

ОТЗЫВ

зарубежного научного консультанта на диссертацию
Назеновой Гаухар Мырзабекқызы
на тему «Применение методов адаптивного управления роботом-манипулятором для аддитивного производства медицинских покрытий»,
представленную на соискание степени доктора философии (Ph.D.)
по специальности 8D07101 – Автоматизация и управление»

В настоящее время роботы-манипуляторы широко применяются для автоматизации и повышения эффективности процессов различных производств, поэтому задачи, связанные с управлением роботами-манипуляторами весьма актуальны, особенно для роботизации процессов аддитивного производства покрытий медицинских имплантатов. Диссертация выполнена на актуальную и практически значимую тему в рамках проектов с госбюджетным финансированием Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан AP19679327 «Методы машинного обучения в задачах автоматического управления и инерциальной навигации мобильных роботов» и AP13068317 «Разработка новых алгоритмов управления роботом-манипулятором для технологий 3D-сканирования и аддитивного микроплазменного напыления покрытий».

В работе Назеновой Г.М. разработаны и апробированы новые алгоритмы автоматического управления и автоматической генерации траектории робота-манипулятора для задач аддитивного производства покрытий, которые обеспечивают преимущества по сравнению с существующими решениями, позволяя улучшить точность управления.

Корректность разработанных алгоритмов автоматизации проверена на практике. Все предложенные технические решения выполнены на высоком научном уровне, что подтверждается высоким уровнем публикаций по теме исследования и патентом Республики Казахстан на полезную модель.

Основными новыми научными результатами диссертационной работы являются сформулированные и доказанные в диссертации и в публикациях Назеновой Г.М. научные положения:

1. Адаптивный метод управления последовательным манипулятором с силовым управлением, построенный на основе метода вычисляемых крутящих моментов.
2. Применение метода инверсной динамики (метода компенсации динамики объекта и возмущений) к задаче траекторного управления последовательным манипулятором.
3. Метод автоматической генерации траектории робота-манипулятора для задач аддитивного производства покрытий, основанный на новом численном методе конструирования векторных полей на поверхностях, задаваемых треугольными сетками.

Название диссертации соответствует паспорту специальности и ее содержанию. Диссертация и полученные в ней результаты характеризуются внутренним единством: четко сформулированы цели и задачи исследования, и показано, что каждый результат получен при выполнении конкретной задачи и служит достижению поставленной цели исследования. Все результаты логически взаимосвязаны между собой, то есть достигаются последовательно и являются необходимыми. Четко прослеживается логика, отражающая единство теоретических построений диссертанта и практических результатов работы. Результаты научного исследования, изложенные в диссертации, были получены автором самостоятельно. Необходимо отметить, что часть исследования по симуляции алгоритмов управления роботом-манипулятором выполнялась и обсуждалась в лабораториях университета Обуда, г. Будапешт, Венгрия во время научной стажировки докторанта. Таким образом, личное участие автора в получении результатов, изложенных в диссертации, было всесторонним - от участия в планировании эксперимента и его выполнения, до формулировки и обсуждения результатов исследования.

Результаты диссертации, подтверждающие ее основные научные положения, выводы и заключение были полно опубликованы в рецензируемых научных изданиях.

Таким образом, диссертационная работа Назеновой Г.М. по научной новизне, полноте, значимости полученных результатов соответствует требованиям главы 2 «Правил присуждения ученых степеней» Комитета по контролю в сфере образования и науки МНВО РК, предъявляемым к работам, представленным на соискание степени доктора философии (Ph.D.) и рекомендуется к публичной защите.

Будапешт, 8 қыркүйек, 2025 жыл.

haidegger@irob.uni-obuda.hu
+36-30-3720764



Dr. Tamás HAIDEGGER
профессор, ЕРЖ
Initium директор

REVIEW

of a foreign research advisor on the dissertation
of **Gaukhar Myrzabekyzy Nazenova**

with the title "**Application of methods of adaptive control of a robotic arm for additive manufacturing of medical coatings**", submitted for the degree of
Doctor of Philosophy (Ph.D.)
in the specialty 8D07101 - Automation and Control"

Currently, robotic manipulators are widely used to automate and improve the efficiency of various production processes, so the tasks associated with the control of robotic manipulators are relevant, especially for the robotization of additive manufacturing processes for coatings of medical implants. The dissertation was completed on a relevant and practically significant topic within the framework of projects with state budget funding of the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan AP19679327 "Methods of machine learning for tasks of automatic control and inertial navigation of mobile robots" and AP13068317 "Development of new robot-manipulator control algorithms for 3D scanning technologies and additive microplasma spraying of coatings".

In the dissertation of G.M. Nazenova, new algorithms for automatic control and automatic generation of the trajectory of a robot manipulator for additive manufacturing of coatings were developed and tested, which provide advantages over existing solutions, allowing for improved control accuracy.

The correctness of the developed automation algorithms has been tested in practice. All proposed technical solutions are implemented at a high scientific level, which is confirmed by the high level of publications on the research topic and the patent of the Republic of Kazakhstan for a utility model.

The main new scientific results of the dissertation are the scientific provisions formulated and proven in the dissertation and in the publications of G.M. Nazenova:

1. Adaptive control method for a sequential manipulator with force control, based on methods of Computed Torque Control (CTC).
2. Application of the inverse dynamics method (method of compensation of object dynamics and disturbances) to the problem of trajectory control of a sequential manipulator.
3. Method of automatic trajectory generation for a robot manipulator for additive manufacturing of coatings, based on a new numerical method for constructing vector fields on surfaces defined by triangular meshes.

The title of the dissertation corresponds to the passport of the specialty and its content. The dissertation and the results obtained in it are characterized by internal unity: the goals and objectives of the study are clearly formulated, and it is shown that each result was obtained during the implementation of a specific task and serves to achieve the set goal of the study. All

results are logically interconnected, that is, they are achieved consistently and are necessary. The logic is clearly traced, reflecting the unity of the theoretical constructions of the dissertation author and the practical results of the work.

The results of the research presented in the dissertation were obtained by the author independently. It should be noted that part of the research on the simulation of robotic manipulator control algorithms was carried out and discussed in the laboratories of Obuda University (Budapest, Hungary) during the research internship of the doctoral student. Thus, the personal participation of the author in obtaining the results presented in the dissertation was comprehensive - from participation in the planning of the experiment and its implementation, to the formulation and discussion of the research results.

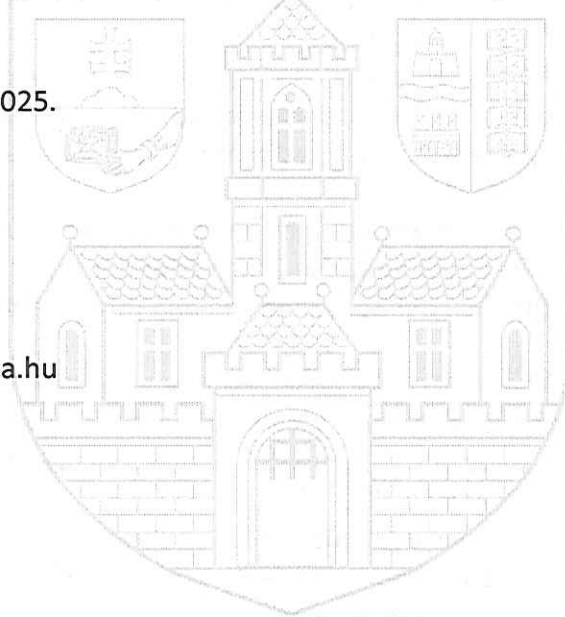
The results of the dissertation, confirming its main scientific provisions, findings and conclusions were fully published in peer-reviewed scientific journals.

Thus, the dissertation of G.M. Nazanova in terms of scientific novelty, completeness and significance of the obtained results meets the requirements of Chapter 2 of the "Rules for Awarding Academic Degrees" of the Committee for Control in the Sphere of Education and Science of the Ministry of Science and Higher Education, presented to works submitted for the degree of Doctor of Philosophy (Ph.D.) and is recommended for public defense.

Budapest, September 8, 2025.

Contact:

haidegger@irob.uni-obuda.hu
+36-30-3720764



Dr. Tamás Haidegger
Full professor, EKIK
Initium director