

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА
Д 002.226.02, СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ
ИНСТИТУТА ПРОБЛЕМ УПРАВЛЕНИЯ ИМ. В.А. ТРАПЕЗНИКОВА
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ
УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 16 июня 2022 г., № 3

О присуждении **Лысенко Павлу Владимировичу**, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Траекторная оптимизация риска обнаружения подвижных объектов в задаче уклонения» по специальности 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации (в отраслях информатики, вычислительной техники и автоматизации)» принята к защите 31 марта 2022 г., протокол № 2 диссертационным советом Д 002.226.02 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем управления им. В.А. Трапезникова Российской академии наук (117997, Москва, ул. Профсоюзная, д. 65, приказ ВАК о создании диссертационного совета № 1318-в от 29.12.2000 г.).

Соискатель Лысенко Павел Владимирович, 1995 года рождения закончил бакалавриат (2016г.) и магистратуру (2018г.) факультета радиотехники и кибернетики Московского физико-технического института, и завершает обучение в аспирантуре МФТИ 30 июня 2022 года. В настоящее время работает в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте проблем управления в лаборатории №38 «Управление по неполным данным» в должности научного сотрудника.

Диссертация выполнена в лаборатории №38 Института проблем управления им. В.А. Трапезникова Российской академии наук.

Научный руководитель – доктор технических наук, член-корреспондент РАН, главный научный сотрудник **Галяев Андрей Алексеевич**, заведующий лабораторией № 38 Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем управления им. В.А. Трапезникова Российской академии наук.

Официальные оппоненты:

Миллер Борис Михайлович, доктор физико-математических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича Российской академии наук (ИППИ РАН), главный научный сотрудник Лаборатории №2,

Мунасыпов Рустэм Анварович, доктор технических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уфимский государственный авиационный технический университет», заведующий кафедрой автоматизации технологических процессов

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Военный учебно-научный центр Военно-морского флота «Военно-морская академия имени Адмирала Флота Советского Союза Н.Г. Кузнецова» Министерства обороны Российской Федерации в своем положительном отзыве, подписанном заведующим кафедрой механики и гидромеханики, доктором технических наук, профессором **Гурьевым Ю.В.**, преподавателем кафедры механики и гидромеханики, кандидатом технических наук **Слуцкой М.В.** и утвержденным заместителем начальника ВУНЦ ВМФ «Военно-морская академия имени Адмирала Флота Советского Союза Н.Г. Кузнецова» по учебной и научной работе, контр-адмиралом **Карповым А.В.**, указала, что результаты, полученные в диссертации, могут быть использованы при создании и совершенствовании математического и программного обеспечения специальных бортовых оперативно-советующих систем, бортовых планировщиков миссий беспилотных летательных и подводных аппаратов, соответствующих тренажеров и систем имитационного моделирования, а также в учебном процессе ряда технических университетов и других высших учебных заведений.

Диссертация Лысенко П.В. на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук является научной квалификационной работой, в которой сформулированы и решены задачи планирования траектории управляемых подвижных объектов при уклонении от обнаружения, имеющие **существенное значение** для математической теории управления и практики. Основные результаты диссертационного исследования достаточно полно отражены в публикациях автора.

Содержание диссертации соответствует паспорту специальности 05.13.01 "Системный анализ, управление и обработка информации (в отраслях информатики, вычислительной техники и автоматизации)" и отвечает требованиям ВАК Минобрнауки России, предъявляемым к кандидатским диссертациям (п.9 Положения о присуждении ученых степеней... № 842 от 24.09.2013г. и п.6 Положения о присуждении ученых степеней ...№ 235 от 17.03.2015г.), а ее автор достоин присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации (в отраслях информатики, вычислительной техники и автоматизации)».

Заключение ведущей организации имеет следующие замечания:

1. Достоверность результатов проведенных исследований не вызывает сомнений, но более широкое сравнение с численными результатами и алгоритмами построения опорных траекторий других авторов позволило бы получить количественные оценки вычислительной трудности разработанных алгоритмов и глубже проанализировать достоинства и недостатки исследования.

2. В работе рассмотрен только один тип обнаружителя, принимающий сигнал единственной физической природы в пассивном режиме. Следовало бы изучить и проанализировать и другие типы обнаружителей, тем более что разработанное математическое и программное обеспечение позволяют это сделать.

3. Развиваемые в работе аналитические методы решения поставленных задач, обладая рядом преимуществ, накладывают и определенные ограничения, например, на число обнаружителей, их мобильность, размерность области построения траектории и некоторые другие, что в известной мере снижает прикладную значимость полученных результатов.

4. В первой главе автор описывает несколько динамических моделей управляемых подвижных объектов (машина Дубинса, машина Риддса-Шеппа и др.), однако в дальнейшем рассматривает только одну из них – модель машины Дубинса. Исследование других моделей в контексте задачи минимизации риска обнаружения и сравнение полученных для них решений позволило бы получить результаты, представляющие теоретический и прикладной интерес.

Сделанные замечания во многом носят характер рекомендаций и не ставят под сомнение результаты работы.

Соискатель по теме диссертации имеет 13 опубликованных работ, в т.ч. 3 статьи в журналах/сборниках из перечня ВАК, 3 статьи в журналах, входящих в базу Science Citation Index Expanded (Q1), 7 статей в изданиях, индексируемых базой Scopus, представил 6 докладов на российских и международных конференциях. Все результаты диссертационной работы получены П.В. Лысенко лично.

Наиболее значимые публикации из числа рецензируемых изданий:

- Galyaev A.A., Lysenko P.V., Yakhno V.P. Algorithm for Optimal Two-Link Trajectory Planning in Evasion from Detection Problem of Mobile Vehicle with Non-Uniform Radiation Pattern // *Advances in Systems Science and Applications*, 2021, 21(2), P. 71-82. (Scopus Q3)
- Galyaev A.A., Lysenko P.V., Yakhno V.P. 2D Optimal Trajectory Planning Problem in Threat Environment for UUV with Non-Uniform Radiation Pattern // *Sensors*. 2021. Volume 21, Issue 2. 396. P. 1-24. DOI: 10.3390/s21020396 (WoS Q1, IF 3.576)
- Galyaev A.A., Lysenko P.V., Dobrovidov A.V., Shaikin M.E., Yakhno V.P. Path Planning in Threat Environment for UUV with Non-Uniform Radiation Pattern // *Sensors*. 2020. Volume 20, Issue 7. 2076. P. 1-21. DOI: 10.3390/S20072076 (WoS Q1, IF 3.275)
- Галяев А.А., Лысенко П.В., Яхно В.П. Условия оптимальности подвижного объекта, обладающего неоднородной индикатрисой излучения // *Доклады Российской Академии Наук. М.: Российская Академия наук*, 2020. Т. 493. № 1. С. 95-98. Galyaev A.A., Lysenko P.V., Yakhno V.P. Trajectory Optimality Conditions for Moving Object with Nonuniform Radiation Pattern // *Doklady Mathematics*. M.: Pleades Publishing, Ltd, Springer, 2020. Vol. 102. No. 1. P. 342–345. (Scopus Q2, WoS Q4, RSCI, IF 0.548)
- Галяев А.А., Лысенко П.В., Яхно В.П. Уклонение подвижного объекта от одиночного обнаружителя на заданной скорости // *Проблемы управления*. 2020. № 1. С. 83-91.

- Galyaev A.A., Lysenko P.V., Yakhno V.P. Evading a Single Detector by an Object Moving at a Given Speed // Automation and Remote Control. 2021. Vol. 82. No. 7. P. 1281–1291. (Scopus Q2, WoS Q4, RSCI, IF 0.520)
- Галяев А.А., Лысенко П.В., Яхно В.П. Задача планирования оптимального движения объекта через район случайного поиска // Проблемы управления. 2017. №5. С. 88-94.
Galyaev A.A., Lysenko P.V., Yakhno V.P. Optimal Path Planning for an Object in a Random Search Region // Automation and Remote Control. 2018. V. 79 No11. P. 2080-2089. (Scopus Q2, WoS Q4, RSCI, IF 0.520)
 - Galyaev A.A., Lysenko P.V., Rubinovich E.Y. Optimal Stochastic Control in the Interception Problem of a Randomly Tacking Vehicle // Mathematics. 2021. 9. 2386. DOI: 10.3390/math9192386 (WoS Q1, IF 2.258)

На диссертацию и автореферат поступили отзывы, все отзывы положительные.

Отзывы с замечаниями:

1. Отзыв на автореферат д.т.н., профессора **Филаретова В.Ф.**, заведующего лабораторией робототехнических систем ИАПУ ДВО РАН, д.т.н., доцента **Юхимца Д.А.**, ведущего научного сотрудника лаборатории робототехнических систем ИАПУ ДВО РАН содержит следующие замечания:

- В автореферате два раза формулируется «Задача 2.1», что несколько запутывает и затрудняет восприятие материала.
- В работе рассматривается плоское движение подвижного объекта. Однако в качестве таких объектов предполагаются подводные роботы и БПЛА, способные выполнять сложные маневры в пространстве. Из автореферата не ясно, могут ли применяться разработанные методы планирования траекторий для реализации произвольного пространственного движения.

2. Отзыв на автореферат д.ф.-м.н., профессора **Свиридюка Г.А.**, заведующего научно-исследовательской лабораторией «Неклассические уравнения математической физики» Южно-Уральского государственного университета, содержит следующее замечание:

- При вычислении углов, определяющих траектории, автор использует обозначение AMS (Американского математического общества) для обратной тригонометрической функции $\arctan x$; было бы более уместным использование обозначения, принятого в отечественной математической литературе $\operatorname{arctg} x$, тем более, что работа направлена на улучшение обороноспособности России.

3. Отзыв на автореферат к.т.н. **Залетина В.В.**, начальника центра полигонных испытаний НИИ СМ НПО «Специальных материалов», содержит следующее замечание:

- Рассмотрены случаи одиночного стационарного обнаружителя, хотя на практике это довольно редкий случай, а постановки задачи уклонения с распределенной системой обнаружителей также представляют прикладной интерес.

4.Отзыв на автореферат к.ф.-м.н., доцента **Савицкого О.А.**, ведущего научного сотрудника АО «Акустического института им. акад. Н.Н. Андреева», содержит следующие замечания:

- Приведен краткий обзор по методам и алгоритмам управления движением объекта в конфликтной среде, вместе с тем, недостаточно четко сформулированы проблемные вопросы применения разработанных к настоящему времени методов и алгоритмов, что затрудняет в полной мере оценить научные достижения автора.
- Недостаточно полно, для определения практической значимости предложенных в диссертации подходов, приведены данные по результатам внедрения.

5.Отзыв на автореферат к.т.н., доцента Московского физико-технического института **Чувиллина К.В.**, начальника отдела, ООО «Открытая мобильная платформа», содержит следующие замечания:

- При формулировке леммы 2.1 используются понятия тактов, тревоги, события обнаружения, параметров обнаружителя и другие, формальные определения которых не приведены в автореферате.
- Не пояснено удобство введения риска, как логарифма вероятности.
- Не приведены ссылки на исходный код, используемый для вычислений.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается профилем их научной деятельности и профессиональных интересов.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- **формализованы** математическая модель обнаружителя и функционал риска обнаружения для случая малого отношения сигнал/шум как критерий оптимизации для задач планирования траектории;

- **разработаны** методы построения оптимальной траектории на основе аналитического решения задач планирования траектории УПО при отклонении от одиночного обнаружителя с учётом ограничений на длину траектории и на кривизну траектории для УПО с динамикой машины Дубинса;

- **предложен** метод построения оптимальной траектории на основе аналитического решения задачи планирования траекторий УПО при отклонении от одиночного обнаружителя при наличии у объекта неоднородной индикатрисы излучения для случая выполнения достаточных условий оптимальности траекторий. На основании полученных методов **аналитически получены** законы изменения скорости УПО и значения риска обнаружения на оптимальной траектории.

- **разработаны** метод и алгоритм построения оптимальной траектории на основе аналитического решения задачи планирования траекторий УПО при отклонении от одиночного обнаружителя 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;

- **показана** эффективность разработанных методов и алгоритмов для планирования движения УПО. На оптимальных траекториях и при оптимальных скоростных режимах движения УПО риск обнаружения значительно уменьшается по сравнению с известными решениями задач уклонения.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- **развита** математическая теория планирования траектории УПО в задачах уклонения от обнаружения;
- **рассмотрены** новые для данной области науки постановки, связанные с наличием фазовых, интегральных и динамических ограничений на движение объекта.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработанные методы и алгоритмы внедрены при разработке системы поддержки принятия решений в рамках ОКР «Странник». Подтверждением практической ценности полученных результатов служит акт внедрения результатов работы, выданный АО «Морские неакустические комплексы и системы» и приведенный в приложении А диссертации.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

- **теория и методы**, лежащие в основе разработанных алгоритмов, основываются на строгом математическом аппарате и согласуются с данными публикаций по тематике диссертации;
- **идеи предлагаемых методов** базируются на известных методах вариационного исчисления и оптимального управления;
- **показана** эффективность всех предложенных алгоритмов с использованием методов математического моделирования;

Личный вклад соискателя состоит в самостоятельном получении всех основных результатов диссертационного исследования, а именно:

- разработке методов построения оптимальных траекторий на основе аналитического решения для трех задач планирования траектории УПО;
- подготовке публикаций по теме исследования;
- апробации результатов научного исследования в докладах на научных конференциях;
- внедрении результатов исследования в производственную деятельность АО «Морские неакустические комплексы и системы».

Личное авторство всех результатов, выносимых на защиту, подтверждается публикациями статей в рецензируемых журналах и докладами на всероссийских и международных конференциях.

На заседании 16 июня 2022 г. Диссертационный совет постановил за решение научных задач, имеющих значение для развития теории и практики управле-

ния подвижными объектами при уклонении от обнаружения, присудить Лысенко П.В. ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 22 человек, из них 9 докторов наук по специальности 05.13.01, участвовавших в заседании, из 27 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение ученой степени – 22, против – нет.

Зам. директора по научной работе,
к.ф.-м.н.



Барабанов И.Н.

Председатель диссертационного
совета Д 002.226.02,
д.ф.-м.н.

Губко М.В.

Ученый секретарь
диссертационного совета Д 002.226.02,
к.ф.-м.н.

Мусатова Е.Г.

16 июня 2022 года