

## СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ

**Диссертационный совет:** 24.2.327.03 (Д 212.125.12)

**Соискатель:** Ляпин Никита Александрович

**Тема диссертации:** «Разработка и исследование алгоритма гарантирующего управления траекторией беспилотного летательного аппарата на основе игрового подхода».

**Специальность:** 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации (авиационная и ракетно-космическая техника)»


**Решение диссертационного совета по результатам защиты диссертации:**

На заседании 09 сентября 2021 г. диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук, и принял решение за **новые научно-обоснованные технические решения**, имеющие существенное значение для развития авиационной промышленности страны в части разработки алгоритмов управления траекторией беспилотных летательных аппаратов, присудить Ляпину Никите Александровичу ученую степень кандидата технических наук.

**Присутствовали:** председатель диссертационного совета В.В. Малышев, заместитель председателя диссертационного совета М.Н. Красильщиков, ученый секретарь диссертационного совета А.В. Старков, члены диссертационного совета: В.Т. Бобронников, Л.В. Вишнякова, В.А. Воронцов, В.Н. Евдокименков, А.В. Ефремов, Ю.С. Кан, А.И. Кибзун, М.С. Константинов, В.П. Махров, С.Н. Падалко, В.В. Пасынков, В.Г. Петухов, К.И. Сыпало, Ю.В. Тюменцев, М.М. Хрусталеv.

Ученый секретарь диссертационного совета

24.2.327.03 (Д 212.125.12), д.т.н.



А.В. Старков

Начальник отдела УОС МАИ

Т.А. Аникина



**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.327.03 (Д 212.125.12)**

на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)»

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
(МАИ)

**по диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук**

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 09.09.2021 г., протокол № 25

О присуждении **Ляпину Никите Александровичу**, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Разработка и исследование алгоритма гарантирующего управления траекторией беспилотного летательного аппарата на основе игрового подхода» по специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации (авиационная и ракетно-космическая техника)» принята к защите «29» апреля 2021 г., протокол № 13, диссертационным советом 24.2.327.03 (Д 212.125.12) на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (МАИ, Московский авиационный институт), 125993, Москва, Волоколамское шоссе, 4, приказ о создании совета № 105/нк от 11.04.2012 г.

**Соискатель**, Ляпин Никита Александрович, 1994 года рождения. В 2016 г. окончил Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (МАИ), освоил программу специалитета по специальности 24.05.06 «Системы управления летательными аппаратами» и успешно прошел государственную итоговую аттестацию. Решением Государственной экзаменационной комиссии присвоена квалификация инженер.

В период подготовки диссертации соискатель Ляпин Никита Александрович работал на кафедре «Информационно-управляющие комплексы летательных аппаратов» МАИ в должности ассистента. Соискатель работает в должности ассистента кафедры «Информационно-управляющие комплексы летательных аппаратов» МАИ.

Диссертация выполнена в МАИ на кафедре «Информационно-управляющие комплексы летательных аппаратов» института №7 «Робототехнические и интеллектуальные системы».

**Научный руководитель** – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Информационно-управляющие комплексы летательных аппаратов» МАИ, Евдокименков Вениамин Николаевич.

**Официальные оппоненты:**

1. Инсаров Вильям Викторович – гражданин Российской Федерации, доктор технических наук, ведущий инженер Федерального государственного унитарного предприятия «Государственный научно-исследовательский институт авиационных систем».

2. Михалев Иван Сергеевич – гражданин Российской Федерации, кандидат технических наук, старший научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения "46 Центральный научно-исследовательский институт" Министерства обороны Российской Федерации.

Все оппоненты дали положительные отзывы о диссертации.

**Ведущая организация** Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова. г. Санкт-Петербург, в своем положительном отзыве, обсужденном на заседании кафедры А5 «Динамика и управление полетом летательных аппаратов» (протокол №А5-04/21 от 09.06.2021 г.), подписанном заведующим кафедрой «Динамика и управление полетом летательных аппаратов» Балтийского государственного технического университета «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, заслуженным работником высшей школы РФ, членом-корреспондентом Российской академии ракетных и артиллерийских наук, доктором технических наук, профессором О.А. Толпегиним и утвержденным ректором Балтийского государственного технического университета «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, доктором технических наук, профессором К.М. Ивановым, указала, что диссертация Ляпина Н.А. представляет собой научно-квалификационную работу, в которой изложены научно-обоснованные технические решения по разработке алгоритмов гарантирующего управления траекторией беспилотного самолета-истребителя, внедрение которых позволит расширить возможности беспилотной авиации и повысить эффективность выполняемых операций. Диссертация написана единолично, содержит совокупность новых научных результатов и положений, имеет внутреннее единство и свидетельствует о личном вкладе автора в науку. Предложенные автором новые решения строго аргументированы и критически оценены. Оформление диссертации соответствует требованиям к работам, направляемым в печать. Ляпин Н.А. достоин присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации (авиационная и ракетно-космическая техника)».

Соискатель имеет 5 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 5 работ, включающих 3 статьи, опубликованные в рецензируемых научных изданиях, входящих в перечень рецензируемых научных изданий ВАК Минобрнауки РФ, 1 работу в издании, индексируемых в международной реферативной базе данных SCOPUS, 1 работу в издании, индексируемой в международной реферативной базе данных Web Of Science. Наиболее значимыми научными работами по теме диссертации являются:

**Статьи в рецензируемых журналах перечня ВАК:**

1. Н.А. Ляпин, В.Н. Евдокименков, М.Н. Красильщиков. Гарантирующее управление траекторией беспилотного летательного аппарата при сближении с маневрирующей воздушной целью. Известия РАН. «Теория и системы управления». №5, 2018. с. 42-57. (10 с. авт., № 621 в перечне МРБД ВАК по состоянию на 31.03.2021)

Представлен алгоритм гарантирующего управления траекторией беспилотного перехватчика на этапе его сближения с маневрирующей воздушной целью как результат решения игровой задачи. Исследованы условия существования седловой точки для варианта рассматриваемой воздушной дуэли. Представлены результаты моделирования, подтверждающие, что использование разработанного алгоритма гарантирующего управления обеспечивает тактическое преимущество беспилотного летательного аппарата-перехватчика.

2. Н.А. Ляпин, В.Н. Евдокименков, М.Н. Красильщиков. Исследование маневров уклонения беспилотного летательного аппарата от атаки воздушного противника на основе игрового подхода. «Вестник компьютерных и информационных технологий» №10, 2019. С.21-31 (7 с. авт., № 382 в перечне ВАК по состоянию на 12.07.2021)

Описан алгоритм гарантирующего управления траекторией беспилотного летательного аппарата, обеспечивающий его уклонение от атаки воздушного противника, на основе игрового подхода. Проведено исследование влияния тактически значимых показателей маневренности беспилотного летательного аппарата на эффективность реализации маневра уклонения. Представлены результаты моделирования, отражающие степень влияния маневренных возможностей беспилотного летательного аппарата на достижение позиционного преимущества при решении задачи уклонения от атаки воздушного противника.

3. Н.А. Ляпин. Оценка влияния авиационных средств поражения на эффективность гарантирующего алгоритма управления беспилотным летательным аппаратом в операции перехвата воздушной цели. «Научно-технический вестник Поволжья». № 9, 2020. С. 11-14 (4 с. авт., № 1564 в перечне ВАК по состоянию на 12.07.2021)

Описан алгоритм гарантирующего управления траекторией беспилотного перехватчика на этапе его вывода в зону применения авиационных средств

поражения. Представлены результаты моделирования, отражающие степень влияния маневренных возможностей беспилотного летательного аппарата на достижение им позиционного преимущества при различных вариантах расположения авиационных средств поражения на противоборствующих летательных аппаратах.

**Статьи в журналах, индексируемых в иностранных библиографических и реферативных базах данных (SCOPUS, Web Of Science):**

1. Lyapin N.A., Evdokimenkov V.N., Krasilshchikov M.N. Guaranteeing UAV Trajectory Control When Approaching a Maneuvering Air Target // Journal of Computer and Systems Sciences International, 2018, Vol. 57, No. 5, pp. 789-800, DOI: 10.1134/S1064230718050040 (Web of Science)

2. Lyapin N.A., Evdokimenkov V.N. Assessment of the Air-launched Weapons Impact on the Effectiveness of the Unmanned Aerial Vehicle Control Guaranteeing Algorithm during the Air Target Interception // IEEE, 2020, URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9243877>, pp. 1-8, DOI: 10.1109/DVM49764.2020.9243877 (Scopus).

**В диссертационной работе отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты, представленные в диссертации.**

На диссертацию и автореферат поступили следующие отзывы:

**1. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, ведущая организация. Отзыв положительный.**

Выделим те замечания, которые возникли в процессе знакомства с материалами диссертационной работы:

1. Модель, описывающая относительное состояние конфликтующих самолетов, не учитывает их движения относительно центра масс. При этом автор не приводит никаких аргументов в пользу допустимости подобного допущения. Кроме того, нет никаких оценок, подтверждающих работоспособность разработанных алгоритмов с учетом реальных характеристик контура стабилизации углового положения летательного аппарата;

2. В структуре критерия присутствуют векторы, задающие идеальные (с точки зрения последующего использования авиационных средств поражения) относительные состояния противников. Очевидно, что компоненты этих идеальных векторов должны определяться с учетом конкретных пространственных конфигураций зон возможных пусков (ЗВП) авиационных управляемых ракет, которыми вооружены противники. Автор никак не комментирует механизм выбора этих идеальных векторов с учетом конкретных параметров ЗВП.

3. Представленное в работе решение задачи синтеза гарантирующего управления получено без учета ограничений на векторы состояния конфликтующих самолетов. Автор упоминает, что косвенный учет этих ограничений достигается за счет выбора начального параллелепипеда, задающего

область решения задачи, но не раскрывает, как конкретно реализуется эта возможность.

4. Полученное автором решение базируется на предположение о том, что противники всегда располагают информацией о положении противника и его скорости. К сожалению, в работе не проводится анализ современных бортовых радиолокационных систем, подтверждающих обоснованность этого предположения.

**2. Инсаров Вильям Викторович, официальный оппонент**, доктор технических наук, профессор. **Отзыв положительный**, заверен ученым секретарем ФГУП ГосНИИАС, д.т.н. С.М. Мужичек.

В качестве замечаний к диссертационной работе подчеркнуты те, которые представляются мне наиболее существенными:

1. Полученное в диссертационной работе решение игровой задачи учитывает ограничения на параметры относительного состояния БЛА и цели. Но, выполнение ограничений на параметры относительного движения не гарантирует, что будут выполнены ограничения на параметры движения каждого из игроков. Это может стать препятствием на пути практического использования разработанных алгоритмов;

2. В качестве допущения автор выдвигает предположение о том, что в процессе маневрирования игроки постоянно сохраняют информационный контакт, располагая информацией в каждый момент времени относительно положения и проекциях вектора скорости противника. Обоснованность этого допущения никак не комментируется автором. Фактически автор предполагает, что самолеты, участвующие в воздушной дуэли, оснащены всеракурсными бортовыми РЛС, примеров использования которых на борту БЛА в настоящее время не существует.

3. В диссертации никак не раскрывается механизм формирования ограничений на управления игроков, в качестве которых выступают проекции ускорений на оси инерциальной системы координат. Очевидно, что эти ограничения должны формироваться с учетом располагаемых перегрузок и зависят от углов крена, тангажа и рысканья. Представляется, что в подобных условиях формирование обоснованных ограничений на проекции ускорений может быть достигнуто лишь путем решения статической задачи оптимизации, о которой в работе нет никаких упоминаний.

4. В тексте диссертации и автореферате присутствуют отдельные смысловые и текстовые неточности, присутствие которых осложняет целостное восприятие материалов диссертационной работы.

**3. Михалев Иван Сергеевич, официальный оппонент**, кандидат технических наук. **Отзыв положительный**, заверен начальником отдела кадров и строевой ФГБУ «46 ЦНИИ» Минобороны России В.А. Войсковых.

В процессе знакомства с материалами возник ряд замечаний, главными из которых являются следующие:

1. Предлагаемые автором алгоритмы синтеза гарантирующего управления опираются на несколько упрощенную постановку задачи, поэтому не следует говорить о возможности их бортовой реализации. Правильнее рассматривать разработанные алгоритмы как полезный инструмент формирования научно-обоснованных требований к маневренным характеристикам перспективного БЛА-

перехватчика, характеристикам его бортового оборудования и авиационных средств поражения.

2. Обязательным условием практической реализации полученных автором законов управления является сохранение постоянного информационного контакта с противником в течении всего процесса маневрирования. К сожалению, автор не приводит никаких данных, подтверждающих возможность технического обеспечения подобного допущения.

3. Предложенный в диссертационной работе алгоритм вычисления расчетной продолжительности процесса маневрирования, отвечающей условию существования седловой точки, базируется на предположении о том, что заданы минимальное и максимальное значения продолжительности. К сожалению, автор ограничивается лишь самыми общими соображениями относительно способа практического получения этих значений, не приводя алгоритма их расчета.

4. В процессе имитационного моделирования использованы характеристики ракет «воздух-воздух», оснащенных различными головками самонаведения (тепловая, радиолокационная), которые в настоящее время используются на пилотируемых истребителях. Образцов подобного вооружения, допускающих их размещение на беспилотных ЛА с учетом массовых и габаритных ограничений, сегодня не существует. Поэтому представленные результаты имитационного моделирования носят предварительный характер и требуют уточнения с учетом реальных характеристик АСП, располагаемых на БЛА.

4. Филиал ПАО «Корпорация «Иркут» «Центр Комплексования», отзыв на автореферат. **Отзыв положительный**, подписан начальником отдела систем самолетовождения НИО-1, к.т.н. Е.М. Луневым, заместителем начальника отдела систем самолетовождения НИО-1, к.т.н. Е.С. Неретиным, заместителем начальника отдела отказобезопасности и надежности, к.т.н. Л.Г. Цесарским и ведущим инженером-конструктором направления ЭТД и ТСО, к.т.н. А.Н. Пахомовым, утвержден директором – главным конструктором филиала ПАО «Корпорация «Иркут» «Центр Комплексования», к.т.н., А.А. Герасимовым.

Вместе с тем представляется целесообразным выделить основные замечания, которые возникли в процессе знакомства с материалами автореферата:

1. В автореферате автор использует известное решение задачи синтеза гарантирующего управления линейной динамической системой, оптимизируемой по квадратичному критерию, расширяя его условием выбора расчетной продолжительности боевого маневрирования противоборствующих летательных аппаратов. При этом, предполагаются заданными минимальная и максимальная продолжительность процесса маневрирования игроков. Однако, в автореферате автор ограничивается только фактом наличия этих заданных ограничений по продолжительности процесса маневрирования, не конкретизируя источники получения и не предлагая методов их расчета.

2. В процессе имитационного моделирования автор использует характеристики современных авиационных средств поражения, применяемых на пилотируемых истребителях. Однако, образцов подобного вооружения, которые будут располагаться на БПЛА, с учетом их габаритов и массы в настоящий момент не

существует. Представляется, что полученные результаты имитационного моделирования носят промежуточный характер и требуют дальнейшего уточнения с учетом реальных характеристик АСП, адаптированных для размещения на борту БПЛА.

**5. Федеральное государственное унитарное предприятие «Московское опытно-конструкторское бюро «Марс»**, отзыв на автореферат. **Отзыв положительный**, подписан заместителем генерального конструктора Федерального государственного унитарного предприятия «Московское опытно-конструкторское бюро «Марс», к.т.н., доцентом, М.А. Шатским.

В то же время, можно отметить ряд возникших замечаний:

1. Автором недостаточно четко обозначены преимущества полученных им результатов над результатами, получаемыми традиционными методами, не приведены сравнительные характеристики;

2. Не указаны необходимые вычислительные ресурсы, необходимые для реализации предлагаемых алгоритмов на борту в реальном времени;

3. В рамках квадратичного критерия оптимальности, автор осуществляет переход к задаче синтеза без ограничений на управления игроков за счет соответствующего выбора весовых матриц. Однако, в автореферате отсутствует описание конкретного метода выбора компонент этих матриц.

**6. Акционерное общество научно-производственное объединение «Мобильные Информационные Системы»**, отзыв на автореферат. **Отзыв положительный**, подписан начальником отдела НИР – заместителем главного конструктора АО НПО «Мобильные Информационные Системы», А.Н. Медведь, заверен исполнительным директором – первым заместителем генерального директора – главного конструктора АО НПО «Мобильные Информационные Системы», Ю.В. Полховцевым.

Однако, следует выделить некоторые вопросы, возникшие при рассмотрении материалов диссертационной работы:

1. Автор сводит исходную задачу синтеза управления с ограничениями на вектор управления к задаче без ограничений, для которой известно аналитическое решение. Этот переход достигнут за счет использования в структуре критерия дополнительных весовых матриц. В диссертации показано, что путем выбора элементов этих матриц можно обеспечить выполнение ограничений на управление. Желательно было бы пояснить, почему варьируются только диагональные элементы этих матриц.

2. В автореферате автор приводит расчетное правило выбора продолжительности боевого маневрирования конфликтующих игроков из условия существования седловой точки. При этом автор оперирует понятиями минимальной и максимальной продолжительности процесса маневрирования сторон, которые определяются единственный раз в начальный момент времени.



Представляется, что минимальная и максимальная продолжительности процесса маневрирования должны постоянно уточняться с учетом фактического относительного состояния противников. В автореферате подобная возможность не рассматривается, что, как представляется, снижает эффективность полученного решения.

**7. Публичное акционерное общество «Авиационная холдинговая компания «Сухой»**, отзыв на автореферат. **Отзыв положительный**, подписан заместителем главного конструктора ПАО «Компания «Сухой», К.П. Максаковым, главным специалистом ПАО «Компания «Сухой», к.т.н., К.Б. Хроловичем и ведущим конструктором ПАО «Компания «Сухой», к.в.н., с.н.с, А.В. Ивановым, утвержден первым заместителем управляющего директора – директором ОКБ Сухого, М.Ю. Стрельцом.

Вместе с тем, необходимо подчеркнуть некоторые замечания, возникшие в процессе знакомства с авторефератом:

1. Автор для решения задачи синтеза управления использует представление конфликтующих самолетов в шестимерном пространстве относительных нормированных параметров, на значения которых наложены ограничения. Однако, выполнение ограничений на значения относительных нормированных параметров не гарантирует выполнения ограничений на параметры состояния каждого из летательных аппаратов;

2. Предлагаемое автором решение базируется на несколько упрощенной постановке задачи, в основе которой представление конфликтующих самолетов в виде материальных точек. При этом автор не представил никаких соображений, подтверждающих обоснованность подобного представления. Неясно, как повлияет учет движения БЛА вокруг центра масс на реализацию синтезированного управления.

**8. Акционерное общество «Государственное машиностроительное конструкторское бюро «Вымпел» имени И.И. Торопова»**, отзыв на автореферат. **Отзыв положительный**, подписан директором научно-исследовательского и летно-испытательного центра Акционерного общества «Государственное машиностроительное конструкторское бюро «Вымпел» имени И.И. Торопова», д.т.н., М.Н. Правидло, начальником бригады, к.т.н., П.А. Бирюковым и начальником бригады А.А. Голдовским, заверен заместителем генерального директора по безопасности и кадрам И.П. Зайцевым и утвержден заместителем генерального директора по НИОКР, к.т.н. А.Н. Беляевым.

Вместе с тем, представленный автореферат вызвал ряд замечаний, наиболее существенными из которых являются следующие:

1. Заявленные в диссертационной работе оценки позиционного преимущества, которое приобретает беспилотный истребитель в условиях воздушной дуэли, а также при выполнении маневров преследования-уклонения, представляются

чересчур оптимистичными, поскольку опираются на достаточно грубую аппроксимацию зоны возможных пусков используемых ракет в виде шестимерного параллелепипеда;

2. Переход к модели, описывающей игровую задачу в пространстве нормированных относительных параметров состояния игроков базируется на множестве начальных значений параметров, которое не определено;

3. Представленное в автореферате решение игровой задачи получено без ограничений на параметры состояния конфликтующих летательных аппаратов.

**9. Акционерное общество «Аэроприбор-Восход», отзыв на автореферат. Отзыв положительный**, подписан ведущим инженером отдела по науке и инновационному развитию, к.т.н., Л.Н. Винокуровым и начальником отдела по науке и инновационному развитию, к.т.н., М.Ю. Сорокиным, заверен первым заместителем главного конструктора В.Н. Дятловым.

В качестве замечаний к автореферату следует указать следующие:

1. Представление конфликтующих летательных аппаратов в виде материальных точек, состояние которых описывается шестимерными векторами, является чересчур упрощенным.

2. Утверждение автора о том, что использование в качестве расчетной продолжительности процесса маневрирования значения, в котором имеет место экстремум критериальной функции, эквивалентно условию существования седловой точки в рассматриваемой игровой задаче, представляется недостаточно обоснованным.

3. В предложенном автором решении в качестве параметров правления выступают проекции вектора ускорения на оси инерциальной системы координат. Это обстоятельство затрудняет бортовую реализацию предложенного алгоритма.

4. В работе отсутствуют требования к бортовому навигационному комплексу БЛА для реализации разработанного алгоритма гарантирующего управления, что затрудняет оценку возможности его практической реализации.

**10. Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный исследовательский центр «Институт имени Н.Е. Жуковского», отзыв на автореферат. Отзыв положительный**, подписан директором проектного комплекса «Ситуационное моделирование и интегрированные системы авиационных комплексов» ФГБУ «Национальный исследовательский центр «Институт имени Н.Е. Жуковского», д.т.н. Н.Б. Топоровым, утвержден первым заместителем генерального директора ФГБУ «НИЦ «Институт имени Н.Е. Жуковского», профессором, д.т.н. В.С. Шапкиным.

Однако, следует отметить некоторые недостатки работы:

1. В автореферате автор приводит решение задачи синтеза гарантирующего управления траекторией БЛА на этапе вывода в зону применения АСП. Следует отметить, что зона возможных пусков представляет сложную пространственную

конфигурацию для конкретного АСП и конкретных условий его применения. Однако, автор не приводит никаких алгоритмов расчета и выбора этих зон.

2. Из текста автореферата остаются не вполне ясными конкретный выбор матриц  $Q$  и  $W$ , присутствующих в выражении критерия оптимальности.

**Выбор официальных оппонентов и ведущей организации** обосновывается наличием публикаций в соответствующей сфере исследования, компетентностью, имеющимся у них большим практическим опытом системного проектирования авиационных комплексов, включая комплексы с беспилотными летательными аппаратами, в том числе, в области, соответствующей паспорту специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации (авиационная и ракетно-космическая техника)» и способностью определить научную и практическую ценность диссертации.

БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова является ведущей организацией оборонной промышленности, обеспечивающей проведение фундаментальных научных исследований, а также решения задач в области аэрокосмических технологий, технологий обеспечения безопасности Российской Федерации, информационных управляющих систем и радиоэлектронных и оптоэлектронных систем. Заключение по диссертационной работе обсуждено и подписано специалистами, которые непосредственно занимаются вопросами, связанными с разработкой ситуационных моделей исследования применения летательных аппаратов и критериев их эффективности, исследованиями динамики движения и наведения ЛА, обработкой полетной информации в интересах решения задач навигации и управления. Они являются авторитетными специалистами в области разработки перспективных методов управления летательными аппаратами, обеспечивающими улучшение тактико-технических характеристик при действии помех в условиях априорной неопределенности воздействий и разработки методов управления летательными аппаратами при наличии неопределенностей на основе теории дифференциальных игр.

Инсаров Вильям Викторович – автор более 60 работ, имеет патенты на изобретение. Под руководством В.В. Инсарова проводятся исследования по разработке алгоритмов комплексной обработки информации в интегрированных системах наведения летательных аппаратов с использованием нескольких источников информации, способов управления беспилотными летательными аппаратами, решения проблем группового применения беспилотных летательных аппаратов при решении задач мониторинга наземных сцен. Он известен работами, затрагивающими различные аспекты проблем анализа и синтеза авиационных систем.

Михалёв Иван Сергеевич – автор более 10 работ и соавтор книги. При участии И.С. Михалёва проводились исследования, направленные на разработку алгоритмов интегрированного управления движением многофункционального

авиационного комплекса, рассматриваемого как система «самолёт - силовая установка с отклоняемым вектором тяги» в различных режимах полёта, включая огибание рельефа местности в условиях преодоления эшелонированной системы противовоздушной обороны противника.

Таким образом, специалисты, представляющие ведущую организацию, и привлеченные в качестве официальных оппонентов, в совокупности обладают необходимыми компетенциями в области научных проблем, определенных паспортом специальности 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации (авиационная и ракетно-космическая техника)».

**В дискуссии приняли участие:**

Фамилия, имя, отчество	Ученая степень, шифр специальности в совете
Мальшев Вениамин Васильевич	д.т.н., 2.5.16 (05.07.09)
Старков Александр Владимирович	д.т.н., 2.5.16 (05.07.09)
Хрусталеv Михаил Михайлович	д.ф.-м.н., 1.2.2 (05.13.18)
Тюменцев Юрий Владимирович	д.т.н., 2.3.1 (05.13.01)
Бобронников Владимир Тимофеевич	д.т.н., 2.3.1 (05.13.01)
Вишнякова Лариса Владимировна	д.т.н., 1.2.2 (05.13.18)
Красильщиков Михаил Наумович	д.т.н., 2.3.1 (05.13.01)

Диссертационный совет отмечает, что тема и содержание диссертационной работы соответствует паспорту специальности 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации (авиационная и ракетно-космическая техника)».

**Наиболее существенные научные результаты, полученные лично соискателем, могут быть сформулированы следующим образом:**

1. Проведен системный анализ проектов перспективных БЛА-перехватчиков и разработана математическая модель, основанная на описании движения конфликтующих самолетов в пространстве относительных нормированных координат, в рамках которой задача синтеза управления траекторией БЛА-перехватчика сведена к задаче синтеза гарантирующего управления линейной динамической системой, оптимизируемой по квадратичному критерию.

2. Предложено теоретическое развитие классической задачи синтеза гарантирующего управления по полной информации для класса линейных динамических систем с квадратичным критерием качества управления на основе разработанного автором метода расчета продолжительности процесса маневрирования игроков.

3. Разработаны алгоритмы синтеза гарантирующего управления в условиях воздушной дуэли, а также при решении задач преследования воздушной цели и уклонения от атаки воздушного противника. Предложен метод получения максимальной эффективности разработанного алгоритма на основе обработки

получаемой в ходе моделировании информации с помощью ортогонального центрального композиционного плана Бокса.

4. Получены результаты исследования комплексного влияния характеристик авиационных средств поражения и маневренных возможностей беспилотного ЛА на достигаемое позиционное преимущество в условиях воздушной дуэли.

**Новизна полученных результатов** заключается в разработке нового алгоритма гарантирующего управления траекторией беспилотного летательного аппарата для случая, когда продолжительность процесса маневрирования не задана и рассчитывается из условия существования седловой точки в игровой задаче. Указанный результат открывает перспективы для использования методов синтеза гарантирующего управления при решении практических задач.

**Теоретическая значимость** материалов диссертационной работы заключается в усовершенствовании существующих алгоритмов управления траекторией беспилотного летательного аппарата, выполняющего операцию перехвата воздушной цели, за счет учета объективно-игрового характера задачи. При этом использовалась известная структура гарантирующего управления для класса линейных систем, оптимизируемых по квадратичному критерию, адаптированная к условиям воздушной дуэли.

**Практическая значимость** материалов диссертационной работы в том, что представленные в ней задачи и алгоритмы позволяют сформировать научно-обоснованные требования к облику перспективного беспилотного перехватчика, включая требования к маневренным возможностям, характеристикам авиационных средств поражения и бортовой РЛС, выполнение которых обеспечивает его позиционное преимущество в воздушном бою.

**Значение полученных соискателем результатов исследования для практики** подтверждается следующими актами о внедрении результатов диссертации:

1. Акт о практическом внедрении результатов диссертационной работы. Настоящий акт подтверждает, что материалы, представленные в диссертационной работе Ляпина Н.А., использованы в работах, проводимых в Федеральном государственном бюджетном учреждении «Национальный исследовательский центр «Институт имени Н.Е. Жуковского» в рамках программы исследований по разработке комплекса ситуационного моделирования (КСМ) и оценки эффективности технологий в обеспечение принятия решений по управлению созданием научно-технологического задела в области авиастроения.

2. Акт о внедрении в учебный процесс. Настоящий акт составлен на основании заключения комиссии кафедры 704 «Информационно-управляющие комплексы летательных аппаратов» МАИ. Установлено, что следующие результаты диссертационной работы внедрены и используются в учебном процессе для подготовки студентов Федерального государственного бюджетного

образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» по специальности 24.05.05 «Интегрированные системы летательных аппаратов»:

- алгоритм гарантирующего управления траекторией движения беспилотного летательного аппарата в операции отражения воздушного налета;
- алгоритм управления траекторией беспилотного летательного аппарата при уклонении от атаки воздушного противника.

**Результаты диссертационной работы рекомендуются к использованию** в организациях, связанных с проблемами управления беспилотными летательными аппаратами, таких как ГосНИИАС, МАИ, МГТУ, УГАТУ, корпорация «Вега».

**Оценка достоверности результатов исследования** выявила, что основные положения диссертации опираются на современный математический аппарат и согласуются с опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации. Соискателем разработаны и используются корректные математические модели и алгоритмы. В рамках исследования автором грамотно применены общие и специальные методы обработки информации, анализа и синтеза сложных технических систем, в том числе метод математического моделирования.

**В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:** в работе нет никаких оценок, подтверждающих работоспособность разработанных алгоритмов с учетом реальных характеристик контура стабилизации углового положения летательного аппарата, а также в докладе соискатель не слишком подробно сделал упор на вопросы системного анализа и обработки информации.

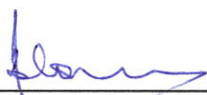
Соискатель Ляпин Н.А. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию: интерес всей диссертационной работы состоял в рассмотрении задачи в игровой постановке. Да, действительно, представленный алгоритм не предполагает бортовую реализацию. Однако, он может быть рассмотрен в качестве формирования научно-обоснованных требований к маневренным характеристикам перспективного БЛА-перехватчика, характеристикам его бортового оборудования и авиационных средств поражения. В диссертационной работе было проведено системное исследование развития беспилотных авиационных систем и степени замещения функций пилота. Кроме этого, представленная математическая модель вывода БЛА в зону применения АСП потребовала оценки критериев эффективности, а также разработки конкретных математических моделей для их количественной оценки. В этом заключались элементы системного анализа данной работы.

**В диссертационной работе все заимствованные материалы представлены со ссылкой на автора или источник.** Тем самым работа удовлетворяет п.14 Положения о присуждении ученых степеней.

На заседании 09 сентября 2021 г. диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук и принял решение за **новые научно-обоснованные технические решения**, имеющие существенное значение для развития авиационной промышленности страны в части разработки алгоритмов управления траекторией беспилотных летательных аппаратов, присудить Ляпину Никите Александровичу ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 5 докторов наук по специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации (авиационная и ракетно-космическая техника)», участвовавших в заседании, из 27 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 17, против – 1, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель диссертационного совета  
24.2.327.03 (Д 212.125.12),  
д.т.н., профессор

  
V.V. Малышев

Ученый секретарь диссертационного совета  
24.2.327.03 (Д 212.125.12),  
к.т.н.

  
A.V. Старков

«09» сентября 2021 г.

Начальник отдела УДС МАИ  
Т.А. Аникина



