

**Письменный отзыв официального рецензента
по диссертационной работе Құсайын-Мұрат Әсел на тему: «Синтез системы
автоматического управления движением робота-манипулятора для задач 3D
сканирования объектов сложной геометрической формы»
на соискание степени доктора философии (PhD)
по специальности 6D070200 «Автоматизация и управление»**

№п /п	Критерии	Соответствие критериям (необходимо отметить один из вариантов ответа)	Обоснование позиции официального рецензента
1.	Тема диссертации (на дату ее утверждения) соответствует направлениям развития науки и /или государственным программам	<p>1.1 Соответствие приоритетным направлениям развития науки или государственным программам:</p> <p>1) Диссертация выполнена в рамках проекта или целевой программы, финансируемого (ой) из государственного бюджета (указать название и номер проекта или программы)</p> <p>2) Диссертация выполнена в рамках другой государственной программы (указать название программы)</p> <p>3) Диссертация соответствует приоритетному направлению развития науки, утвержденному Высшей научно-технической комиссией при Правительстве Республики Казахстан (указать направление)</p>	<p>Диссертация соответствует приоритетному направлению науки в области ИКТ и Государственной программе "Цифровой Казахстан".</p> <p>Диссертационная работа выполнена в рамках проекта № AP05130525 «Интеллектуальная роботизированная система для плазменной обработки и резки крупногабаритных изделий сложной формы» с грантовым финансированием Комитета науки МОиН РК на 2018-2020 годы, по приоритету «Информационные, телекоммуникационные и космические технологии, научные исследования в области естественных наук» (научный рук-ль проекта – проф. Алонцева Д.Л.).</p>
2.	Важность для науки	Работа вносит /не вносит существенный вклад в науку, а ее важность хорошо	Соискатель всесторонне исследует этапы, особенности и тенденции развития современного состояния проблем разработки и

		<p>раскрыта/не раскрыта</p>	<p>использования систем сканирования на основе роботов-манипуляторов и синтеза систем управления ими. Работа вносит существенный вклад в науку по направлению «Автоматизация и управление» путем разработки и апробации метода синтеза системы автоматического управления движением робота-манипулятора для задач 3D-сканирования объектов сложной геометрической формы. Получена совокупность результатов апробации на модельных и реальных объектах системы автоматического управления движением робота-манипулятора, выполняющего задачи 3D-сканирования объектов сложной геометрической формы с последующим плазменным напылением их поверхности. Важность работы хорошо раскрыта, показаны преимущества применения разработанных алгоритмов автоматизации для повышения точности выполнения технологических процессов.</p>
3.	Принцип самостоятельности	<p>Уровень самостоятельности:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Высокий; 2) Средний; 3) Низкий; 4) Самостоятельности нет 	<p>Уровень самостоятельности Құсайын-Мұрат Ә.Т. оценивается как высокий, что подтверждено количественной характеристикой продуктивности соискателя, имеется акт внедрения результатов ее работы в учебный процесс ВКТУ им. Д. Серикбаева от 30.11.21, а также свидетельство интеллектуальной собственности о государственной регистрации на объект авторского права № 5803 от 15 октября 2019 г. Вид объекта: программа для ЭВМ. Название объекта: «Расчет коэффициентов алгоритма управления однозвенным роботом-манипулятором» Авторы: Алонцева Д.Л., Шадрин Г.К., Құсайын-Мұрат Ә.Т., опубликовано 13 статей, из них в 4-х Құсайын-Мұрат Ә.Т. является первым автором, в том числе: Kussaiyn-Murat A. T., Krasavin A., Alontseva D., Kadyroldina A., Khozhanov A., Krak Iu., Muñoz de Escalona P., Dyomina I. Development</p>

			<p>of an Intelligent Robotic System for Plasma Processing of Industrial Products with Complex Shape. 11th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS), 2021 pp. 572-579, doi: 10.1109/IDAACS53288.2021.9660960 . индексируется в Scopus</p> <p>Күсайын-Мурат Ә. Т., Алонцева Д. Л. Анализ методов микроплазменного нанесения биосовместимых покрытий и требований к медицинским имплантатам. Вестник ВКГТУ им. Д.Серикбаева - Усть-Каменогорск - №4 (78), 2017. – С.62-67 - рекомендован КОКСОН</p>
4.	Принцип внутреннего единства	<p>4.1 Обоснование актуальности диссертации:</p> <p>1) Обоснована;</p> <p>2) Частично обоснована;</p> <p>3) Не обоснована.</p>	<p>Соискатель убедительно обосновала актуальность научной проблемы синтеза систем автоматического управления роботизированными системами сканирования и плазменной обработки и актуальность применения метода компенсации динамики объекта и возмущений для синтеза алгоритма управления.</p>
		<p>4.2 Содержание диссертации отражает тему диссертации:</p> <p>1) Отражает;</p> <p>2) Частично отражает;</p> <p>3) Не отражает</p>	<p>Содержание диссертации отражает заявленную тему. Действительно, оглавление, иллюстрирующее структуру работы, позволяет выстроить логическую цепь раскрытия идеи диссертационного исследования. Содержание структурных единиц подчинено единой логике.</p>
		<p>4.3. Цель и задачи соответствуют теме диссертации:</p> <p>1) соответствуют;</p> <p>2) частично соответствуют;</p> <p>3) не соответствуют</p>	<p>Цель и задачи соответствуют теме диссертации в полной мере и раскрывают все основные аспекты исследования. Цель: «Синтез системы 3D-сканирования на базе робота-манипулятора и установленных на роботе бесконтактных датчиков расстояния и апробация роботизированной системы 3D-сканирования на модельных и реальных объектах» созвучна теме «Синтез системы автоматического управления движением робота-манипулятора»</p>

			<p>для задач 3D-сканирования объектов сложной геометрической формы». Название глав и разделов диссертации созвучны поставленным задачам, сформулированным согласно цели исследования.</p>
		<p>4.4 Все разделы и положения диссертации логически взаимосвязаны:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) полностью взаимосвязаны; 2) взаимосвязь частичная; 3) взаимосвязь отсутствует 	<p>Отмечая значимость представленной диссертации Құсайын-Мұрат Ә.Т. в плане решения актуальных теоретических и практических задач, следует отметить, что все разделы диссертации логически взаимосвязаны, четко обоснованы и характеризуются ясностью и последовательностью изложения материала. Диссертационная работа представляет собой рукопись объемом 120 страниц текста компьютерного набора, включает 44 рисунка, 3 таблицы, 4 приложения. Видна тщательная работа по каждому разделу рассматриваемой темы, которая полностью раскрыта; поставленные задачи были решены, цель работы достигнута.</p>
		<p>4.5 Предложенные автором новые решения (принципы, методы) аргументированы и оценены по сравнению с известными решениями:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) <u>критический анализ есть;</u> 2) анализ частичный; 3) анализ представляет собой не собственные мнения, а цитаты других авторов 	<p>Решения и методы, предложенные соискателем в данной работе, аргументированы и подтверждены в соответствии с основными научными методами. Анализируя и систематизируя достаточно объемный материал, соискатель выполнил синтез системы автоматического управления движением в данном направлении инструмента и звена робота-манипулятора на основе алгоритма компенсации динамики объекта и возмущений и разработал алгоритм управления, обеспечивающий генерацию программы перемещения промышленного робота-манипулятора Kawasaki, выполняющего процедуру 3D-сканирования бесконтактным лазерным датчиком расстояния с заданными параметрами процесса сканирования (шаг, скорость, точность прохождения траектории).</p>

5.	Принцип научной новизны	<p>5.1 Научные результаты и положения являются новыми?</p> <p>1) <u>ПОЛНОСТЬЮ НОВЫЕ;</u></p> <p>2) частично новые (новыми являются 25-75%);</p> <p>3) не новые (новыми являются менее 25%)</p>	<p>Научные результаты и положения являются полностью я новыми. Результаты компьютерного моделирования и экспериментальные исследования показали эффективность разработанных новых алгоритмов управления</p>
		<p>5.2 Выводы диссертации являются новыми?</p> <p>1) <u>ПОЛНОСТЬЮ НОВЫЕ;</u></p> <p>2) частично новые (новыми являются 25-75%);</p> <p>3) не новые (новыми являются менее 25%)</p>	<p>Выводы, полученные и сформулированные автором в диссертации, являются полностью новыми. Основные положения достигнутых результатов опубликованы в открытой печати, основные результаты диссертационной работы доложены и обсуждены на 5-ти международных конференциях. Имеются акт внедрения и акт производственных испытаний, а также свидетельство об авторском праве на результаты диссертационного исследования.</p>
		<p>5.3 Технические, технологические, экономические или управленческие решения являются новыми и обоснованными:</p> <p>1) <u>ПОЛНОСТЬЮ НОВЫЕ;</u></p> <p>2) частично новые (новыми являются 25-75%);</p> <p>3) не новые (новыми являются менее 25%)</p>	<p>Технические, технологические, экономические или управленческие решения являются полностью новыми. По результатам исследования был выполнен синтез системы автоматического управления на основе алгоритма компенсации динамики объекта и возмущений; был разработан алгоритм управления, была получена совокупность результатов апробации на модельных и реальных объектах.</p>
6.	Обоснованность основных выводов	<p>Все основные выводы основаны/не основаны на весомых с научной точки зрения доказательствах либо достаточно хорошо обоснованы (для qualitative research и направлений подготовки по искусству и</p>	<p>Полученные результаты и выводы, сформулированные соискателем Кұсайын-Мұрат Ә.Т., являются обоснованными и достоверными, что обеспечивается научной базой исследования и корректным применением методов исследования. Научные положения, выносимые на защиту, выводы и заключения соискателя не вызывают сомнения, а полученные в процессе работы результаты,</p>

		гуманитарным наукам)	<p>полностью согласованы и соответствуют целям и задачам исследования. Результат 1 — является полностью новым, так как выполнен синтез системы автоматического управления движением в данном направлении инструмента и звена робота-манипулятора на основе алгоритма компенсации динамики объекта и возмущений;</p> <p>Результат 2 — является полностью новым, так как автором лично разработан алгоритм управления, обеспечивающий генерацию программы перемещения промышленного робота-манипулятора Kawasaki, выполняющего процедуру 3D-сканирования бесконтактным лазерным датчиком расстояния с заданными параметрами процесса сканирования (шаг, скорость, точность прохождения траектории);</p> <p>Результат 3 — является полностью новым, так как получена совокупность результатов апробации на модельных и реальных объектах системы автоматического управления движением робота-манипулятора, выполняющего задачи 3D-сканирования объектов сложной геометрической формы с последующим плазменным напылением их поверхности, обладающая преимуществами в точности выполнения технологических процессов по сравнению с существующими решениями</p>
--	--	----------------------	--

7.	<p>Основные положения, выносимые на защиту</p>	<p>Необходимо ответить на следующие вопросы по каждому положению в отдельности:</p> <p>7.1 Доказано ли положение?</p> <p>1) доказано;</p> <p>2) скорее доказано;</p> <p>3) скорее не доказано;</p> <p>4) не доказано</p> <p>7.2 Является ли тривиальным?</p> <p>1) да;</p> <p>2) нет</p> <p>7.3 Является ли новым?</p> <p>1) да;</p> <p>2) нет</p> <p>7.4 Уровень для применения:</p> <p>1) узкий;</p> <p>2) средний;</p> <p>3) широкий</p> <p>7.5 Доказано ли в статье?</p> <p>1) да;</p> <p>2) нет</p>	<p>Положение 1:</p> <p>- полученные результаты синтеза системы автоматического управления движением в данном направлении инструмента и звена робота-манипулятора, в основе которого заключен алгоритм компенсации динамики объекта и возмущений являются <i>нетривиальными</i> результатами <i>нового</i> исследования:</p> <p>- положение <i>доказано</i> методом компенсации динамики объекта и возмущений, базирующегося на принципах теории автоматического управления: получен алгоритм для линейного объекта второго порядка общего вида, выполнено исследование замкнутой системы и рассмотрено применение этого алгоритма для создания системы автоматического регулирования движения робота в одном направлении;</p> <p>-уровень применения широкий: применимо для управления роботами - манипуляторами и для преподавания дисциплин автоматизации и управления в высшей школе.</p> <p><u>Положение доказано в статьях в журналах, основные из них:</u></p> <p>Application of Compensation Algorithms to Control the Movement of a Robot Manipulator//Acta Polytechnica Hungarica, 2020, 17(1), стр. 191–214 Web of Science: квартиль Q3, Impact Factor (2020): 1.806 категория JCR: Engineering, Multidisciplinary. Scopus: CiteScore (2020): 4.4, процентиль 83-й Engineering.</p> <p>Синтез алгоритма управления движением инструмента робота методом коррекции его динамики и компенсации возмущений//Мехатроника, автоматизация, управление, 2019, 20(8), стр. 472–481 (Scopus)</p> <p>Development of Control System for Robotic Surface Tracking//International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research, 2020, 9(2), стр. 280-286. Scopus: (2020): процентиль 26%</p>
----	--	---	--

		<p>Mechanical Engineering</p> <p>Положение 2: <i>убедительно доказанное, нетривиальное и новое, имеет широкий уровень применения:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - получены результаты разработки и тестирования на модельных и реальных объектах новой системы 3D-сканирования на базе робота-манипулятора и установленных на роботе бесконтактных датчиков расстояния; - подтверждено наличием авторского свидетельства интеллектуальной собственности; - подтверждено актом внедрения в учебный процесс - подтверждено актом производственных испытаний - может применяться для повышения точности и производительности производственных процессов роботизированного сканирования и напыления; <p><u>Положение доказано в статьях в журналах, в том числе:</u></p> <p>Разработка системы управления промышленным роботом-манипулятором для трехмерного сканирования поверхностей//Вестник ВКГТУ им. Д.Серикбаева– Усть-Каменогорск – №1, 2019.– С. 81-87 (КОКСОН)</p> <p>Software development for a new robotic technology of microplasma spraying of powder coatings //Przegląd Elektrotechniczny, 2018, 94(7), стр. 26–29 <i>Web of Science</i>: квартиль Q4, <i>Impact Factor (2018)</i>: 0.398</p> <p>Разработка системы 3D-сканирования для интеллектуальной роботизированной системы плазменной обработки и резки крупногабаритных изделий сложной формы//Вестник ВКГТУ им. Д.Серикбаева - Усть-Каменогорск - № 1, 2018. – С. 7-19 (КОКСОН).</p> <p>Күрделі формадағы бұйымдарға плазмалық өңдеуді жүргізетін робот-манипулятор үшін ақпараттық жүйені әзірлеу //Вестник ВКГТУ им. Д.Серикбаева. – Усть-Каменогорск. –</p>
--	--	--

			№3 (89), 2020.– С. 95-98 (КОКСОН).
8.	<p>Принцип достоверности</p> <p>Достоверность источников и предоставляемой информации</p>	<p>8.1 Выбор методологии - обоснован или методология достаточно подробно описана</p> <p>1) <u>да;</u></p> <p>2) нет</p>	<p>Теоретико-методологическая база исследования определяется междисциплинарным подходом по отношению к проблематике исследования и опирается на научные труды отечественных и зарубежных авторов, касающихся проблем и развития синтеза систем автоматического управления роботизированных систем сканирования и плазменной обработки поверхностей.</p> <p><i>Выбор методологии подробно описан и включает:</i> методы теории автоматического управления и линейной алгебры, математическое компьютерное моделирование, тестирование алгоритмов управления в программно-симуляторе и методики сканирования на модельных объектах, натурный эксперимент: 3D-сканирование и плазменная обработка реальных объектов сканирования на опытном производственном участке с оценкой результата с точки зрения требований к конечному продукту (покрытию).</p>

		<p>8.2 Результаты диссертационной работы получены с использованием современных методов научных исследований и методик обработки и интерпретации данных с применением компьютерных технологий:</p> <p>1) да; 2) нет</p>	<p>Результаты диссертационной работы получены с использованием современных методов научных исследований и интерпретации данных с применением новых компьютерных технологий. В частности, проведен синтез алгоритма управления методами ТАУ и проведено тестирование предложенного управления в программе-симуляторе VisSim (для исследования и анализа в автоматических системах включая визуальные средства структурного моделирования).</p> <p>Применены статистические методы компьютерной обработки и интерпретации результатов данных сканирования.</p> <p>Разработано на языке Microsoft Visual Studio/C# ПО для интерактивного взаимодействия с оператором робота. ПО реализует оригинальный компенсационный алгоритм управления, обеспечивающий заданную оператором динамику движения инструмента робота в процессе обработки поверхности (сканирования или напыления), предоставляющее доступный оператору интерфейс для расчета коэффициентов автоматического регулятора</p>
		<p>8.3 Теоретические выводы, модели, выявленные взаимосвязи и закономерности доказаны и подтверждены экспериментальным исследованием (для направлений подготовки по педагогическим наукам результаты доказаны на основе педагогического эксперимента):</p> <p>1) да;</p>	<p>Теоретические выводы, модели, выявленные взаимосвязи и закономерности доказаны и подтверждены корректным применением методов, методик и технологий. Модели апробированы, результаты представлены отдельными разделами диссертации.</p> <p>Выполнено экспериментальное тестирование алгоритмов управления в программе-симуляторе, выполнено тестирование разработанной методики сканирования на модельных объектах, модели диссертации подтверждены натурным экспериментом по 3D-сканированию реальных объектов и</p>

		2) нет	плазменной обработке данных объектов на опытном производственном участке с оценкой результата с точки зрения требований к конечному продукту (покрытию).
		8.4 Важные утверждения подтверждены /частично подтверждены/не подтверждены ссылками на актуальную и достоверную научную литературу	Важные утверждения в данной работе полностью подтверждены ссылками на актуальную и достоверную научную литературу, что отражено в анализе теоретических разделов диссертации в многочисленных первоисточниках, близких теме исследования.
		8.5 Использованные источники литературы достаточны /не достаточны для литературного обзора	Соискателем проделан большой литературный обзор научных источников по теме исследования в основном современных журнальных статей в рецензируемых изданиях, в том числе автор диссертации опирается на научные труды казахстанских исследователей. Список процитированных источников включает 171 наименование, использованные источники литературы достаточны для литературного обзора.
9	Принцип практической ценности	9.1 Диссертация имеет теоретическое значение: 1) да; 2) нет	Теоретические выводы и рекомендации автора расширяют теоретико-методологические положения ТАУ, которые могут быть использованы для управления роботизированными системами сканирования и плазменной обработки поверхностей.
		9.2 Диссертация имеет практическое значение и существует высокая вероятность применения полученных результатов на практике: 1) да; 2) нет	<i>Диссертация имеет практическое значение:</i> - в «ИП Абакумов С.А.» проведены <i>производственные испытания</i> промышленного изделия (дробилки щековой), на поверхность которого наносилось покрытие с использованием робота-манипулятора, перемещающегося по 3D-модели изделия, полученной в результате предварительного 3D-сканирования, подтверждающие увеличение срока службы плиты щековой дробилки с плазменным покрытием изношенной

			<p>поверхности (Акт производственных испытаний «ИП Абакумов С.А.», № 1 от 01.10.2020);</p> <p>- результаты внедрены в учебный процесс ВКТУ им. Д. Серикбаева в образовательную программу «Автоматизация и управление», используются для преподавания дисциплин: «Нелинейные системы автоматического регулирования» и «Экспериментально-статистические методы построения математических моделей» (АКТ № от 30.11.21 о внедрении НИР в учебный процесс);</p> <p><i>Существует высокая вероятность применения полученных результатов, для внедрения в практику предлагается:</i></p> <p>свидетельство о государственной регистрации на объект авторского права № 5803 от 15 октября 2019 г. Вид объекта: программа для ЭВМ. Название объекта: «Расчет коэффициентов алгоритма управления однозвенным роботом-манипулятором» Авторы: Д.Л. Алонцева, Г.К. Шадрин, Құсайын-Мұрат Ә. Т.</p>
		<p>9.3 Предложения для практики являются новыми?</p> <p>1) <u>ПОЛНОСТЬЮ НОВЫЕ;</u></p> <p>2) частично новые (новыми являются 25-75%);</p> <p>3) не новые (новыми являются менее 25%)</p>	<p>Предложения и рекомендации, разработанные соискателем, для практического применения являются полностью новыми, что подтверждается наличием свидетельства интеллектуальной собственности (программы для ЭВМ)</p>
10.	Качество написания и оформления	<p>Качество академического письма:</p> <p>1) <u>высокое;</u></p> <p>2) среднее;</p> <p>3) ниже среднего; низкое.</p>	<p>Качество академического письма — высокое, работа имеет ясное научное звучание, изложена логически последовательно, все основные положения раскрыты понятным для восприятия профессиональным, научным языком. Постановка целей и задач исследования делается после анализа современного состояния проблемы исследования, показан</p>

		пробел в существующих знаниях, который восполняют результаты диссертации. Все разделы и подразделы диссертации логически связаны и завершаются выводами.
--	--	--

Решение официального рецензента: Диссертация Құсайын-Мұрат Әсел Түгелбайқызы на тему «Синтез системы автоматического управления движением робота-манипулятора для задач 3D сканирования объектов сложной геометрической формы» по научной новизне, объему, значимости полученных результатов соответствует требованиям главы 2 «Правил присуждения ученых степеней» Комитета по обеспечению качества в сфере образования и науки МОиН РК, предъявляемым к работам, представленным на соискание степени доктора философии (Ph.D.).

Автор диссертации заслуживает присуждения искомой степени доктора философии (Ph.D.) по специальности 6D070200 «Автоматизация и управление».

Официальный рецензент:
 начальник научного центра
 АО «Ульбинский металлургический завод»
 д.ф.-м.н., профессор



Кылышканов М.К.