



Lawrence Technological University
Vice President for Academic Affairs

Re: Mustafa Azamat
Dissertation Research

Review Report on the PhD thesis of Mustafa Azamat entitled:
"Research of the RoboMech class parallel manipulators"
to the Degree Committee of KazNRTU named after K.I. Satbayev

Modern mechanical engineering requires the creation of high-performance, high-speed, small metal and energy-intensive designs of multifunctional machines, manipulators, industrial robots, providing the necessary and reliable conditions for their operation.

Parallel robots with closed kinematic chains have structural rigidity, high lifting capacity and high positioning accuracy. In this regard, they are used in many branches of modern industry. The dissertation begins with a comprehensive review of the state of art. Then there are presented the methods of structurally parametric synthesis and kinematic analysis of two parallel manipulators (PMs): with three degree of freedom working in a cylindrical coordinate system, and PM with two sliders. These PMs belong to a RoboMech class PMs because they work under the setting laws of motions of the end-effectors and actuators, which simplifies the control system and improves dynamics. PMs of the RoboMech class work with certain structural schemes and geometrical parameters of their links.

The first chapter presents a review of the scientific literature, describing the current state of research in the area under consideration, as well as justifying the choice of research areas (databases Scopus, Web of Science, etc.).

The second chapter is addressed the structural-parametric synthesis and kinematic analysis of the RoboMech class PM with three DOF operating in a cylindrical coordinate system. This PM is formed by connecting the output point to a base using one passive and two active closing kinematic chains (CKCs). Passive CKC has zero degree of freedom and it does not impose a geometrical constraint on the movement of the output point, so the geometrical parameters of the links of the passive CKC are freely varied. Active CKCs have active kinematic pairs and they impose geometrical constraints on the movement of the output point. The geometrical parameters of the links of the active CKCs are determined on the basis of the approximation problems of the least-square approximation.

Lawrence Technological University 21000 West 10 Mile Rd. Southfield, MI 48075 U.S.A.

The direct and inverse kinematics problems of the synthesized PM are solved. Numerical results showed that the maximum deviation of the output point movement from the orthogonal trajectories is 1.65 %. The 3D CAD model and prototype of the PM have been made.

On the base of the numerical results analysis of the direct and inverse kinematics problems, it is established that there is a functionally independent drives, i. e. orthogonal trajectories of the output point are reproduced by separate drives.

The third chapter presents the structural-parametric synthesis and kinematic analysis of the RoboMech class PM with two sliders. The proposed PM is formed by connecting two sliders (input and output objects) using one passive and one negative CKCs. The passive CKC does not impose a geometric constraint on the movements of the sliders and the geometric parameters of its links are varied to satisfy the geometric constraint of the negative CKC. The negative CKC imposes one geometric constraint on the movements of the sliders and its geometric parameters are determined on the basis of the least-square approximations. Problems of positions and analogues of velocities and accelerations of the considered PM are solved, and they are to demonstrated the feasibility and effectiveness of the proposed formulations. The 3D CAD model and prototype of the PM with two sliders have been made.

The scientific contribution of this doctoral dissertation deals with the development of the novel RoboMech class PM with three DOF operating in a cylindrical coordinate system and PM with two sliders.

The author has shown that he can conduct high quality research with numerous publications in international journals. Among the publications, one is indexed in the Web of Science, and the others in Scopus. From the presentation and discussion, I believe that the candidate has deep knowledge of the subject area and can answer questions with confidence. Based on the above, I believe that the dissertation was carried out at a high scientific level and meets all the requirements for the degree of Doctor of Philosophy PhD. In this regard, I recommend the dissertation work of Mustafa Azamat to defense for the degree of Doctor of Philosophy PhD in the specialty "6D071200-Mechanical Engineering".



Tarek Sobh, Ph.D., P.E.
Provost and Professor of Electrical and Computer Engineering
Lawrence Technological University
21000 West 10 Mile Rd.
Southfield, MI 48075 U.S.A
+1 203-685-4189

Lawrence Technological University 21000 West 10 Mile Rd. Southfield, MI 48075 U.S.A.



**Технологический университет Лоуренса
Проректор по академическим вопросам**

**Re: Mustafa Azamat
Dissertation Research**

**Отзыв на диссертацию для присуждения степени доктора философии (PhD)
Мустафы Азамата на тему "Исследование параллельных манипуляторов класса
RoboMech" от зарубежного научного руководителя Ph.D., P.E. Tarek Sobh**

Современное машиностроение требует создания высокопроизводительных, быстродействующих, малогабаритных металлоемких и энергоемких конструкций многофункциональных машин, манипуляторов, промышленных роботов, обеспечивающих необходимые и надежные условия для их работы.

Параллельные роботы с замкнутыми кинематическими цепями обладают жесткостью конструкции, высокой грузоподъемностью и высокой точностью позиционирования. В связи с этим они используются во многих отраслях современной промышленности. Диссертация начинается со всестороннего обзора современного состояния по теме исследования. Затем представлены методы структурно-параметрического синтеза и кинематического анализа двух параллельных манипуляторов (ПМ): с тремя степенями свободы, работающих в цилиндрической системе координат, и ПМ с двумя ползунами. Эти ПМ относятся к классу RoboMech, ПМ класса RoboMech обладают свойством манипуляционных роботов, как перемещение выходных объектов по заданным законам движений, и механизмов, как задание законов движений приводов, что упрощает систему управления и улучшает динамику. ПМ класса RoboMech работают с определенными структурными схемами и геометрическими параметрами их звеньев.

В первой главе представлен обзор научной литературы, описывающий современное состояние исследований в рассматриваемой области, а также обоснован выбор направлений исследования (базы данных Scopus, Web of Science и др.).

Вторая глава посвящена структурно-параметрическому синтезу и кинематическому анализу ПМ класса RoboMech с тремя степенями свободы, работающими в цилиндрической системе координат. Данный ПМ сформирован соединением выходного объекта (точки P) со стойкой при помощи трех замыкающих кинематических цепей (ЗКЦ): одной пассивной и двух активных ЗКЦ. Поскольку пассивная ЗКЦ не накладывает геометрическую связь на движение выходной точки, то ее параметры синтеза варьируются для удовлетворения геометрических связей, накладываемых активными ЗКЦ на движение выходной точки. Активные ЗКЦ имеют активные кинематические пары и накладывают геометрические связи с выходной точкой. Геометрические параметры звеньев активных ЗКЦ определяются на основе аппроксимационных задач Чебышевского и квадратического приближений.

Lawrence Technological University 21000 West 10 Mile Rd. Southfield, MI 48075 U.S.A.

Решены прямая и обратная кинематические задачи синтезированного ПМ. Численные результаты показали, что максимальное отклонение движения выходной точки от ортогональных траекторий составляет 1,65%. Изготовлены 3D CAD-модель и прототип.

На основе анализа результатов численного моделирования прямой и обратной задач кинематики установлено, что существует функционально независимый привод, т.е. ортогональные траектории выходной точки воспроизводятся отдельными приводами.

В третьей главе представлен структурно-параметрический синтез и кинематический анализ ПМ класса RoboMech с двумя ползунами. Предлагаемый ПМ формируется путем соединением ползунков (входной и выходной) с использованием одного пассивного и одного негативного ЗКЦ. Пассивный ЗКЦ не накладывает геометрические связи на движения пуансона и ползуна С. Следовательно, пассивная ЗКЦ позволяет воспроизведение заданных движений ползунков. Негативный ЗКЦ имеет одну отрицательную степень свободы. Негативный ЗКЦ накладывает одну геометрическую связь на движения ползунков. Геометрические параметры звеньев определяются на основе аппроксимационных задач Чебышевского и квадратического приближений. Решены задачи о положениях и аналогах скоростей и ускорений рассматриваемых ПМ. Изготовлены 3D CAD-модель и прототип ПМ с двумя ползунами.

Научный вклад этой докторской диссертации разработки нового ПМ класса RoboMech с тремя степенями свободы, работающего в цилиндрической системе координат, и ПМ с двумя ползунами.

Автор показал, что может проводить качественные исследования с многочисленными публикациями в международных журналах. Среди публикаций одна проиндексирована в Web of Science, а остальные - в Scopus. Судя по презентации и обсуждению, я считаю, что кандидат имеет глубокие познания в предметной области и может с уверенностью отвечать на вопросы. Исходя из вышесказанного, считаю, что диссертация выполнена на высоком научном уровне и отвечает всем требованиям для получения степени доктора философии PhD. В связи с этим рекомендую диссертационную работу Мустафы Азамата к защите на соискание ученой степени доктора философских наук PhD по специальности «6D071200-Машиностроение».



Tarek Sobh, Ph.D., P.E.
Provost and Professor of Electrical and Computer Engineering
Lawrence Technological University
21000 West 10 Mile Rd.
Southfield, MI 48075 U.S.A
+1 203-685-4189

Lawrence Technological University 21000 West 10 Mile Rd. Southfield, MI 48075 U.S.A.