов САПР;

теория построена на применении общепринятых методов теории механизмов и машин, теоретической механики, аналитической геометрии и матричного исчисления, а также на основе известных научных методов с применением компьютерного моделирования;

идея базируется на применении традиционных научных понятий и обобщении передовых научных исследований отечественных и зарубежных ученых в области синтеза и анализа машин, механизмов и роботов параллельной структуры;

использованы опубликованные ранее в открытой печати материалы в области структурного синтеза и анализа, исследования кинематики и динамики, особых положений и построения рабочих зон механизмов параллельной структуры;

установлено наличие качественного и количественного совпадения практических результатов с результатами, полученными при теоретическом исследовании синтезированного складного механизма с круговой направляющей и тремя кинематическими цепями;

использованы современные методики аналитического исследования механизмов параллельной структуры и алгоритмы компьютерного моделирования для решения задач кинематики, динамики и задач по

определению рабочих зон.

Личный вклад соискателя состоит:

- в разработке алгоритма структурного синтеза новых складных механизмов параллельной структуры с круговой направляющей;

- в создании структурных и кинематических схем ранее неизвестных механизмов параллельной структуры;

- в разработке методики решения прямой и обратной кинематических задач, при этом методика решения обратной задачи применима к подобным механизмам с разным числом кинематических цепей;

- в разработке геометрического подхода исследования рабочей зоны с применением программ компьютерного моделирования, а также алгоритма определения особых положений;

- в разработке методики проведения кинематических и динамических расчетов механизма с применением средств автоматизированного проектирования с учетом материалов и формы отдельных звеньев.

Основные результаты диссертационной работы были доложены автором на следующих **научных конференциях:**

- Международная научная конференция «Машины, технологии и материалы для современного машиностроения», г. Москва, Россия, 2023;

- Всемирный конгресс «Теория систем, алгебраическая биология, искусственный интеллект: математические основы и приложения», г. Москва, Россия, 2023;

- Российская научная конференция «Перспективы и направления развития теории механизмов и машин», г. Москва, Россия, 2022;

- Международные семинары по научным проблемам машиностроения им. И. И. Артоболевского, г. Москва, Россия, 2021, 2023;

- Российская научная конференция «Проблемы развития теории механизмов и машиноведения», посвященной 80-летию д.т.н., профессора А.Ф. Крайнева, г. Москва, Россия, 2021;

- Семинар при Фонде содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере, г. Кемерово, Россия, 2020;

- 4th International Conference on Industrial Engineering – ICIE-2018 (4-ой Международной научно-технической конференции "Пром-Инжиниринг"), г. Москва, Россия, 2018;

- European Conference on Mechanism Science – EuCoMes 2018, г. Ахен, Германия, 2018;

- XXVII научно-практическая конференция по теории и конструированию машин, г. Новокузнецк, Россия, 2018;

- XXII Всероссийская научная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения», г. Новокузнецк, Россия, 2018.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

1. Саламандра К.Б.: В чем отличия предложенного механизма от механизма на слайде 6? Визуально эти механизмы похожи.

2. Саяпин Н.С.: Вы говорите о преимуществах разработанного механизма, но не приводите недостатки. Очевидно, что подобная структура механизма обладает меньшими нагрузочными способностями, чем платформа Гауфа-Стюарта.

3. Пановко Г.Я.: Каким образом Вами была использована формула Малышева при создании механизма?

Соискатель Киселев С.В. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию:

1. Механизм, представленный на слайде 6, является трехподвижным сферическим. Разработанный же механизм является шестиподвижным и сферическое движение в нем является частным случаем. Для получения сферического движения необходимо блокировать приводы криволинейных штанг. Кроме этого он обладает реконфигурируемым движением –

возможностью изменения радиуса сферы, по поверхности которой смещается платформа. Это свойство качественно отличает представленный механизм от подобных сферических аналогов, не являющихся реконфигурируемыми. Кроме этого, структурно представленный механизм отличается от сферического по числу звеньев и типу кинематических пар.

2. Представленный механизм, как и любой другой, разработан для решения конкретных технологических задач и, соответственно, имеет свои преимущества и недостатки. Он предназначен для работы с небольшой нагрузкой, воздействующей на выходное звено. Для повышения нагрузочной способности возможно использование дополнительных приводных кинематических цепей. Кинематические схемы таких механизмов также представлены в работе.

3. При синтезе складной кинематической цепи был задан ряд ограничений по некоторым параметрам, а именно: количество звеньев, количество кинематических пар пятого и третьего классов не должно равняться нулю. На основании этих ограничений, была записана формула Малышева и найдено решение для синтеза механизма.

На заседании 23 апреля 2024 года диссертационный совет принял решение **присудить** Киселеву Сергею Валерьевичу ученую степень кандидата технических наук по специальности 2.5.2. Машиноведение (технические науки) за решение научной задачи разработки и исследования новых складных механизмов параллельной структуры с круговой направляющей, имеющей важное значение для создания на их основе современных машин с расширенными функциональными возможностями.

Диссертация охватывает основные вопросы решения поставленных задач и соответствует критерию внутреннего единства, что подтверждается структурой содержания работы и полученными результатами.

Диссертация отвечает требованиям, установленным в пп. 9-11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней» (утвержденного

Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842).

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 17 докторов наук по научной специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 17 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за – 17, против – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Председатель
диссертационного совета
д.т.н., проф.



Глазунов Виктор Аркадьевич

Ученый секретарь
диссертационного совета
д.т.н.

Рашоян Гагик Володяевич

Дата оформления заключения «24» апреля 2024 года.