



Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования

«Московский государственный
технический университет имени Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)»
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

105005, г. Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1
Тел. (499) 263-63-91 Факс (499) 267-48-44
E-mail: bauman@bmstu.ru
ОГРН 1027739051779
ИНН 7701002520 КПП 770101001

09 НОЯ 2018 № 01.03-10/948

на № _____ ОТ _____

«Утверждаю»

первый проректор –
проректор по научной работе

МГТУ им. Н.Э.Баумана



В.Н.Зимин

2018 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу Конырбаева Нурбека Беркинбайулы «Решение задачи синтеза системы управления пространственным движением летающего робота методом вариационного аналитического программирования», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.09 «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов»

Диссертационная работа Н.Б. Конырбаева посвящена решению задачи синтеза системы автоматического управления летающих роботов типа квадрокоптер. Для решения задачи синтеза алгоритмов и систем управления используют различные математические и технические методы, в результате получают блок управления, работающий, как правило, по принципу обратной связи. В одной из принятых математических постановок задача синтеза управления требует для своего решения нахождения многомерной функции, аргументами которой являются компоненты вектора состояния объекта управления. В зависимости от математической модели объекта, критерия качества и цели управления разрабатываются различные частные методы решения задачи синтеза, но до настоящего времени не разработано

ОБЩИЙ ОФДЕЛ МАИ
Вх. №
12 11 2018 г.

универсальных методов и алгоритмов решения задачи синтеза управления в данной математической постановке.

Тема диссертационной работы посвящена решению задачи синтеза управления с помощью нового универсального численного метода вариационного аналитического программирования, поэтому диссертационные исследования направлены на решение необходимой, но не решенной задачи синтеза управления, что определяет **актуальность диссертационной работы**.

Основные научные результаты и их значимость для науки и производства.

Для численного решения задачи синтеза системы управления разработан новый метод вариационного аналитического программирования на основе комбинации известных методов сетевого оператора и аналитического программирования с целью нивелирования их недостатков и объединения достоинств. Новый метод использует принцип малых вариаций базисного решения, заимствованный из метода сетевого оператора, и структуру данных в виде кода, описывающего математическое выражение, аналогично используемого в методе аналитического программирования.

В диссертации исследована возможность использования метода вариационного аналитического программирования для численного решения задачи синтеза системы автоматического управления. Показано, что метод позволяет в форме закодированных математических выражений построить систему автоматического управления для различных объектов управления, которые могут автономно без участия человека достигать цели управления с оптимальным значением критерия качества.

Предметом исследования является система управления летающими роботами, которая должна удовлетворять требованиям, включаемым в постановку задачи синтеза: минимизация функционала качества, выполнение требуемых терминальных условий при заданных начальных, учёт ограничений на управление и состояние объекта управления.

Цель диссертационной работы заключается в разработке методики решения задачи мониторинга местности группой летающих роботов и разработке и исследовании нового вычислительного метода вариационного аналитического программирования для решения задачи синтеза системы управления.

Научная новизна диссертационной работы состоит:

- В разработке нового численного метода вариационного аналитического программирования, который отличается от известного метода символьной регрессии аналитического программирования использованием принципа малых вариаций базисного решения;

- В разработке генетического алгоритма для решения задачи синтеза системы управления методом вариационного аналитического программирования;

- В решении задачи синтеза системы управления летающим роботом методом вариационного аналитического программирования;

- В решении для группы квадрокоптеров задачи коммивояжеров вариационным генетическим алгоритмом.

Теоретическая значимость диссертационной работы заключается в исследовании метода вариационного аналитического программирования, в частности, в исследовании и построении малых вариаций структуры данных, кодирующих искомое математическое выражение, а также в сравнительном анализе различных методов символьной регрессии, применяемых для решения задачи синтеза управления, метода сетевого оператора, метода аналитического программирования и метода вариационного аналитического программирования.

Практическая значимость диссертационной работы состоит в разработке алгоритмов и комплекса программ для автоматического синтеза систем управления методом вариационного аналитического программирования. Работоспособность программного комплекса подтверждена вычислительными экспериментами. Полученные в результате автоматического синтеза математические выражения для системы управления и могут быть использованы на бортовых компьютерах систем управления летающими роботами.

Публикации. Основные результаты диссертации опубликованы в 22 печатных работах, в том числе в 4 статьях в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК, и в 4 статьях в трудах международных конференций, включенных в базы цитирования SCOPUS и Web of Science.

Апробация результатов. Результаты диссертационных исследований апробированы на применении их в задаче синтеза системы управления реальным объектом, летающего робота. Полученные в диссертации результаты докладывались на следующих конференциях:

- VII Международная научно-практическая конференция «Инженерные системы - 2014». Москва, РУДН, 16 - 18 апреля 2014г.

- международный симпозиум «Надежность и качество», Пенза - 26 мая – 01 июня 2014 г.
- одиннадцатый международный симпозиум «Интеллектуальные системы INTELS'2014», Москва, 30 июня – 04 июля, 2014 г.
- школа-семинар молодых ученых «Фундаментальные проблемы системной безопасности», Елец, 20-22 ноября 2014 г.
- XII International Symposium «Intelligent Systems-2016», INTELS'2016, October 5-7, 2016 Moscow, Russia.
- 2017 11th IEEE International Conference on Application of Information and Communication Technologies (AICT) 20-22 September 2017, Moscow, Russia.
- XXIII Международной научной конференции «Системный анализ, управление и навигация» (г. Евпатория, 2018 г.)

Обзор диссертационной работы.

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

В первой главе диссертации представлена постановка задачи синтеза управления группой летающих роботов и ее формальное описание, приведен обзор известных аналитических и численных методов ее решения, приведено описание численного метода сетевого оператора для решения задачи синтеза управления и метода аналитического программирования, приведено описание решения задачи для группы коммивояжеров вариационным генетическим алгоритмом.

Во второй главе диссертации приведено описание метода вариационного аналитического программирования, приведено описание структуры данных для кодирования математического выражения, приведено описание малых вариаций структуры данных, приведено 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.

В третьей главе диссертации приведено описание решения задачи мониторинга местности для группы летающих роботов и решение этой задачи для 23 точек трехмерного пространства и двух квадрокоптеров как

задачи группы коммивояжеров. На первом этапе решена задача поиска оптимальных траекторий для каждого квадрокоптера с помощью вариационного генетического алгоритма. Сформулирована и решена с помощью разработанного в диссертации метода вариационного аналитического программирования задача синтеза системы управления квадрокоптером. Решение задачи обеспечивает устойчивость квадрокоптера относительно точки в трехмерном пространстве. Приведены результаты вычислительного эксперимента для управления движением двух летающих роботов по двум пространственным траекториям.

Замечания.

1. В главе 1 сделан обзор аналитических и численных методов, однако в работе нет примеров сравнения полученного решения с оптимальным управлением, полученным классическими методами.

2. В работе отсутствует подробное описание технических характеристик используемого квадрокоптера, используется слишком упрощенная математическая модель его движения.

3. При синтезе управления не учтено влияние возмущений, в частности – ветра.

Указанные замечания не снижают научной ценности диссертационной работы.

Основные результаты диссертации докладывались на конференциях и научных семинарах, опубликованы в двадцати двух научных работах, четыре из которых в изданиях, входящих в список, рекомендованный ВАК России.

Все утверждения диссертации обоснованы и подтверждены вычислительными экспериментами. Диссертация выполнена на достаточно высоком научном уровне.

Основные результаты опубликованы в открытой печати в реферируемых журналах и материалах конференций различных уровней, в том числе в журналах из списка, рекомендованного ВАК, и в трудах конференций, входящих в международные реферативные базы Scopus и Web of Science.

Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

Диссертационная работа Конырбаева Нурбека Беркинбайулы является завершенной квалификационной научно-исследовательской работой, выполненной на актуальную тему, содержащей новые научные результаты. Диссертация соответствует всем требованиям к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук. Диссертация соответствует

специальности 05.07.09 - «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов», научные результаты, полученные в диссертации, являются оригинальными, диссертант обладает достаточным уровнем квалификации в области программирования и информационных технологий и заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по указанной специальности.

Отзыв рассмотрен и принят на заседании кафедры «Системы автоматического управления» 01 ноября 2018г., протокол №3.

/ Заведующий кафедрой «Системы автоматического управления»

академик РАН



Евгений Анатольевич Микрин

тел.8.499 2636323, evgeny.mikrin@bmstu.ru