

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 002.059.05

на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук (ИМАШ РАН) по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 24.04.2018г. № 20

О присуждении Шалюхину Константину Андреевичу, гражданину РФ, ученой степени кандидата технических наук. Диссертация на тему «Построение и анализ пространственных механизмов параллельной структуры с кинематической развязкой» по специальности 05.02.18 – Теория механизмов и машин принята к защите 13.02.2018г., протокол № 19, диссертационным советом Д 002.059.05 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук (ИМАШ РАН), почтовый адрес: 101990, Москва, Малый Харитоньевский пер., д. 4, созданным приказом Минобрнауки России от 22.06.2016 г. № 743/нк.

Соискатель Шалюхин Константин Андреевич, в 1984 году окончил Московский Энергетический институт по специальности «Электропривод и автоматизация промышленных установок» с присвоением квалификации инженера-электромеханика. С 14.12. 2016 по 15.09.2017 соискатель ученой степени Шалюхин Константин Андреевич прикреплен в качестве соискателя Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук по направлению подготовки 05.06.01 – «Машиностроение» направленности (специальности) 05.02.18 – «Теория механизмов и машин».

Удостоверение о сдаче кандидатских экзаменов выдано в 2017 году Федеральным государственным бюджетным учреждением науки Институт машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук.

В период подготовки диссертации соискатель Шалюхин Константин Андреевич работал в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук научным сотрудником в лаборатории теории механизмов и структуры машин.

Диссертация выполнена в Лаборатории теории механизмов и структуры машин ИМАШ РАН.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор Глазунов Виктор Аркадьевич, директор ИМАШ РАН.

Официальные оппоненты:

Бровкина Юлия Игоревна, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры "Техническая механика", ФГБОУ ВО «Московский политехнический университет»,

Хейло Сергей Валерьевич, доктор технических наук, доцент, и.о. заведующего кафедрой теоретической и прикладной механики ФГБОУ ВО «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)» дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный технический университет» (ВолгГТУ), г. Волгоград, в положительном заключении, подписанном доктором технических наук, с.н.с., заведующим кафедрой «Высшая математика» Горобцовым Александром Сергеевичем и доктором физико-математических наук, доцентом, профессором кафедры «Теоретическая механика», Жогой Виктором Викторовичем и утвержденном Первым проректором ВолгГТУ, д.х.н., профессором Навроцким Александром Валентиновичем, указала, что диссертационная работа Шалюхина Константина Андреевича посвящена достаточно актуальной теме, соответствует высокому научному уровню и оформлена вполне корректно, при этом автореферат адекватно передает суть диссертации, достаточно полно описывает задачи и цели исследования, проведенного автором, а также раскрывает суть практической значимости и научной новизны, а список публикаций, представленный диссертантом, отвечает требованиям ВАК РФ. Отмечено, что работа выполнена в соответствии с требованиями п. 9 ВАК «Положения о присуждении ученых степеней» ВАК при Министерстве образования и науки Российской Федерации, предъявляемыми к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, т.к. является законченной научно-квалификационной работой, содержащей в себе решение задачи построения оригинальных механизмов параллельной структуры, характеризуемых свойством кинематической развязки, а ее автор, Шалюхин Константин Андреевич, достоин присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.18 – Теория механизмов и машин.

В качестве замечаний по работе отмечены следующие: 1) при изоморфности передаточных отношений по поступательным степеням свободы непонятно, почему рабочая область механизма имеет прямоугольную форму; 2) В работе не проведен анализ влияния погрешностей кинематических пар на кинематическую развязку, например, насколько влияет неортогональность плоскостей параллелограммных звеньев на диагональность матрицы частных передаточных отношений; 3) в работе не представлен диапазон изменения углов карданной передачи одной из осей сферического механизма, что может значительно исказить передаточное отношение по вращению вокруг этой оси; 4) при определении числа степеней свободы рассматриваемого механизма не учитывались кинематические пары параллелограммных (зубчатых) звеньев и насколько это может повлиять на общее число степеней свободы. В отзыве отмечено, что указанные замечания по работе не снижают ее неоспоримых достоинств.

Соискатель имеет 26 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 26 работ, из них 4 работы опубликованы в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК Министерства образования и науки Российской Федерации. Другие публикации представлены в виде 6 докладов, опубликованных в трудах двух отечественных и четырех международных конференциях, одной статьи в International Scientific Journal of IFToMM "Problems of mechanics" и 15 патентов РФ (3 патента РФ на изобретение и 12 патентов РФ на полезную модель).

Наиболее значительные научные работы по теме диссертации:

1. Глазунов В. А., Касилов В. П., Козырев А. В., Левин С. В., Шалюхин К. А. Манипулятор параллельной структуры с тремя ортогональными поступательными степенями подвижности и анализ его жесткости. // Проблемы машиностроения и автоматизации, №3, 2015, стр. 48-54. (Шалюхину К. А. принадлежит методика определения жесткости кинематической цепи)

2. Глазунов В. А., Данилин П. О., Левин С. В., Тывес Л. И., Шалюхин К. А. Разработка механизмов параллельной структуры с кинематической и динамической развязкой. // Проблемы машиностроения и надежности машин. 2010, № 2, с. 23–32. (Шалюхину К. А. принадлежит алгоритм определения особых положений).

3. Глазунов В. А., Ласточкин А. Б., Шалюхин К. А., Данилин П. О. К анализу и классификации устройств относительного манипулирования. // Проблемы машиностроения и надёжности машин № 4 2009 г. с. 81–85 (Шалюхину К.А. принадлежит алгоритм определения рабочей зоны).

4. Гаврилина Л.В., Демидов С.М., Орлов И.А., Шалюхин К.А., Шарапов И.Б., Швец П.А. Разработка роботов параллельной структуры портального типа для ортопедических операций. //Медицина и высокие технологии. 2017, № 3, стр.55-61. (Шалюхину К.А. принадлежит метод синтеза портального манипулятора).

Статья «Шалюхин К., Рашоян Г.В., Алешин А.К. Задачи кинематического анализа и особых положений механизмов роботов параллельной структуры // Проблемы машиностроения и надежности машин» прошла рецензирование и будет опубликована в 2018 г., № 3 (Шалюхину К. А. принадлежит способ анализа особых положений).

На автореферат поступило 9 (девять) положительных отзывов:

1. От начальника НТЦ НПК ФГУП «ЦАГИ», д.т.н., проф. Вермеля Владимира Дмитриевича. Замечаний нет.
2. От помощника ученого секретаря предприятия ГНЦ РФ ФГУП «ГосНИИАС» к.т.н. Шарапова Валерий Ивановича. Замечания: 1) не обоснован выбор для кинематического анализа сферического механизма с дугообразными направляющими. 2) при написании формул автореферата в латинских и греческих символах не использован курсив, при этом курсив некорректно использован при написании индексов латинских буквенных символов.
3. От в.н.с. Государственного научного учреждения «Объединенный институт машиностроения Национальной академии наук Беларуси», к.т.н. Шапаря Валерия Алексеевича. Замечание: на странице 10 автор пишет: «в сферической части механизма несколько изменена структура», при этом не раскрывает причину такой замены. Также не обоснована замена шарнирных параллелограммов в этом механизме на зубчатые передачи.
4. От доцента кафедры «Теория механизмов и машин» ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого» к.т.н. Терешина Валерия Алексеевича. Замечания: 1) на стр. 11 сказано: «Угол собственного вращения ϕ выходного звена один и тот же в системах абсолютных и обобщенных координат». В карданном шарнире скорости валов зависят от угла между ними; 2) в диссертации ничего не сказано о геометрических погрешностях механизмов с кинематической развязкой.
5. От доцента кафедры теоретической механики ФГБОУ ВО «Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) им. И.М. Губкина», к.т.н., Певнева Виктора Григорьевича. Замечания: 1) в

пятой главе автор не обосновал выбор конструктивной схемы механизма, которая легла в основу изготовленного макета (схема с зубчатыми передачами в промежуточных звеньях и сферическим механизмом на основе дугообразных направляющих. В чем преимущества данной схемы в сравнении с другими, предложенными ранее в процессе построения шестикоординатных механизмов, в частности, во второй главе; 2) в пятой главе не приведены фотографии звеньев механизма, находящегося в особых положениях, определенных путем эксперимента. От этого страдает наглядность полученных результатов и очевидность их соответствия теоретическим расчетам.

6. От заместителя руководителя астрокосмического центра ФГБУН «Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН» (ФИАН), к.т.н. Артеменко Юрия Николаевича. Замечание: не раскрыта тема динамической развязки, упомянутой в первой главе диссертации, а также не рассмотрено взаимное влияние динамических переходных процессов в координатных приводах.

7. От профессора кафедры Наземного транспорта и механики ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет» д.т.н. Смелягина Анатолия Игоревича. Замечания: 1) в главе 2 автор проводит структурный анализ ряда механизмов параллельной структуры с кинематической развязкой, в основу которого положено применение одной лишь структурной формулы Сомова-Малышева, что, как известно, является необходимым, но не достаточным условием проверки корректности структуры механизма; 2) автор не уделил внимания динамической развязке приводов механизма. Между тем динамическое взаимовлияние приводов механизма является важным фактором, воздействующим на движение звеньев.

8. От начальника отдела ПАО «Ракетно-космическая корпорация «Энергия» им. С.П. Королева» д.т.н., проф. Борзых Сергея Васильевича и в.н.с., к.т.н. Анфалова Александра Сергеевича. Замечания: 1) Автор не уделил внимания динамической развязке, при том, что взаимное динамическое влияние приводов – важный фактор движения звеньев механизма; 2) К рисунку 5 автореферата отсутствует подпись.

9. От проф. кафедры «Компьютерные системы автоматизации производства» МГТУ им. Н.Э. Баумана, д.т.н. Евгенева Георгия Борисовича. Замечания:

1) не проведен сравнительный анализ вариантов кинематических цепей с шарнирными параллелограммами, гибкими связями и зубчатыми передачами, приведенных в главе, посвященной синтезу механизмов. Недостаточно обоснован конечный выбор

конструктивного решения с зубчатыми передачами; 2) в автореферате не приведены сведения о внедрении полученных результатов.

В дискуссии приняли участие члены диссертационного совета: д.т.н. Карпенко Анатолий Павлович и д.т.н. Пановко Григорий Яковлевич, а также в.н.с. к.т.н. ИМАШ РАН Тывес Леонид Иосифович.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

-разработаны: методика построения пространственных шестикоординатных механизмов параллельной структуры с кинематической развязкой, позволившая получить принципиально новые кинематические схемы, основанные на различных конструктивных решениях; новые компьютерные алгоритмы решения обратной задачи о положениях для определения рабочей зоны механизма параллельной структуры с кинематической развязкой при различных условиях ориентации выходного звена;

-предложен метод аналитического решения прямой и обратной задач о положениях сферического механизма параллельной структуры с кинематической развязкой на основе свойств векторного произведения, для различных требований к ориентации выходного звена, что позволило разработать вычислительный алгоритм определения рабочей зоны;

-доказана применимость метода Анджелеса-Госслена при получении аналитического решения задачи о скоростях сферического механизма, как для постоянной ориентации рабочего органа, так и для постоянных координат конечной точки последнего при изменении угла сервиса;

-выявлены условия наличия особых положений, связанных с потерей степени свободы – линейного перемещения по одному из направлений, а также связанных с потерей управляемости в сферическом механизме.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

Разработан метод построения шестикоординатных пространственных механизмов с кинематической развязкой для получения новых структурных схем. Предложены вычислительные алгоритмы для определения рабочей зоны при разных требованиях к ориентации выходного звена. На основе винтового исчисления определены возможные особые положения предложенных механизмов.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что по результатам работы были получены 15 патентов (три на изобретение и двенадцать на полезную модель):

1. Патент РФ на изобретение № 2403141 / Глазунов В.А., Тывес Л.И., Шалюхин К.А. Пространственный механизм. Оpubл. 10.11.2010. Бюл. № 31.

2. Патент РФ на изобретение № 2412798 / Глазунов В.А., Левин С.В., Шалюхин К.А. Пространственный механизм. Оpubл. 27.02.2011. Бюл. № 6.

3. Патент РФ на полезную модель № 164091 / Глазунов В.А., Левин С.В., Шалюхин К.А., Духов А.В., Козырев А.В. Пространственный механизм с шестью степенями свободы. Оpubл. 20.08.2016. Бюл. № 23.

4. Патент РФ на полезную модель № 115709 / Глазунов В.А., Левин С.В., Ковалев В.Е., Сухоруков Р.Ю., Шалюхин К.А. Робототехническая технологическая установка. Оpubл. 10.05.2012. Бюл. № 13.

5. Патент РФ на полезную модель № 125118 / Глазунов В.А., Левин С.В., Лысогорский А.Е., Календарев А.В., Шалюхин К.А. Пространственный механизм. Оpubл. 27.02.2013. Бюл. № 6.

6. Патент РФ на изобретение № 2478464 / Глазунов В.А., Левин С.В., Ковалев В.Е., Сухоруков Р.Ю., Шалюхин К.А. Модульная робототехническая технологическая установка. Оpubл. 10.04.2013. Бюл. № 10.

7. Патент РФ на полезную модель № 133045 / Ганиев Р.Ф., Касилов В.П., Глазунов В.А., Левин С.В., Шалюхин К.А. Пространственный механизм со стабилизирующими кинематическими цепями. Оpubл. 10.10.2013. Бюл. № 28.

8. Патент РФ на полезную модель № 147057 / Глазунов В.А., Ласточкин А.Б., Рапоян Г.В., Левин С.В., Шалюхин К.А. Пространственный механизм с шестью степенями свободы. Оpubл. 27.10.2014. Бюл. № 30.

9. Патент РФ на полезную модель № 146894 / Глазунов В.А., Ласточкин А.Б., Костерева С.Д., Левин С.В., Шалюхин К.А. Манипулятор параллельной структуры с шестью степенями свободы. Оpubл. 20.10.2014. Бюл. № 29.

10. Патент РФ на полезную модель № 142566 / Ганиев Р.Ф., Касилов В.П., Глазунов В.А., Шалюхин К.А., Левин С.В. Пространственный механизм. Оpubл. 27.06.2014. Бюл. № 18.

11. Патент РФ на полезную модель № 157044 / Глазунов В.А., Левин С.В., Таипов М.А., Шалюхин К.А. Пространственный механизм. Оpubл. 20.11.2015. Бюл. № 32.

12. Патент РФ на полезную модель № 154785 / Глазунов В.А., Левин С.В., Таипов М.А., Шалюхин К.А. Пространственный механизм. Опубл.10.09.2015. Бюл. № 25.

13 Патент РФ на полезную модель № 164757 / Глазунов В.А., Левин С.В., Шалюхин К.А., Скворцов С.А. Манипулятор параллельной структуры с шестью степенями свободы. Опубл. 10.09.2016. Бюл. № 25.

14. Патент РФ на полезную модель № 160607 / Глазунов В. А., Левин С. В., Пушкарь Д.Ю., Шалюхин К.А., Шептунов С.А. Пространственный механизм манипулятора. Опубл. 27.03.2016. Бюл. № 9.

15. Патент РФ на полезную модель № 169275 / Глазунов В.А., Борисов В.А., Левин С.В., Шалюхин К.А., Шарапов И.Б. Манипулятор параллельной структуры с пятью степенями свободы. Опубл. 13.03.2017 Бюл. № 8.

Свойства пространственных механизмов, выявленных в диссертации, позволяют использовать их в решении самых различных задач при проектировании технологических роботов, медицинских приборов, хирургических манипуляторов, контрольно-измерительных комплексов, тренажеров широкого круга применения.

Разработанный и изготовленный автором лабораторный макет механизма позволяет моделировать процессы движения пространственных механизмов параллельной структуры с кинематической развязкой.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

-для экспериментальных работ: теоретические результаты подтверждены численными экспериментами, а также экспериментальными данными, полученными в процессе исследования свойств разработанного автором лабораторного макета пространственного механизма параллельной структуры с кинематической развязкой;

- теория построена на использовании общепринятых допущений, строгости математических выкладок, основанных на фундаментальных законах механики и теории механизмов;

-идея базируется на использовании современных знаний, накопленных в области пространственных механизмов параллельной структуры, развитии идеи кинематической развязки и использования ее преимуществ в создании новых уникальных механизмов, которые могут быть использованы при разработке технологических роботов, медицинских устройств, измерительных систем, тренажеров;

-использованы авторские экспериментальные данные по проверке теоретических результатов: кинематические параметры поступательно-направляющего

механизма, находящегося в особых положениях, а также отсутствие таковых для сферического механизма;

-использованы методы теории машин и механизмов, винтового и дифференциального исчисления, а также аналитической геометрии и компьютерного моделирования.

Личный вклад соискателя состоит в предложенном методе синтеза схем механизмов параллельной структуры с кинематической развязкой, обеспечиваемой рядом конструктивных решений; аналитическом решении прямой и обратной задач о положениях, а также прямой и обратной задач о скоростях для механизмов параллельной структуры с кинематической развязкой; в разработке алгоритмов построения рабочей зоны механизма параллельной структуры с кинематической развязкой для случаев постоянной и переменной ориентации рабочего органа; в изготовлении действующего макета механизма параллельной структуры с кинематической развязкой, позволяющего произвести опытную проверку теоретических положений.

Основные результаты диссертационной работы докладывались лично соискателем на научных форумах: Научно-практической конференции «Научное приборостроение - современное состояние и перспективы развития» (Москва, 2016), Научно-практической конференции «Роботические технологии в медицине» (Москва, 2016), на Международной конференции «Колебания и волны в механических системах» (Москва, 2012), на Юбилейной XX международной Интернет-ориентированной конференция молодых учёных и специалистов по современным проблемам машиноведения (МИКМУС-2008) (Москва, 2008). Личный вклад соискателя также состоит в подготовке публикаций и заявок на патенты по выполненной работе.

Личный вклад соискателя также состоит в подготовке публикаций и заявок на патенты по выполненной работе.

Диссертационный совет отмечает, что диссертация Шалюхина Константина Андреевича является завершённой научно-квалификационной работой, которая содержит решение новой актуальной научно-технической задачи построения пространственных механизмов с заданными свойствами, обладающих кинематической развязкой и соответствует паспорту специальности 05.02.18 – Теория механизмов и машин.

Диссертация отвечает требованиям, установленным пп. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней (утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, в редакции с изменениями, утв. Постановлением Правительства РФ от 21 апреля 2016 г. № 335).

На заседании 24 апреля 2018 года диссертационный совет принял решение присудить Шалюхину Константину Андреевичу ученую степень кандидата технических наук по специальности 05.02.18 – Теория механизмов и машин.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 20 человек, из них 19 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 21 человека, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение учёной степени – 20, против присуждения учёной степени – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Зам. председателя
диссертационного совета,
д.т.н., профессор



Handwritten signature of Grigoriy Yakovlevich Panovko

Пановко Григорий Яковлевич

Ученый секретарь
диссертационного совета,
к.т.н., доцент

Handwritten signature of Viktor Maistrovich Bozrov

Бозров Виктор Маирович

Дата оформления Заключения 26 апреля 2018 г.