

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА
д.т.н., профессора *Бориса Евгеньевича Федунова*
на диссертационную работу *Неугодниковой Любови Михайловны*
на тему «*Методы построения систем автоматического управления полетом беспилотных летательных аппаратов с ограничением траекторий и предельных параметров движения*»,
представленной на соискание ученой степени кандидата
технических наук по специальности 05.13.01
«Системный анализ, управление и обработка информации (технические науки, механика, машиностроение)»

На отзыв представлена диссертация *Неугодниковой Любови Михайловны*, включающая в себя 155 страниц основного текста, 61 рисунок и 6 таблиц. В списке литературы 118 наименований.

Актуальность научного исследования.

Применение беспилотных летательных аппаратов (одиночно или группой) предусматривает решение различных задач, которые ставятся перед вылетом в полетном задании беспилотному летательному аппарату (БЛА). Полетное задание (ПЗ) разрабатывается внешним (наземным/воздушным) пунктом управления (ВПУ).

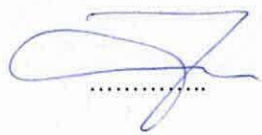
При выполнении БЛА практически полезных полетных заданий (ПЗ) контроль за его выполнением и решение задачи оперативного целеполагания (за редким исключением) выполняет ВКП.

Специфика ПЗ-ий и функциональных возможностей конкретного БЛА выставляют различные ограничения на бортовые системы управления БЛА и на работу ВКП.

В диссертации рассматривается востребованный практикой один из возможных подходов к созданию работоспособных законов управления БЛА самолетной схемы с учетом ограничений на управление и фазовые координаты, выполняющего частично под управлением ВКП информационные полетные задания как одиночно, так и группой.

Научная новизна

В диссертации проведен тщательный системный анализ возможных способов выполнения информационных полетных задания БЛА малой весовой категории. Исследована их специфика, потенциальные возможности БЛА и их бортовых систем. Выявлены необходимые ограничения на фазовые координаты БЛА и на управление.



(Б.Е.Федунов)

Ученый секретарь

ГосНИИАС



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский университет» (КНИУ-ИИИ)	
Институт авиационной техники им. С.П.Полубина (ИИИ-ПАТ)	
Вх. № 13	2
от « 13 »	20 18

Классический способ управления объектами с «жестким» выдерживанием ограничений на фазовые координаты и на управление базируется на математических результатах Дубовицкого А.Я. и Милютин И.И. Он дает возможность синтезировать управление, обеспечивающее точное выдерживание упомянутых ограничений при идеальных входных сигналах и при отсутствии внешних возмущений. Однако при наличии ошибок измерений и наличии внешних возмущений (например, ветер) («неидеальные» условия) инженерам приходится искать другие формы управления, обеспечивая при этом выдерживая ограничения на фазовые координаты в вероятностном смысле.

Ориентируясь на дальнейшее использование проектируемых алгоритмов управления в условиях ошибок измерения и наличия помех, диссертант отказался от оптимальных структур законов управления. Был предложен способ «мягкого выполнения» ограничений, позволяющий их выдерживать с практически приемлемой точностью. Способ базируется на использовании алгебраического селектора (авторский термин диссертанта и его руководителя), являющийся по сути дальнейшим расширением направлений использования известного «кворум-элемента» (Ленинградская научная школа 60-90 гг: проф. Первозванский и др.) Это конечно предусматривает дальнейшую отработку полученных алгоритмов управления в «неидеальных» условиях.

Практическая значимость

Способ выполнения системного анализа рассматриваемой предметной области в интересах разработки бортовых САУ может быть использован для анализа других ПЗ для БЛА.


Рассмотренные фрагменты траекторий вместе с разработанными в диссертации способами их реализации (САУ) могут составить базу модулей алгоритмов управления (своеобразный инструментальный ящик), которые могут быть полезны в проектах других БЛА.

По разработанным методикам сконструированы законы управления для управления БЛА в горизонтальной плоскости, для управления в вертикальной плоскости в режиме облета препятствий, выдерживания строя БЛА. Проведено их математическое моделирование, подтвердившее их работоспособность в идеальных условиях и работоспособность созданных методик.

Оценка достоверности результатов исследования

Разработка методик построения САУ базировалась на теоретических результатах научного руководителя диссертанта, опубликованных им в его докторской диссертации и в различных открытых публикациях.

Диссертант проявил инженерное искусство в использовании этих результатов в конкретных инженерных разработках (горизонтальные траектории, траектории в вертикальной плоскости, выдерживания строя группы БЛА при выполнении группой необходимых фрагментов траекторий).



(Б.Е.Федунов)

Ученый секретарь ГосНИИАС



(С.М.Мужичек)

Математическое моделирование полученных алгоритмов управления подтвердило их работоспособность в оговоренных условиях.

Все основные результаты диссертации опубликованы в 31 печатной работе, в 6 статьях, опубликованных в журналах из перечня журналов ВАК, одной монографии. Диссертантом получены 3 патента на изобретения и 2 свидетельства о регистрации программ для ЭВМ.

Материалы диссертации неоднократно докладывались и обсуждались на международных и всероссийских конференциях.

Диссертантом поручены 3 акта о внедрении в КБ и в учебный процесс УГАТУ.

Общая оценка работы. Диссертация Неугодниковой Любови Михайловны соответствует специальности 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации (технические науки, механика и машиностроение)» и отвечает следующим пунктам паспорта специальности:

2. Формализация и постановка задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации;

4. Разработка методов и алгоритмов решения задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации;

9. Разработка проблемно-ориентированных систем управления, принятия решений и оптимизации технических объектов.

Разработка синтеза законов продольного и бокового управления информационного БЛА с ограничениями на управление и на фазовые координаты проводилась на основе научных результатов руководителя, которые диссертант творчески применил:

- для разработки САУ с учетом ограничений на нормальную перегрузку и на угол атаки,

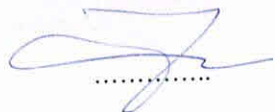
- для разработки дополнительного контура учета фазовых ограничений на угол наклона траектории, на границы допустимой области перемещения БЛА, на границы при полете БЛА в строю.

В каждой главе диссертации для построенных законов управления (САУ) проведено математическое моделирование в предположении непрерывного поступления информации от идеальных измерителей и отсутствия ветровых возмущений. Результаты моделирования подтвердили работоспособность законов управления в этих условиях и приемлемую точность выдерживания ограничений на управление и на фазовые координаты.

Эффективность созданных диссертантом методик синтеза законов управления БЛА в боковом и продольном каналах подтверждена их математическим моделированием в оговоренных условиях («идеальных условиях») синтеза:

- постоянство аэродинамических коэффициентов БЛА на всех штатных траекториях его полета,

- измерение углов атаки, угловых скоростей, высоты полета, скорости и перегрузок БЛА, взаимных координат БЛА в группе производится без ошибок,



(Б.Е.Федунов)

Ученый секретарь ГосНИИАС (С.М.Мужичек)



- отсутствуют ветровые возмущения,
- автомат тяги работает идеально,
- связь БЛА с ВКП работает идеально и информация по линии ВКП – БЛА поступает на БЛА непрерывно.

Однако для определения работоспособности созданных законов управления в реальной информационной среде конкретного БЛА и на множестве штатных траекторий его полетов, определяемых назначением конкретного БЛА, его разработчикам необходимо провести дополнительное математическое моделирование, подтверждающее их работоспособность в «неидеальных» условиях работы.

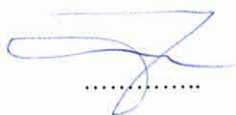
Замечания по диссертации

1. При конструировании законов управления следует описывать входную информацию, выделяя:
 - априорную информацию (информацию, поступающую на борт БЛА из полетного задания);
 - текущую информацию (с перечнем бортовых источников, из которых она поступает).
2. При возникновении угрозы, мешающей выполнению ПЗ, а значит и возникновение необходимости решать на борту БЛА задачу оперативного целеполагания (I-ГЛУУ на борту БЛА и НПУ) необходимо:
 - четко описать роль НПУ в решении задачи оперативного целеполагания,
 - указать способ обнаружения на борту БЛА этой угрозы.
3. Для некоторых полетных заданий информационных БЛА требуются пространственные траектории при одновременном управлении в горизонтальной и вертикальном плоскостях (например, обследование высотного здания). В диссертации не приведены материалы моделирования работы алгоритмов управления в этих условиях.
4. Проведенное математическое моделирование подтвердило работоспособность спроектированных законов управление в «идеальных условиях». Таким образом, цель диссертации была достигнута.

Однако для определения работоспособности созданных законов в реальной информационной среде конкретного БЛА и на множестве штатных траекторий и условий полетов, определяемых назначением конкретного БЛА, его разработчикам необходимо:

- провести математическое моделирование на всех штатных траекториях полета БЛА с имитацией точностей бортовых измерителей БЛА, возможных внешних возмущений и особенностей работы автомата тяги;
- по результатам моделирования определить область возможного использования проектируемого БЛА, определив в ней также допустимость предположения о постоянстве аэродинамических коэффициентов БЛА.

Такое требование к разработчикам конкретного БЛА следует внести в созданные методики синтеза.

.....


(Б.Е.Федунов)

Ученый секретарь ГосНИИАС

..... (С.М.Мужичек)



Заключение

Несмотря на отмеченные замечания, необходимо констатировать достаточно высокий теоретический уровень и практическую направленность проведенных исследований. Диссертация Неугодниковой Любови Михайловны является завершенной квалификационной работой, удовлетворяющей требованиям ВАК РФ к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

Результаты диссертации рекомендуется использовать на предприятиях, разрабатывающих БЛА, а также в учебных курсах соответствующих ВУЗ-ов страны.

Автореферат соответствует содержанию диссертации.

Официальный оппонент:  Борис Евгеньевич Федунов

Ученая степень: доктор технических наук (05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации»).

Ученое звание: профессор.

Полное название организации, являющейся основным местом работы оппонента:

Государственный Научный Центр РФ, Федеральное Государственное Унитарное Предприятие, Государственный Научно-исследовательский институт авиационных систем (ФГУП ГосНИИАС).

Должность: начальник сектора

Почтовый индекс, адрес организации: 125 319, Москва, ул. Викторенко 7, ФГУП ГосНИИАС.

Телефон: (499) 157-70-47, (499) 157-93-49

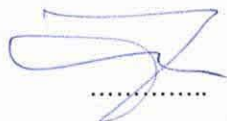
Адрес электронной почты: boris_fed@gosniias.ru

Сведения об официальном оппоненте

на диссертационной работе *Неугодниковой Любови Михайловны*
на тему *«Методы построения систем автоматического управления полетом беспилотных летательных аппаратов с ограничением траекторий и предельных параметров движения»*
по специальности 05.13.01
«Системный анализ, управление и обработка информации (технические науки, механика, машиностроение)»

Фамилия. Имя. Отчество оппонента

Федунов Борис Евгеньевич



(Б.Е.Федунов)

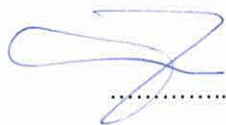
Ученый секретарь ГосНИИАС

(С.М.Мужичек)

5



Шифр и наименование специальности, по которой защищена диссертация	05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации»
Ученая степень и отрасль науки	Доктор технических наук
Ученое звание	Профессор
Полное название организации, являющейся основным местом работы оппонента	Государственный Научный Центр РФ, Федеральное Государственное Унитарное Предприятие, Государственный Научно-исследовательский институт автоматических систем (ФГУП ГосНИИАС).
Занимаемая должность	Начальник сектора
Почтовый индекс, адрес	125 319, Москва, ул. Викторенко 7
Телефон	(499) 157-70-47 (499)157-93-49
Адрес электронной почты	boris_fed@gosniias.ru
Список основных публикаций оппонента по теме диссертации в рецензируемых научных изданиях за последние 5 лет	<p>1. А. О. Лавров, В. В. Петров, Б. Е. Федун. Оперативное конструирование двумерной траектории выхода подвижного объекта в заданную точку с заданным курсом. Мехатроника, автоматизация, управление. Опубликовано три части: - часть I в журнале №2, 2014. стр. 54-59; часть 2 в журнале №3, 2014. стр. 48-55; часть 3 в журнале №4, 2014, стр. 52-55.</p> <p>2. Желтов С.Ю., Федун Б.Е. Оперативное целеполагание в антропоцентрических объектах с позиции концептуальной модели «Этап». I. Структуры алгоритмов поддержки процесса решения задачи экипажем. – М., Изв. РАН, ТиСУ, 2015, №3 стр.57 - 71</p> <p>3. Смеюха А.В. Федун Б.Е. Математическое моделирование процесса решения тактических задач экипажем антропоцентрического объекта. Мехатроника, автоматизация, управление. №9, 2015. стр.</p> <p>4. Эргономика в системе проектирования и испытаний вертолетов и тренажеров «Ми» Том 3 Технологии интеллектуальной поддержки экипажей вертолетов Книга под редакцией Б.Е. Федун, А.В.</p>

.....


(Б.Е.Федун)

Ученый секретарь ГосНИИАС

(С.М.Мужичек)

6



Чунтула Б.Е.

Авторы: В.В. Александров, В.С. Кулабухов, С.В. Кулешов, Б.Е. Федун, А.В. Чунтул

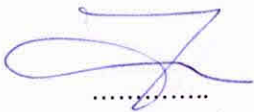
АО «Вертолеты России». АО «Московский вертолетный завод им. М.Л. Миля»

Издательство «Когито-Центр», 2015. С.165

5. Желтов С.Ю., Федун Б.Е. Оперативное целеполагание в антропоцентрических объектах с позиции концептуальной модели «Этап». II. Режимы работы бортовой оперативно советующей экспертной системы и диалоги ее с экипажем. – М., Изв. РАН, ТиСУ, 2016, №3 стр.55 – 69

6. Федун Б.Е. Бортовые оперативно советующие экспертные системы тактического уровня для пилотируемых летательных аппаратов – объекты разработки и эксплуатации. – М., Изв. РАН, ТиСУ, 2016, №4 стр.82 – 102

7. Колисниченко А.В., Федун Б.Е. Бортовая интеллектуальная информационная система «Ситуационная осведомленность экипажа вертолета». Мехатроника, автоматизация, управление. 2016, №10, стр. 703-708



(Б.Е.Федун)

Ученый секретарь



(С.М.Мужичек)