

РАКЕТНО - КОСМИЧЕСКАЯ КОРПОРАЦИЯ

141070  
г. Королев  
Московской области,  
ул. Ленина, 4-а  
Телеграфный "ГРАНИТ"  
Телефон: (495) 513-86-55  
Факс: (495) 513-88-70, 513-86-20, 513-80-20  
E-mail: post@rsce.ru  
http://www.energia.ru



от 02.10.2019г № 042-5/236

На № \_\_\_\_\_

Ученому секретарю

диссертационного совета Д 002.059.05

В.М. Бозрову

101000, г. Москва,

М. Харитоньевский пер., д. 4

Уважаемый Виктор Маирович!

Высылаю Вам отзыв на автореферат диссертационной работы Филиппова Глеба Сергеевича «Научное обоснование и разработка механизмов параллельно-последовательной структуры для многокоординатных манипуляционных систем» на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.02.18.

Приложение: «Отзыв .....» на 3 листах в 2-х экз.

Ученый секретарь ПАО «РКК «Энергия»,  
кандидат физико-математических наук

О.Н. Хатунцева



УТВЕРЖДАЮ

Генеральный конструктор-первый  
заместитель генерального директора,  
академик РАН

Е.А. Микрин

### ОТЗЫВ НА АВТОРЕФЕРАТ

диссертации Филиппова Глеба Сергеевича

«Научное обоснование и разработка механизмов параллельно-последовательной структуры для многокоординатных манипуляционных систем»

на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности  
05.02.18 – «Теория механизмов и машин»

Манипуляторы с параллельной структурой обладают повышенной нагрузочной способностью и обеспечивают высокую точность позиционирования, но имеют относительно небольшой размер рабочего пространства по сравнению с манипуляторами с последовательной структурой. Представленная к защите работа посвящена разработке и исследованию класса параллельно-последовательных механизмов, устраняющих этот недостаток для многих технических приложений, в которых достаточно иметь не шесть, а пять степеней свободы выходного, рабочего звена. Это определяет ее высокую актуальность.

Решение данной проблемы начинается с синтеза всех возможных вариантов структур механизмов, в которых «частичные механизмы» – параллельные манипуляторы имеют три степени свободы, а последовательная кинематическая цепь имеет два шарнира поступательного или вращательного типа (глава 2). При этом предложенный алгоритм синтеза по заложенным в него критериям на ранней стадии отбрасывает неработоспособные варианты, в которых может иметь место неуправляемая подвижность какой-либо части кинематической цепи. Рассмотрены и проанализированы кинематические схемы, соответствующие всем базовым вариантам параллельно-последовательных структур.

Из всего множества возможных механизмов описанного класса выделены наиболее перспективные с точки зрения различных технических и медицинских приложений (главы 3 – 5). Во-первых, это параллельно-последовательный механизм, в котором плоский частный механизм параллельной структуры перемещается поступательно вдоль доминирующего размера рабочей области. Во-вторых, это манипулятор, обеспечивающий доступ к объекту воздействия с различных сторон и под разными углами. Его частичный механизм представляет собой трипод с одним поступательным шарниром и двумя вращательными относительно двух перпендикулярных осей. В третьем варианте частичный параллельный механизм является сфериче-

ским механизмом, оси которого пересекаются в одной точке, что обеспечивает постоянство точки входа в рабочее пространство. Это важно при некоторых хирургических операциях, а также при доступе в замкнутый объем, защищающий человека-оператора, например, при исследовании свойств плазмы.

Для всех выбранных типов механизмов были получены решения обратной кинематической задачи для положений и скоростей и обратной задачи динамики, определяющей силы и моменты в приводах, необходимые для реализации заданных законов управления при воспроизведении тестовых траекторий движения выходных звеньев. После решения этих трех задач для каждого механизма выполнено моделирование (решение прямой задачи динамики), позволяющее оценить динамическую точность позиционирования с учетом взаимного влияния между приводами в управляемых степенях подвижности. Для отдельных типов механизмов определены условия возникновения сингулярных конфигураций, в которых они частично теряют свои функциональные свойства.

Выбранные типы механизмов реализованы в виде действующих образцов, один из них имел систему управления с контроллерами и ноутбуком. На нем была произведена экспериментальная оценка нагрузочной способности и жесткости в зависимости от расположения шарниров на выходном звене. На всех образцах были получены экспериментальные оценки линейных и угловых размеров рабочей зоны, для отдельных механизмов – оценки скоростей и точности позиционирования выходных звеньев.

В заключительной части работы приведены примеры и проанализированы возможности применения разработанных механизмов с параллельно-последовательной структурой в авиационном машиностроении, в экспериментальных установках по исследованию свойств плазмы, при хирургических операциях.

Судя по реферату, научная новизна представленной к защите диссертационной работы заключается в разработке метода синтеза нового класса механизмов параллельно-последовательной структуры с пятью степенями свободы с учетом потребностей реальных практических задач, в детальном математическом анализе их кинематических и динамических свойств, в экспериментальном исследовании созданных действующих образцов. Разработанная методология является комплексной, сбалансированной и имеет практическое применение.

Основные результаты по теме работы опубликованы в 12-ти рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК, 4-х монографиях. На 2 действующих образца механизмов получены патенты РФ.

В качестве замечаний, не снижающих научную и практическую ценности диссертации, следует отметить:

1. В автореферате рисунки разработанных механизмов в виде пространственных 3D-моделей обладают наглядностью, но не соответствуют общепринятым обозначениям, что затрудняет понимание функционирования этих механизмов.

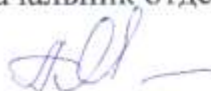
2. В автореферате желательно было бы привести обоснование используемого в методике динамического анализа допущения о том, что инерция механизмов сосредоточена в их выходных звеньях.

Автореферат позволяет сделать вывод, что диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует всем критериям, установленным п. 9 Положения о порядке присуждения ученых степеней № 842 от 24.09.2013 г., а ее автор Филиппов Глеб Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.02.18 – «Теория машин и механизмов».

#### ОТЗЫВ СОСТАВИЛ

Кандидат технических наук, начальник отдела ПАО «РКК «Энергия».

Яскевич Андрей Владимирович



«02» октября 2019 года

Почтовый адрес: ул. Ленина, 4а, г. Королёв,  
Московская обл., Россия, 141070.

Тел.: +7(495) 513-60-19

E-mail: andrey.yaskevich@rsce.ru

Подпись кандидата технических наук, начальника отдела Яскевича Андрея Владимировича удостоверяю:

Учёный секретарь ПАО «РКК «Энергия»  
кандидат физико-математических наук



О.Н. Хатунцева

Публичное акционерное общество «Ракетно-космическая корпорация «Энергия» имени С.П. Королёва»

Почтовый адрес: ул. Ленина, 4а, г. Королёв, Московская обл., Россия, 141070.

Телефон: +7 (495) 513-86-55.

Адрес электронной почты: почты: [post@rsce.ru](mailto:post@rsce.ru)