

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**«Рязанский государственный
радиотехнический университет»**

(ФГБОУ ВО «РГРТУ», РГРТУ)

Гагарина ул., 59/1, г. Рязань, 390005

Телефон: (4912) 46-03-03

Факс: (4912) 92-22-15

E-mail: rgrtu@rsreu.ru



В диссертационный совет Д 212.125.12
ФГБОУ ВО Московский авиационный
институт (национальный исследова-
тельский университет)

д.т.н., профессору Малышеву В.В.

125993, Москва, А-80, ГСП-3, Волоко-
ламское шоссе, д. 4

02.11 2018 г. № 4849/77
На № _____ от _____

Уважаемый Вениамин Васильевич!

Направляю Вам сведения отзыв официального оппонента, доктора техни-
ческих наук, профессора Демидовой Лилии Анатольевны на диссертационную
работу Конырбаева Нурбека Беркинбайулы «Решение задачи синтеза системы
управления пространственным движением летающего робота методом
вариационного аналитического программирования» на соискание ученой степе-
ни кандидата технических наук по специальности 05.07.09 «Динамика, балли-
стика, управление движением летательных аппаратов».

Приложение: отзыв в 2-х экземплярах на 7 листах каждый.

Проректор по научной работе
и инновациям,
д.т.н.

С.И. Гусев

Исп. Демидова Л.А.
Тел. 46-03-64

ОБЩИЙ ОТДЕЛ МАИ
№ _____
8 11 2018

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу

Конырбаева Нурбека Беркинбайулы

на тему «**Решение задачи синтеза системы управления пространственным движением летающего робота методом вариационного аналитического программирования**»,
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.09 «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов»

Актуальность темы диссертации

В настоящее время активно разрабатываются подходы к созданию систем автоматического управления роботами, выполняющими сложные задания автономно, то есть без участия человека. Разработка таких систем управления достаточно сложна и требует применения самых современных достижений в сфере технологий интеллектуального анализа данных и теории управления. В последние годы классические аналитические методы решения задачи синтеза системы управления уже исчерпали себя и не могут обеспечить принятие эффективных решений при создании сложных математических моделей роботов. В то же время численные методы решения задачи синтеза системы управления являются инструментом интенсивных исследований специалистов в области управления и информационных технологий. Решение задачи синтеза системы управления требует построения математического выражения, при этом необходимо определить как саму структуру математического, так и найти его оптимальные параметры. Поскольку пространство кодов математических выражений не имеет метрики и содержит бесконечное количество решений, то поиск оптимального математического выражения на пространстве кодов математического выражения представляет собой отдельную сложную алгоритмическую задачу. Наиболее перспектив-

ОБЩИЙ ОТДЕЛ МАИ
Вх. № _____
« 8 » 11 2018 г.

ным направлением в области создания систем автоматического управления является направление, предполагающее разработку и развитие инструментария автоматизации процесса создания систем автоматического управления.

Диссертационная работа Конырбаева Н.Б. посвящена разработке эффективного вычислительного метода решения задачи синтеза управления, что определяет **актуальность темы диссертационной работы**.

В диссертационной работе Конырбаева Н.Б. предлагается решение актуальной задачи синтеза системы автоматического управления пространственным движением летающим роботом (квадрокоптером) посредством разработки нового вычислительного метода вариационного аналитического программирования. Предлагаемый в диссертационной работе метод вариационного аналитического программирования относится к новому классу методов символьной регрессии, которые позволяют находить решение в виде закодированного специальным образом математического выражения. При этом поиск решения предлагается осуществлять с применением разработанной автором реализации генетического алгоритма.

Степень обоснованности и достоверности научных положений и выводов в диссертации подтверждается программной реализацией разработанных автором методов и алгоритмов, а также вычислительными экспериментами, проведенными в процессе решения задачи синтеза управления методом вариационного аналитического программирования.

Полученные автором в диссертационной работе основные научные результаты проверены с помощью моделирования, прошли апробацию в учебном процессе Инженерной академии Российского Университета Дружбы Народов и кафедры «Системный анализ и управление» Аэрокосмического института МАИ, а также неоднократно докладывались на международных научно-технических конференциях.

Таким образом, полученные в диссертационной работе научные результаты следует считать достоверными и обоснованными.

Новизна научных положений и выводов, сформулированных в диссертационной работе, заключается в следующем.

1. Разработан новый численный метод вариационного аналитического программирования для решения задачи синтеза системы управления.

2. Разработан генетический алгоритм для решения задачи синтеза системы управления методом вариационного аналитического программирования.

3. Получено с применением метода вариационного аналитического программирования решение задачи синтеза управления группой квадрокоптеров.

Представленный в диссертационной работе материал изложен логически верно и обосновано.

Во введении обоснована актуальность темы, сформулированы предмет, цель и задачи исследования, методы исследования, новизна и практическая значимость полученных научных результатов, основные положения, выносимые на защиту, приведены данные о структуре и объеме диссертации.

В первой главе диссертационной работы представлена постановка задачи синтеза управления группой летающих роботов и ее формальное описание; приведен обзор известных аналитических и численных методов ее решения; дано описание численного метода сетевого оператора для решения задачи синтеза управления и метода аналитического программирования; приведено описание решения задачи поиска оптимальных пространственных траекторий для группы коммивояжеров вариационным генетическим алгоритмом.

Во второй главе диссертационной работы приведено описание метода вариационного аналитического программирования; дано описание структуры данных для кодирования математического выражения; приведено описание малых вариаций структуры данных; дано описание генетического алгоритма поиска решения с использованием принципа малых вариаций базисного решения; приведен пример решения задачи синтеза системы управления для объекта управления третьего порядка с фазовыми ограничениями методом вариационного аналитического программирования.

Разработанный новый метод вариационного аналитического программирования построен на основе двух известных численных методов символьной регрессии: метода сетевого оператора, предложенного А.И. Дивеевым, и метода аналитического программирования, автором которого является И. Зелinka.

В третьей главе диссертационной работы приведено решение задачи мониторинга местности для группы летающих роботов (квадрокоптеров), в частности, рассмотрено двухэтапное решение задачи мониторинга местности с помощью двух квадрокоптеров для 23 точек трехмерного пространства.

При этом на первом этапе решена задача поиска оптимальных пространственных траекторий для каждого квадрокоптера с помощью вариационного генетического алгоритма. Задача поиска оптимальной траектории движения для квадрокоптера может быть рассмотрена как задача коммивояжера, относящаяся к классу NP-полных задач, для которых не известны алгоритмы решения с полиномиальной скоростью сходимости. Применяемый автором вариационный генетический алгоритм позволяет за конечное количество итераций найти близкое к оптимальному решению.

На втором этапе с применением разработанного в диссертационной работе нового метода символьной регрессии – метода вариационного аналитического программирования – решена задача синтеза управления. Полученное решение задачи мониторинга местности обеспечивает устойчивость квадрокоптера относительно точки в трехмерном пространстве.

В заключении сформулированы основные научные результаты, полученные в диссертационной работе.

Практически значимость заключается в следующем.

1. Разработаны прикладной математический и программный инструментарий для автоматического синтеза систем управления методом вариационного аналитического программирования.

2. Полученные в результате автоматического синтеза математические выражения используются на бортовых компьютерах систем управления летающими роботами (квадрокоптерами).

Диссертационная работа соответствует паспорту специальности 05.07.09 – «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов», поскольку связана комплексным изучением проблемы «полета аппаратов широкого назначения в различных средах».

По диссертационной работе необходимо указать следующие **замечания**.

1. В диссертационной работе не рассмотрено влияние внешних воздействий на синтезированную модель объекта летающего робота (квадрокоптера), однако это следует делать при решении практических задач управления.

2. В диссертационной работе следовало бы подробнее описать принципы формирования базисных решений и реализацию малых вариаций базисных решений.

3. В диссертационной работе говорится о разработанном программном комплексе, реализующем метод вариационного аналитического программирования, предназначенный для решения задачи синтеза управления, но вопросы разработки программного комплекса в тексте диссертационной работы не отражены.

4. В диссертационной работе и автореферате присутствует ряд грамматических и стилистических ошибок.

Наличие указанных недостатков не снижает общей положительной оценки диссертационной работы.

В целом диссертационное исследование Конырбаева Н.Б. является важным шагом в решении задачи синтеза системы управления методом вариационного аналитического программирования.

Диссертационная работа оформлена в соответствии с принятыми стандартами и рекомендациями. Автореферат достаточно полно раскрывает смысл диссертационной работы, его объем соответствует рекомендуемому.

Заключение о соответствии диссертационной работы установленным требованиям

В соответствии с требованиями «Положения о присуждении ученых степеней» следует сделать следующие выводы по диссертационной работе Конырбаева Н.Б.:

- полученные результаты диссертационного исследования соответствует поставленной цели и задачам;
- автореферат диссертационной работы полностью соответствует содержанию диссертационной работы;
- основные результаты диссертационной работы достаточно полно отражены в 4 статьях в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК а также в 4 статьях в трудах международных конференций, включенных в базы цитирования SCOPUS и Web of Science;
- диссертационная работа тематически и по содержанию соответствует паспорту специальности 05.07.09 «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов».

Диссертационная работа Конырбаева Нурбека Беркинбайулы «Решение задачи синтеза системы управления пространственным движением летающего робота методом вариационного аналитического программирования» является завершенным научно-квалификационным исследованием на актуальную тему, связанную с разработкой инструментария для автоматического управления движением летающего робота по заданной траектории, и имеет теоретическую значимость. Новые результаты, полученные диссертантом, позволяют решить задачу синтеза системы управления методом вариационного аналитического программирования.

Тема, актуальность, научная новизна, объем выполненных исследований и практическая значимость полученных результатов, а так же содержание и оформление диссертационной работы соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней» ВАК РФ, предъявляемым

к диссертациям, представленным на соискание ученой степени кандидата технических наук. Автор диссертационной работы Конырбаев Нурбек Беркинбайулы заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.09 – «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов».

Официальный оппонент,
доктор технических наук,
профессор ФГБОУ ВПО
«Рязанский государственный
радиотехнический университет»

Лилия Анатольевна
Демидова

Информация об оппоненте:
Демидова Лилия Анатольевна,
доктор технических наук, профессор,
профессор кафедры вычислительной и прикладной математики
Рязанского государственного радиотехнического университета.
Адрес: 390005, г. Рязань, ул. Гагарина, 59/1
Почта: liliya.demidova@rambler.ru
Тел.: +7(4912) 46-03-64

Подпись Демидовой Л.А. заверяю.

Ученый секретарь
Ученого совета ФГБОУ ВО
«Рязанский государственный
радиотехнический университет»
390005, г. Рязань, ул. Гагарина, 59/1
к.т.н., доцент



Виктор Николаевич
Пржегорлинский