

## ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО РЕЦЕНЗЕНТА

На диссертацию Қалекеевой Марины Есенгелдіқызы

на тему: Разработка и исследование беспилотного летательного манипулятора с искусственным зрением»

представленную на соискание степени доктора философии (Ph.D.) по специальности 6D071400 –  
Авиационная техника и технологии

№ п/п	Критерии	Соответствие критериям (необходимо отметить один из вариантов ответа)	Обоснование позиции официального рецензента
1.	Тема диссертации (на дату ее утверждения) соответствует Направления развития науки и/или государственным программам	1.1 Соответствие приоритетным направлениям развития науки или государственным программам: 1) Диссертация выполнена в рамках проекта или целевой программы, финансируемого(ой) из государственного бюджета (указать название и номер проекта или программы) 2) Диссертация выполнена в рамках другой государственной программы (указать название программы) 3) Диссертация соответствует приоритетному направлению развития науки, утвержденному Высшей научно-технической комиссией при Правительстве Республики Казахстан (указать направление)	1) Диссертация выполнена в рамках проекта AP05132936 «Разработка и исследование искусственного зрения робототехнических систем»
2.	Важность для науки	Работа вносит/не вносит существенный вклад в науку, а ее важность хорошо раскрыта/не раскрыта	Работа Қалекеевой Марины Есенгелдіқызы вносит существенный вклад науку и практику направления «Авиационная техника и технологии», а важность диссертационного исследования хорошо и всесторонне раскрыта.
3.	Принцип самостоятельности	Уровень самостоятельности: 1) Высокий; 2) Средний; 3) Низкий; 4) Самостоятельности нет	Результаты научного исследования, изложенные в диссертации, были получены автором на высоком уровне самостоятельности.
4.	Принцип внутреннего единства	4.1 Обоснование актуальности диссертации: 1) Обоснована; 2) Частично обоснована; 3) не обоснована.	Актуальность диссертации полностью обоснована. Это объясняется тем, что основной проблемой использования БПЛМ не решенной до настоящего времени, является обеспечения точного позиционирования и стабилизации при взаимодействии с вертикальной стеной. Основная причина заключается в сильном влиянии внешних факторов: аэродинамика, инерционность БПЛМ, влияние сил взаимодействия и т.д.

			Предлагается решение указанной проблемы путем применения БПЛМ с более сложной роботизированной рукой и искусственным зрением, которая способна обеспечить точное позиционирование и стабилизацию при взаимодействии с поверхностью.
		4.2 Содержание диссертации отражает тему диссертации: 1) Отражает; 2) Частично отражает; 3) Не отражает;	Содержание диссертации полностью отражает тему диссертации и защищаемые положения. Все разделы и положения диссертации логически и предметно взаимосвязаны.
		4.3 Цель и задачи соответствуют теме диссертации: 1) соответствуют; 2) частично соответствуют; 3) не соответствуют	<p><b>Цель исследования</b> состоит в исследовании возможностей управления беспилотным летающим аппаратом с многошарнирным роботизированным манипулятором при взаимодействии с поверхностью плоскости и разработке научно-теоретических и прикладных решений повышения точности позиционирования и стабилизации. Исследуются возможность управления летательными манипуляторами при условиях пристенного и силового возмущения с объектом.</p> <p><b>Задачи исследования:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Изучение современного состояния использования беспилотного летательного аппарата с манипулятором.</li> <li>– Разработка математической модели беспилотного летательного аппарата с манипулятором. Разработка виртуальной модели БПЛА с манипулятором.</li> <li>– Разработка системы управления беспилотного летательного манипулятора.</li> <li>– Экспериментальные исследования на основе компьютерного моделирования беспилотного роботизированного летательного аппарата.</li> </ul>

			– Разработка системы искусственного зрения для позиционирования БПЛА и контроля последовательности выполнения операций. Цель и задачи соответствуют теме диссертации.
		4.4 Все разделы и положения диссертации логически взаимосвязаны: 1) полностью взаимосвязаны; 2) взаимосвязь частичная; 3) взаимосвязь отсутствует	Все разделы и положения диссертации логически взаимосвязаны и изложено последовательно, в соответствии с заявленными задачами.
		4.5 Предложенные автором новые решения (принципы, методы) аргументированы и оценены по сравнению с известными решениями: 1) критический анализ есть; 2) анализ частичный; 3) анализ представляет собой не собственные мнения, а цитаты других авторов	Аналитические исследования, компьютерное моделирование, методы анализа и синтеза систем управления оценены на основе критического анализа и аналитического обзора предметной области.
5.	Принцип научной новизны	5.1 Научные результаты и положения являются новыми? 1) полностью новые; 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%)	Научные результаты и положения являются полностью новыми. Проведен обзор современного состояния развития летательных манипуляторов, разработана математическая модель летательного манипулятора с учетом пристенных помех, проведена системная идентификация для роботизированного летательного аппарата.
		5.2 Выводы диссертации являются новыми? 1) полностью новые; 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%)	Выводы диссертации являются полностью новыми. Была предложена математическая модель роботизированного летательного аппарата в условиях пристенного и силового возмущения с объектом закрепленным на стену и методологию системной идентификации роботизированного летательного аппарата, а также система контроля решения для стадии свободного полета.
		5.3 Технические, технологические, экономические или управленческие решения являются новыми и обоснованными: 1) полностью новые;	Совокупность технических и технологических решений, а также экспериментальных результатов, полученных в работе, являются полностью новыми и обоснованными,

		<p>2) частично новые (новыми являются 25-75%);</p> <p>3) не новые (новыми являются менее 25%)</p>	<p>Они позволяют управлять БПЛМ в условиях нестабильности путем применения искусственного зрения при взаимодействии с поверхностью.</p>
6.	Обоснованность основных выводов	<p>Все основные выводы основаны/не основаны на весомах с научной точки зрения доказательствах либо достаточно хорошо обоснованы (для qualitative research и направлений подготовки по искусству и гуманитарным наукам)</p>	<p>Все выводы, представленные в диссертации, достаточно хорошо обоснованы, что обеспечивается глубоким анализом литературных источников, внутренней непротиворечивостью, строгостью и корректностью использования методов решения проблем, обстоятельной аргументацией принятых и выносимых на защиту положений исследования.</p>
7.	Основные положения, выносимые на защиту	<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>Разработана математическая модель мультикоптера с п-звенной манипулятором через формулы Лагранжа. Математическая модель была применена к экспериментальному гексакоптеру, оснащенный манипулятором с тремя степенями свободы. Часть результатов, приведенных в обзоре данной диссертации, была использована в диссертационном исследовании, а дополнительные эксперименты были выполнены для определения других параметров аэроманипулятора. В воздушном манипуляторе динамика манипулятора и мультикоптера рассматривается в паре. По этой причине был разработан улучшенный контроллер воздушного манипулятора, который предлагает лучшую производительность. Контроллер свободного полета был реализован на основе метода глобальной линеаризации. Закон управления учитывает динамику манипулятора для управления положением мультикоптера. Эффект веса робота-манипулятора, скоростей и ускорений на корпусе мультикоптера компенсируется</p>

			<p>контроллером. Был разработан основанный на равновесии регулятор силы/крутящего момента. Контроллер регулирует силы и моменты, которые воздушный манипулятор прикладывает к объекту, закрепленному на стене. Контроллер силы/крутящего момента, основанный на равновесии, вычисляет положение мультикоптера и входы роторов, чтобы вызвать желаемую силу и крутящий момент на стене. С мультикоптером обратная связь с инерционными датчиками, манипулятор работает совместно с роторами для управления мультикоптера. В схему интегрирована обратная связь датчика силы/крутящего момента для устранения стационарных ошибок.</p> <p>2. Все научные положения не тривиальны.</p> <p>3. Все научные положения являются новыми.</p> <p>4. Все научные положения имеют широкий уровень применимости.</p> <p>5. Все научные положения в форме постановки задачи и ее решения доказаны в статьях, в том в журнале, входящем в базу данных Scopus.</p>
8.	Принцип достоверности Достоверность источников и предоставляемой информации	<p>8.1 Выбор методологии – обоснован или методология достаточно подробно описана</p> <p>1) да; 2) нет</p> <p>8.2 Результаты диссертационной работы получены с использованием современных методов научных исследований</p> <p>1) да; 2) нет</p>	<p>В работе выбор методологии на основе достаточно полно описана.</p> <p>Автором использованы современные методы научных исследований и моделирования и методик обработки и интерпретации данных с применением компьютерных технологий: Разработана математическая модель БПЛА с манипулятором. Математическая модель была применена к экспериментальному гексакоптеру, оснащенный манипулятором с тремя степенями свободы.</p>

			Разработана виртуальная модель БПЛА с манипулятором.
		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): 1) да; 2) нет	Теоретические выводы, модели, выявленные взаимосвязи и закономерности доказаны и подтверждены. Проведены эксперименты по анализу контроллера свободного полета аэроманипулятора. Контроллер ориентации эффективно компенсирует действие сил гравитации на корпусе мультикоптера для каждого положения манипулятора.
		8.4 Важные утверждения подтверждены/частично подтверждены/не подтверждены ссылками на актуальную и достоверную научную литературу	Важные утверждения подтверждены ссылками на достоверную научную литературу.
		8.5 Используемые источники литературы достаточны/не достаточны для литературного обзора	Используемые источники литературы достаточны для литературного обзора, при этом докторантом проанализирован большой объем современной научной литературы в количестве 142 источников.
9.	Принцип практической ценности	9.1 Диссертация имеет теоретическое значение: 1) да; 2) нет	Диссертация имеет теоретическое значение, поскольку результаты в и с с л е д о
		9.2 Диссертация имеет практическое значение и существует высокая вероятность применения полученных результатов на практике: 1) да; 2) нет	Диссертация имеет практическое значение, т.к. полученные в работе экспериментальные результаты позволяют решать проблему путем применения БПЛА с более сложной роботизированной рукой и искусственным зрением, которая способна обеспечить точное позиционирование и стабилизацию при взаимодействии с поверхностью.
		9.3 Предложения для практики являются новыми? 1) полностью новые; 2) частично новые (новыми являются 25-75%); 3) не новые (новыми являются менее 25%)	Предложения для практики являются полностью новыми, так как разработана системы управления роботизированным летательным аппаратом.

10	Качество написания и оформления	Качество академического письма: 1) высокое; 2) среднее; 3) ниже среднего; 4) низкое.	Качество академического письма высокое.
----	---------------------------------	--	---

### Заключение

Считаю, что рецензируемая диссертационная работа Қалекеева Марина Есенгелдіқызы на тему «Разработка и исследование беспилотного летательного манипулятора с искусственным зрением» в полной мере соответствует всем требованиям, предъявляемые к диссертационным работам на соискание степени доктора философии (PhD) и ее автор Қалекеева М. заслуживает ходатайства перед Комитетом по обеспечению качества в сфере образования и науки МОН РК для присуждения степени доктора философии (PhD) по специальности 6D071400 – «Авиационная техника и технологии».

Доктор PhD, Директор института телекоммуникаций и космической инженерии  
 НАО «Алматинский университет энергетики и связи имени Г.Даукеева»

К. Алимбаев

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 г.

