

## **ОТЗЫВ официального оппонента**

Доктора технических наук Мунасыпова Рустэма Анваровича  
на диссертацию Лысенко Павла Владимировича  
«Траекторная оптимизация риска обнаружения подвижных объектов в задаче  
уклонения»,

представленную на соискание ученой степени кандидата физико-  
математических наук по специальности 05.13.01 – «Системный анализ,  
управление и обработка информации (в отраслях информатики,  
вычислительной техники и автоматизации)»

**Актуальность темы исследования.** В диссертационной работе П.В. Лысенко поставлены и решены задачи планирования траектории управляемых подвижных объектов при уклонении от обнаружения с учетом различных ограничений, накладываемых на траекторию и параметры объекта. Подобные задачи актуальны для современных приложений в самых разных областях деятельности человека, а рассматриваемые в постановках подвижные объекты могут быть моделями автономных необитаемых подводных аппаратов или беспилотных летательных аппаратов для практических применений. Полученные решения могут быть полезны при разработке алгоритмов реального времени для бортовых модулей планирования маршрутов этих объектов, а решение данных задач может существенно снизить величину риска обнаружения и обеспечить большую безопасность на найденном оптимальном маршруте в задаче уклонения от обнаружения. В научной литературе, посвященной решению подобных задач, преобладают методы решения в виде численных алгоритмов, тогда как аналитический вывод результатов часто затруднен для многих постановок. В рассматриваемой диссертационной работе все решения получены аналитически методами вариационного исчисления и оптимального управления.

**Цель работы.** Целью диссертационной работы является повышение эффективности управления подвижными объектами в задачах уклонения от

обнаружения путем оптимизации траекторий движения и скоростных режимов методами оптимального управления и вариационного исчисления.

**Научная новизна полученных результатов и выводов, сформулированных в диссертации.** Научная новизна заключается в рассмотрении новых постановок задач уклонения от обнаружения для подвижных объектов, связанных с наличием фазовых, интегральных и динамических ограничений на движение объекта, а также разработке методов решения предложенных постановок задач на основе их полного аналитического решения, анализе и классификации получаемых решений.

В первой главе на основе системного подхода проведен аналитический обзор различных постановок задач планирования траектории движения управляемых подвижных объектов (УПО), их анализ с точки зрения решения задач для управления беспилотными летательными аппаратами (БПЛА) и автономными необитаемыми подводными аппаратами (АНПА), а также анализ основных наиболее распространенных в литературе постановок задач уклонения УПО от обнаружения и численных алгоритмов планирования траекторий.

Все это позволило автору работы в целом правильно сформулировать цель и задачи исследования, обосновать примененный математический аппарат.

Во второй главе рассматриваются задача планирования траектории управляемого подвижного объекта при уклонении от одиночного обнаружителя с учётом ограничения на длину траектории и задача планирования траектории при уклонении от одиночного обнаружителя с учётом ограничения на кривизну траектории. Разработаны соответствующие методы построения оптимальной траектории на основе аналитического решения задачи планирования траектории УПО при уклонении от одиночного обнаружителя.

В третьей главе рассматривается задача уклонения от обнаружения для подвижного объекта, обладающего неоднородной индикатрисой излучения. Разработаны метод и алгоритм построения оптимальной траектории на

основе аналитического решения задачи планирования траекторий УПО при наличии у объекта неоднородной индикатрисы излучения для случая невыполнения достаточных условий оптимальности траекторий. Представлен метод определения типа оптимальной траектории на основе положительности гессиана индикатрисы излучения.

**Достоверность и обоснованность научных результатов и выводов** обусловлены корректными математическими постановками задач и строгими доказательствами теорем, лемм, утверждений. Результаты теоретических исследований подтверждены средствами компьютерного моделирования.

**Значимость результатов, полученных автором.** В работе содержатся новые постановки задач, серьезные математические исследования и ряд новых нетривиальных результатов в математической теории планирования траекторий управляемых подвижных объектов в задачах уклонения от обнаружения. Значимость полученных результатов подтверждается публикациями автора в рецензируемых научных журналах из перечня ВАК и Web of Science и в трудах международных конференций. Подтверждением практической ценности полученных результатов служит акт внедрения результатов работы.

Содержание автореферата, в целом, соответствует идеям, тексту и выводам диссертации.

Тема и содержание диссертации соответствуют пунктам паспорта специальности 05.13.01: п.1. «Теоретические основы и методы системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации»; п.2. «Формализация и постановка задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации»; п.3. «Разработка критериев и моделей описания и оценки эффективности решения задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации»; п.4. «Разработка методов и алгоритмов решения задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации».

На основе проведенного анализа содержания диссертационной работы следует сделать заключение о том, что задачи, которые ставил в работе автор диссертации, решены.

### **Замечания по работе.**

1. Диссертационная работа, в основном, посвящена планированию оптимальных траекторий управляемых подвижных объектов. Из текста диссертации неясно, учитывались ли автором возможности управляемых подвижных объектов с ограниченной маневренностью по отслеживанию таких формируемых траекторий? Каким образом на точность выдерживания получаемых траекторий может повлиять динамика самих подвижных объектов?

2. В диссертационной работе законы управления (например, стр. 64) получены в непрерывном времени. В случае управления реальным автономным подвижным объектом с ограниченными возможностями сенсоров (либо при управлении по радиоканалу) возникает необходимость рассмотрения дискретного характера поступающих сигналов. Изучалось ли автором возможное влияние дискретного характера сигналов на реализуемость законов управления?

3. В работе недостаточно уделено внимания практическим аспектам возможности реализации предлагаемых методов построения оптимальной траектории на основе аналитического решения задачи планирования траектории УПО. Было бы целесообразно провести оценку необходимых вычислительных затрат на реализацию методов с целью определения требований по быстродействию к бортовым системам управления, а также ограничений на динамику УПО.

Указанные замечания не являются критически важными и не снижают общей положительной оценки диссертационной работы.

### **Заключение.**

Диссертация П.В. Лысенко является законченной научно-квалификационной работой, в которой решаются актуальные задачи планирования траектории

управляемых подвижных объектов при уклонении от обнаружения. Результаты полностью опубликованы в 3 статьях в журналах из списка ВАК, в трудах международных и всероссийских конференций. Тематика и содержание работы полностью соответствует заявленной специальности. Автореферат правильно отражает содержание диссертации.

Диссертация удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, критериям положения ВАК о порядке присуждения ученых степеней, а ее автор, Лысенко Павел Владимирович, заслуживает присуждения ему научной степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.01.

Официальный оппонент

Доктор технических наук (специальность 05.13.01),  
Профессор, Заведующий кафедрой автоматизации технологических процессов Уфимского государственного авиационного технического университета

450008, Республика Башкортостан,  
г. Уфа, ул. К. Маркса, д. 12, ФГБОУ  
ВО "УГАТУ"

Телефон: 7-908-350-21-76



Мунасыпов Рустэм Анварович

27.05.2022 г

Подпись Мунасыпова Р.А. заверяю



Подпись *Мунасыпов Р.А.*  
Заставляю « 27 » 05 20 22 г.  
Заведующий отдела документационного обеспечения  
архива *Ражинский Д.А.*