

РЕЦЕНЗИЯ

официального рецензента на диссертационную работу
Кадыроldиной Альбины Талапжановны,
представленную на соискание степени доктора философии (PhD) по
специальности 6D070200 – «Автоматизация и управление» на тему
«Интеллектуальная роботизированная система для плазменной обработки
изделий сложной формы»

1. Соответствие темы диссертации приоритетным направлениям развития науки и/или государственным программам, которые реализуются в Республике Казахстан

В диссертации указано, что исследование выполнено в рамках с госбюджетным (грантовым) финансированием Комитета науки Министерства образования и науки Республики Казахстан годы по приоритету «Информационные, телекоммуникационные и космические технологии, научные исследования в области естественных наук» № АР05130525 «Интеллектуальная роботизированная система для плазменной обработки и резки крупногабаритных изделий сложной формы» и выражена благодарность Комитету науки МОиН РК за финансовую поддержку указанного проекта, таким образом, тема диссертации Кадыроldиной А.Т. соответствует приоритетным направлениям развития науки и государственным программам Республики Казахстан. Номер данного проекта и источник финансирования указывается также в статьях, опубликованных по теме диссертации в разделе «Благодарность» (“Acknowledgement”). Диссертационное исследование выполнено с целью разработки интеллектуальной автоматизированной системы управления промышленным роботом-манипулятором, позволяющей производить плазменную резку деталей сложной формы и/или обработку их поверхности плазмой по заданной 3D-модели изделия, при этом предварительное 3D-сканирование обрабатываемой поверхности и генерация программы движения по 3D-модели изделия осуществляется тем же роботом-манипулятором. С учетом актуальности применения роботов-манипуляторов для повышения точности технологических процессов плазменной обработки и резки, а также потребности в создании новых алгоритмов управления роботами-манипуляторами, можно заключить, что исследование актуально, и тематика исследования соответствует приоритетным направлениям развития науки и государственным программам, которые реализуются в Республике Казахстан.

2. Соблюдение в диссертации принципа самостоятельности.

Анализ диссертации показывает, что она написана диссертантом самостоятельно и свидетельствует о личном вкладе Кадыроldиной А.К в науку по направлению «Автоматизация и управление», в развитие соответствующих техник и технологий. В диссертации четко обоснована актуальность и показана важность проведенного автором диссертации

научного исследования. Альбина Талапжановна самостоятельно обосновала и доказала научные положения, выносимые на защиту и самостоятельно получила ряд важных и новых результатов, а также предоставила в диссертации критический анализ, сравнивающий предложенные в работе решения с решениями других авторов и выражающий ее собственное мнение.

3. Соблюдение в диссертации принципа внутреннего единства

Диссертация Кадыролдиной А.Т. обладает внутренним единством, так как все разделы данной диссертации логически взаимосвязаны, а научные положения, полученные результаты и рекомендации соответствуют поставленным в диссертации целям и задачам. Предложенные в диссертации новые решения и методы аргументируются и оцениваются по сравнению с ранее известными решениями.

Диссертация состоит из введения, 4-х разделов, выводов, заключения, списка использованных источников из 99 наименований, диссертация изложена на 101 страницах компьютерного текста, включает 39 рисунков, 3 таблицы и 2 приложения.

Во введении обосновывается актуальность исследования и дается общая характеристика работы, объект и предмет исследования, кратко описывается структура диссертации.

В первом разделе диссертации последовательно рассматриваются вопросы применения роботов-манипуляторов в системах 3D- сканирования и для реализации плазменного напыления покрытий и плазменной резки, кратко описываются технологические процессы термического плазменного напыления покрытий и плазменной резки и обосновываются основные контролируемые параметры при управлении данными процессами. Диссертант анализирует современные методы и оборудование для 3D-сканирования, а также возможности автоматизации технологических процессов плазменной обработки поверхности и плазменной резки, описывает основную идею исследования, ставит цель и задачи исследования, формулирует основные научные положения диссертации. Проведенный анализ используется для обоснования выбора оборудования для 3D-сканирования, используемого в диссертационном исследовании, а именно - лазерных триангуляционных датчиков расстояния. В первом разделе также обосновывается необходимость разработки алгоритма сегментации (разбиения сложной поверхности на геометрически однородные области с простым аналитическим описанием), чтобы реконструировать 3D модели сканируемых поверхностей с гранями и сочленениями, то есть 3D модели изделий сложной формы, в соответствии с темой диссертации. Автор аргументирует выбранный ею для исследования метод представления первичных данных сканирования в виде «облака точек» - координат поверхности объекта, а не в виде профилей поверхности, как в работах Shen C. и Zhu S. или Chromy A., тем, что эти точки затем

будут использованы для реконструкции формы объекта и для автоматического планирования траектории и генерации движения робота-манипулятора вдоль данной траектории.

Во втором разделе диссертации описываются основные методы исследования и основное оборудование эксперимента, как промышленный робот - манипулятор Кавасаки (RS010L, Kawasaki Heavy Industries, Япония), лазерные триангуляционные датчики расстояния и оборудование для плазменной резки и микроплазменного напыления, использованные в данной работе. В подразделе «Методы анализа сканированных изображений: выделение лазерных полос на цифровых изображениях объектов 3D сканирования» приводится описание оригинального алгоритма распознавания сканированных изображений и реализующей его компьютерной программы, разработанной для того, чтобы оператор робота во время 3D сканирования мог задавать, тестировать и сохранять параметры процесса распознавания изображений. Отмечается повышение надежности детектирования лазерной полосы на цифровых изображениях сканирования по сравнению с другими, известными ранее решениями, представленными, например, в работах Shan J. или Shen C., но и отмечается увеличение вероятности регистрации артефактов изображения (бликов, ярких цветовых полос на поверхности и т.п.).

В третьем разделе диссертации представлена схема системы 3D-сканирования лазерным триангуляционным датчиком расстояния, укрепленным на роботе-манипуляторе, описан алгоритм сегментации с построением аналитической модели поверхности и приведены результаты модельного тестирования разработанной схемы и алгоритма сегментации для восстановления формы поверхности, которые подтверждают первое защищаемое научное положение. Необходимо отметить, что в отличие от предложенных ранее решений, в процессе обработки данных облака точек проводится процедура сегментации с использованием численных величин средней и Гауссовой кривизны поверхности в качестве критерия однородности геометрической структуры локальных регионов поверхности.

В четвертом разделе диссертации описаны результаты исследований по автоматическому планированию траектории рабочего инструмента и генерации программы движения робота-манипулятора по спланированной траектории, которые подтверждают второе положение, выносимое на защиту. Представлено математическое обоснование и описаны алгоритмы управления, а также приведены результаты практического применения разработанных алгоритмов управления при отработке технологических решений на опытном производственном роботизированном участке. Приведены результаты производственного испытания плиты дробилки щековой, обработанной плазмой по новой роботизированной технологии, с предварительным 3D сканированием плиты, реконструкцией ее 3D модели и с генерацией программы робота, обеспечивающей его движение по автоматически спланированной 3D траектории. Показано, что новые алгоритмы управления обеспечивают плавное перемещение рабочего

инструмента робота-манипулятора с постоянной по модулю скоростью, без риска возникновения нежелательных больших значений центростремительного ускорения при маневрах манипулятора. Отмечается, что в отличие от ранее предложенных решений, усовершенствованный алгоритм аппроксимации траектории гладкой кривой последовательностью отрезков и дуг окружности, используемый в данном исследовании для планирования траектории робота, обладает повышенной точностью, при этом сохраняются присущие ранним решениям с использованием метода «длин хорд и дуг» или CAL (Chord and Arc Length)- алгоритма малая вычислительная емкость и легкость программной реализации.

В заключительных разделах диссертации приводятся основные выводы и их значимость, описывается научная новизна, научная и практическая значимость исследования. Основные результаты и выводы логически связаны с поставленными задачами исследования и свидетельствуют о достижении поставленной цели исследования

Подтверждением практической значимости и важного прикладного значения диссертации служат приведенные в приложениях копии свидетельства интеллектуальной собственности Республики Казахстан о государственной регистрации программы для ЭВМ и акта производственных испытаний.

4. Соблюдение в диссертации принципа научной новизны

В диссертации соблюдается принцип научной новизны, в работе представлены следующие новые положения, результаты, выводы и рекомендации:

Схема системы 3D-сканирования лазерным триангуляционным датчиком расстояния, укрепленным на роботе-манипуляторе и алгоритм сегментации с построением аналитической модели поверхности.

Новая схема 3D-сканирования лазерным триангуляционным датчиком расстояния, укрепленным на роботе-манипуляторе включает промышленный робот-манипулятор Kawasaki с установленным на нем датчиком расстояния, контроллер робота-манипулятора, персональный компьютер, связанный с контроллером робота-манипулятора и датчиком расстояния через последовательный интерфейс RS232. За счет использования в схеме робота-манипулятора Kawasaki, который обеспечивает высокоточное позирование рабочего инструмента, новая роботизированная система 3D-сканирования, обладает высокой точностью. В отличие от ранее предложенных решений, разработанная в диссертации роботизированная система 3D-сканирования позволяет использовать датчики расстояния с широким диапазоном измеряемых расстояний, так как ориентации датчиков относительно поверхности не оказывает существенного влияния на точность измерений при использовании предложенной в диссертации схемы сканирования. Можно отметить также

увеличение быстродействия (повышение эффективности) роботизированного 3D-сканирования по сравнению с ранее предложенными решениями (профильное сканирование или использование других типов датчиков) за счет использования лазерных триангуляционных датчиков расстояния, что позволяет сканировать поверхность без остановок в узлах сетки сканирования.

Новый алгоритм сегментации поверхности с построением аналитической модели поверхности основан на применении локальной параметрической модели и последующего объединения локальных участков поверхности, обладающих однородной геометрической структурой, что, в отличие от ранее известных решений, позволяет без априорных предположений о геометрическом строении поверхности строить аналитическую 3D модель поверхности со сложным строением.

Автоматическое планирование траектории и генерация программы движения робота – манипулятора по спланированной траектории.

Новый интеллектуальный алгоритм управления роботом-манипулятором основан на том, что автоматическое планирование траектории и генерация программы движения робота-манипулятора производится по данным 3D-сканирования поверхности обрабатываемого роботом изделия.

Алгоритм планирования траектории основывается на выборе стартового сегмента траектории как геодезической линии на поверхности и на введенной автором в рассмотрение специальной математической конструкции – функции угловой характеристики кривой, применяемой для аппроксимации кривой последовательностью геометрических примитивов. Таким образом, процесс автоматического планирования траектории и генерации программы движения манипулятора по спланированной траектории состоит из двух стадий: на первом этапе строится след траектории, как список координат точек, лежащих на соответствующей пространственной кривой. Затем строится собственно траектория рабочего инструмента, также в виде списка координат точек, при этом по каждой точке следа траектории генерируется точка траектории манипулятора путем сдвига в направлении вектора нормали к поверхности на величину, определяющую расстояние от поверхности до вершины конуса частиц, формируемых плазменным источником. Нерабочим сегментам (сегментам маневрирования) ставится в соответствие стандартный паттерн последовательности координат точек. Входными данными для программного модуля, генерирующего последовательность команд контроллера робота манипулятора, является список координат последовательно проходимых точек траектории.

Алгоритмы автоматического планирования траектории и генерации программы манипулятора Kawasaki с использованием языка AS (Advanced Superior) являются новыми, и они впервые применены для управления роботом-манипулятором при выполнении технологических операций плазменной резки и обработки поверхностей сложной формы.

Новые алгоритмы управления манипуляционным роботом представляют интерес для широкого круга исследователей в области автоматизации и управления.

Алгоритм распознавания сканированных изображений, на основе которого создана соответствующая компьютерная программа для интерактивного взаимодействия с оператором робота при сканировании.

Новый алгоритм детектирования лазерной полосы на цифровом изображении основан на визуализации карты распределения величин Лапласиана и модуля градиента и изображения. Реализующая новый алгоритм компьютерная программа позволяет распознавать и анализировать изображения, полученные в результате сканирования и дает возможность оператору во время процесса 3D сканирования задавать, тестировать и сохранять параметры процесса распознавания для дальнейшего использования в процессе автоматической обработки данных 3D сканирования.

В диссертации отмечается, что основные результаты диссертационной работы были получены в ходе выполнения исследований по проекту № АР05130525 «Интеллектуальная роботизированная система для плазменной обработки и резки крупногабаритных изделий сложной формы» с грантовым финансированием Комитета науки МОиН РК на 2018-2020 годы. В целом, совокупность научных результатов, положений, рекомендаций и выводов диссертации позволила создать научные основы роботизированной технологии плазменной резки и обработки крупногабаритных изделий сложной формы.

В заключение можно сказать, что диссертация Кадыролдиной А.Т. содержит новые научно обоснованные теоретические и экспериментальные результаты, совокупность которых можно квалифицировать как имеющую существенное значение для развития научного направления «Автоматизация и управление»

5. Соблюдение в диссертации принципа достоверности

Основными методами исследования в данной диссертации выступали методы теории автоматического управления, математическое компьютерное моделирование и натурный эксперимент, в котором разработанные методики сканирования тестировались на модельных объектах и выполнялась отработка алгоритмических и технических решений по перемещению по сгенерированной траектории робота-манипулятора, выполняющего плазменную обработку или резку. Выполнялись лабораторные исследования структуры и свойств обработанных плазмой образцов, а также производственное испытание промышленного изделия, обработанного плазмой с использованием новой роботизированной технологии плазменного напыления покрытий.

Таким образом, научные положения и предложенные в диссертации модели, также как все результаты диссертации были экспериментально подтверждены.

Результаты тестирования новой похода к 3D-сканированию подтверждены на модельных объектах, в диссертации приводится интерпретация данных 3D-сканирования с применением компьютерных технологий, то есть воссозданные 3D модели сканируемых поверхностей, а также приводится описание новой, зарегистрированной в государственном реестре Республики Казахстан компьютерной программы для распознавания изображений объектов 3D сканирования. В диссертации приводится описание и акт производственных испытаний обработанного плазмой по новой роботизированной технологии изделия (подвижной плиты дробилки щековой), а результаты экспериментального исследования апробированными алгоритмами физического эксперимента структуры и свойств обработанных с использованием новой роботизированной технологии лабораторных образцов опубликованы в рецензируемых научных журналах, в таких статьях, как:

- Alontseva D., Ghassemieh E., Voinarovych S., Kyslytsia O., Polovetskyi Y., Prokhorenkova N., Kadyroldina A. Manufacturing and characterisation of robot assisted microplasma multilayer coating of titanium implants: Biocompatible coatings for medical implants with improved density and crystallinity// Johnson Matthey Technology Review, Vol. 64, No 2, 2020. - P.180-191.- DOI: <https://doi.org/10.1595/205651320X15737283268284>. Отмечу, что журнал индексируется Scopus и Web of Science, процентиль CiteScore 2020 в Scopus 80% (Materials Science: Metals and Alloys)

- Alontseva, D., Borisov Y., Voinarovych S., Kyslytsia O., Kolesnikova T., Prokhorenkova N., Kadyroldina A. Development of technology of microplasma spraying for the application of biocompatible coatings in the manufacture of medical implants// Przegląd Elektrotechniczny, Vol 94, No 7, 2018. -P.94-97 doi:10.15199/48.2018.07.23. Индексируется Scopus и ISI Web of Science, процентиль в Scopus 21% (Electrical and Electronic Engineering)

Таким образом, разработанные в диссертации модели и теоретические выводы диссертации подтверждены результатами эксперимента, в диссертации Альбины Талапжановны Кадыроldиной соблюдается принцип достоверности, результаты ее диссертационной работы получены с использованием современных методов научных исследований и методик обработки и интерпретации данных с применением компьютерных технологий.

6. Соблюдение в диссертации принципа практической ценности

Диссертация Альбины Талапжановны Кадыроldиной имеет важное прикладное значение, о чем свидетельствуют сведения о практическом использовании полученных автором научных результатов: наличие акта производственных испытаний и наличие свидетельства интеллектуальной

собственности: свидетельства о государственной регистрации № 5870 от 17 октября 2019 объекта авторского права (программы для ЭВМ).

Таким образом, для внедрения в практику предлагается программа для ЭВМ под названием «Программа выделения лазерных полос на цифровых изображениях объектов 3D-сканирования», которая может быть применена для обеспечения интерактивного взаимодействия с оператором робота во время процесса роботизированного 3D-сканирования, а также для автоматического распознавания и анализа изображений, полученных в результате роботизированного 3D-сканирования.

Для внедрения в производство предлагается технология роботизированной микроплазменной обработки промышленных изделий сложной формы, получен акт производственных испытаний обработанной по новой роботизированной технологии подвижной плиты щековой дробилки (Акт производственных испытаний «ИП Абакумов С.А.», № 1 от 01.10.2020), где указывается, что ресурс работы подвижной плиты щековой дробилки восстановленной путем роботизированного плазменного напыления износостойких защитных покрытий на разрушенные участки плиты, был повышен на 15% по сравнению с плитами, не подвергавшимися восстановлению.

В диссертации представлены новые алгоритмы управления, распознавания и анализа изображений и воссоздания формы сканируемого объекта, включая алгоритм сегментации, приводится схема роботизированного сканирования, которые интересны для ученых, ведущих исследования по направлению «Автоматизация и управление» и для разработчиков робототехнических систем.

Практические результаты диссертации могут быть использованы для внедрения в производство плазменных покрытий (восстановление изношенных деталей или создание биосовместимых покрытий на медицинских имплантатах), или в мелкосерийное производство (ремонт и восстановление металлических изделий), где требуется плазменная резка крупногабаритных штучных изделий сложной формы.

7. Соблюдение в диссертации принципа академической честности

Принцип академической честности соблюдается в диссертации Кадыролдиной А.Т.. В диссертации отсутствует заимствованный материал, соблюдаются права и законные интересы других авторов, приводятся ссылки на источники и их авторов, труды которых были использованы для сравнения и анализа используемых методов или достигнутых результатов. Также отсутствует самоцитирование, приводя какие-то уже опубликованные результаты, диссертант указывает ссылки на собственные публикации. Список использованных источников диссертации включает 99 наименований и содержит названия современных статей в журналах, а также патентов и монографий с указанием всех их авторов, на каждый источник в тексте диссертации дается ссылка.

8. Полнота публикаций основных научных результатов и положений диссертации

Оценка соответствия полноты публикаций требованиям показывает, что по результатам диссертационного исследования Кадыроldиной А.Т. опубликовано:

всего **16** научных работ, из них:

4 в изданиях, рекомендуемых Комитетом, включая **3** статьи в журнале «Вестник ВКТУ им. Д. Серикбаева», опубликованные в 2017, 2019 и 2020 году и **1** свидетельство интеллектуальной собственности Республики Казахстан (Свидетельство о государственной регистрации № 5870 от 17 октября 2019 на объект авторского права программа для ЭВМ);

7 статей в международных рецензируемых журналах, из них:

2 статьи в международных рецензируемых журналах, имеющих ненулевой импакт-фактор и индексируемых в базе данных информационной компании Clarivate Analytics (Кларивэйт Аналитикс) Web of Science Core Collection, Clarivate Analytics (Вэб оф Сайнс Кор Коллекшн, Кларивэйт Аналитикс)

1) Shadrin G. K., Alontseva D. L., Kussaiyn-Murat A. T., Kadyroldina A. T., Ospanov O.B., Haidegger T. Application of Compensation Algorithms to Control the Movement of a Robot Manipulator// Acta Polytechnica Hungarica Vol. 17, No. 1, 2020, P. 191-214. DOI: 10.12700/APH.17.1.2020.1.1 **Импакт-фактор журнала за 2018 год: 1.51**

2) Alontseva D., Ghassemieh E., Voinarovych S., Kyslytsia O, Polovetskyi Y., Prokhorenkova N., Kadyroldina A. Manufacturing and characterisation of robot assisted microplasma multilayer coating of titanium implants: Biocompatible coatings for medical implants with improved density and crystallinity// Johnson Matthey Technology Review, Vol. 64, No 2, 2020. -P. 180-191. DOI: <https://doi.org/10.1595/205651320X15737283268284> **Импакт-фактор журнала за 2018 год: 1,296.**

7 статей, входящих в базу данных Scopus (Скопус), включая вышеупомянутые **2** статьи в журналах Acta Polytechnica Hungarica и Johnson Matthey Technology Review, которые индексируются и по базе Scopus и по Web of Science Core Collection, Clarivate Analytics:

1. Shadrin G. K., Alontseva D. L., Kussaiyn-Murat A. T., Kadyroldina A. T., Ospanov O.B., Haidegger T. Application of Compensation Algorithms to Control the Movement of a Robot Manipulator // Acta Polytechnica Hungarica Vol. 17, No. 1, 2020, P. 191-214. DOI: 10.12700/APH.17.1.2020.1.1. **CiteScore 2020 в Scopus 75%** (General Engineering) <https://www.scopus.com/sourceid/19700173166>

2. Alontseva D., Ghassemieh E., Voinarovych S., Kyslytsia O, Polovetskyi Y., Prokhorenkova N., Kadyroldina A. Manufacturing and characterization of robot assisted microplasma multilayer coating of titanium implants: Biocompatible coatings for medical implants with improved density and crystallinity// Johnson Matthey Technology Review, Vol. 64, No 2, 2020. -P.

180-191. DOI: <https://doi.org/10.1595/205651320X15737283268284> **CiteScore 2020 в Scopus 80%** (Materials Science: Metals and Alloys) <https://www.scopus.com/sourceid/21100443320>

3. Alontseva D. L., Ghassemieh E., Krasavin A. L., Shadrin G. K., Kussaiyn-Murat A. T., Kadyroldina A. T. Development of Control System for Robotic Surface Tracking//International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research, Vol 9, No 2, February 2020. – P. 280-286. doi: 10.18178/ijmerr.9.2.280-28. **CiteScore2020 в Scopus 26%** (Mechanical Engineering) <https://www.scopus.com/sourceid/21100788860>

4. Alontseva D. L., Ghassemieh E., Krasavin A. L., Kadyroldina A. T. Development of 3D Scanning System for Robotic Plasma Processing of Medical Products with Complex Geometries // Journal of Electronic Science and Technology. – 2020. – vol. 18(3). – pp. 212-222. doi: 10.1016/j.jnlest.2020.100057, Индексируется **CiteScore 11%** (Engineering), <https://www.scopus.com/sourceid/21100432792?origin=recordpage>

5. Alontseva, D., Borisov Y., Voinarovych S., Kyslytsia O., Kolesnikova T., Prokhorenkova N., Kadyroldina A. Development of technology of microplasma spraying for the application of biocompatible coatings in the manufacture of medical implants// Przegląd Elektrotechniczny, Vol 94, No 7, 2018. – P.94-97 doi:10.15199/48.2018.07.23. **CiteScore 21%** (Electrical and Electronic Engineering), <https://www.scopus.com/sourceid/18700>

6. Darya L. Alontseva, Alexander L. Krasavin, Alyona V. Russakova, and Albina T. Kadyroldina. Automation of Industrial Sites with Mechatronic Systems //International Journal of Electrical and Electronic Engineering & Telecommunications, Vol. 7, No. 4, pp. 146-151, October 2018. DOI: 10.18178/ijeetc.7.4.146-151 **CiteScore 11%** (Engineering), <https://www.scopus.com/sourceid/21100838789>

7. Alontseva D., Krasavin A., Kadyroldina A., Kussaiyn-Murat A. Segmentation Algorithm for Surface Reconstruction According to Data Provided by Laser-Based Scan Point // Communications in Computer and Information Science, vol 998, 2019. - pp, 1-10. https://doi.org/10.1007/978-3-030-12203-4_1. **CiteScore 31 %** (General Mathematics), <https://www.scopus.com/sourceid/17700155007>

другие публикации - 5 статей в сборниках трудов международных конференций.

Индекс Хирша Кадыроldиной А.К. (Kadyroldina, Albina T.) h-index =3 в базе Scopus <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57202922020>

Таким образом, полнота публикации по диссертации Кадыроldиной А.К. соответствует требованиям пункта 6 правил присуждения научных степеней.

Замечания по содержанию и оформлению диссертации

В диссертации не описан подробно разработанный новый алгоритм распознавания сканированных изображений, тогда как описанию реализующий этот алгоритм программе выделения лазерных полос на

цифровых изображениях объектов 3D-сканирования уделяется очень много внимания в подразделе 2.2. Понятно, что автору хотелось пояснить, как работает программа для ЭВМ, на которую ею получено свидетельство интеллектуальной собственности, однако, по моему мнению, сам новый алгоритм был достоин большего внимания, и автору следовало сделать акцент на этом. Сделанное замечание в целом не снижает общего положительного впечатления от работы и не носит принципиального характера.

Заключение: диссертация выполнена с соблюдением требований к актуальности исследования и с соблюдением принципов самостоятельности, внутреннего единства, научной новизны, достоверности, практической ценности, академической честности, полноты публикаций основных научных результатов и положений диссертации и полностью соответствует требованиям Комитета по обеспечению качества в сфере образования и науки Министерства образования и науки Республики Казахстан, предъявляемым к диссертациям на соискание степени доктора философии (Ph.D.) по специальности 6D070200 – «Автоматизация и управление». Автор диссертации Кадыролдина Альбина Талапжановна достойна присуждения степени доктора философии (Ph.D.) по специальности 6D070200 – «Автоматизация и управление».

Официальный рецензент:

Заведующий кафедрой теоретической кибернетики
Киевского национального университета имени
Тараса Шевченко (г. Киев, Украина),
доктор физико-математических наук, профессор,
член-корреспондент Национальной академии наук
Украины по специальности «Информатика»

 **Ю. В. Крак**

Подпись Ю.В.Крака заверяю.

Начальник отдела кадров Киевского национального
университета имени Тараса Шевченко (г. Киев,
Украина)

«6» апреля 2021 г.



 **Иванченко А.Г.**