

## ОТЗЫВ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

на диссертационную работу Бузикова Максима Эмонайевича «Построение траектории наискорейшего перехвата движущейся цели», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.2 — «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Бузиков Максим Эмонайевич поступил в очную аспирантуру Физического факультета МГУ в сентябре 2019 года по направлению 09.06.01 «Информатика и вычислительная техника». Ранее в 2019 году он с отличием окончил Физический факультет МГУ по направлению 03.04.02 «Физика». В 2017 году Бузиков М.Э. поступил на работу в Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН на должность инженера-программиста, в настоящее время он занимает должность научного сотрудника института. За время работы и учебы в аспирантуре проявил себя как грамотный, инициативный, эрудированный, ответственный специалист, имеющий отличную математическую и общедисциплинарную подготовку. Ему свойственны такие качества, как высокая работоспособность, способность быстро, качественно и глубоко осваивать новый материал, производить широкий научный поиск с глубоким анализом предметной литературы. Без отрыва от основной работы он подготовил и представил к защите диссертационную работу. Работа выполнялась в рамках институтских планов научных работ лаборатории № 38 ИПУ им. Трапезникова РАН.

Представленная работа посвящена актуальному разделу математики и ее приложений по исследованию планирования и оптимизации траекторий подвижных объектов при перехвате движущейся цели. Это научное направление бурно развивается последние годы, что связано как с теоретическими исследованиями в области математической теории управления, так и с большим числом прикладных задач, требующих построения опорных траекторий для различных типов беспилотных и пилотируемых аппаратов. Бузиков М.Э. с огромным энтузиазмом принялся за исследования в этой достаточно сложной теме, поскольку она стоит на стыке различных разделов математики, и получил новые интересные теоретические результаты. В опубликованных им работах исследование задач построения оптимальных траекторий осуществляется как в рамках теории оптимального управления, так и теории многозначных отображений, с использованием современных методов и средств компьютерного моделирования. Ему удалось предложить эффективный численный метод для решения целого класса задач оптимального управления на быстродействие с изменяющимся во времени терминальным условием (движущейся целью). Также была показана оптимальность в своём классе предлагаемого алгоритма вычисления наименьшего времени перехвата.

С помощью описанных в работе конструкций в рамках диссертации было решено несколько конкретных и практически значимых задач перехвата, где динамика объекта управления была подчинена модели простых движений и модели Дубинса. Для этих динамических моделей были аналитически в явном виде построены все необходимые конструкции для работы алгоритма построения оптимальной траектории перехвата, такие как функция расстояния до проекции множества достижимости и функция универсального оценивания снизу для наименьшего времени перехвата. На основе этих конструкций был реализован комплекс проблемно-ориентированных программ для построения оптимальных траекторий перехвата и всех сопутствующих параметров. Несомненным плюсом

предложенных алгоритмов является гарантированная сходимость из заданного начального состояния. Помимо этого, в работе была предложена общая математическая модель, позволяющая учитывать требуемый конечный угол в задаче бокового перехвата машиной Дубинса, и в рамках этой модели была решена соответствующая задача перехвата. Одним из результатов работы Бузикова М.Э. являются описание барьерной поверхности в дифференциально игровой постановке задачи перехвата и разработанный на основе этого описания метод вычисления синтезирующих оптимальных управлений для игроков, который устойчив к ошибкам округления.

Основные материалы диссертации широко апробированы, опубликованы в 3 публикациях в журналах, из Q1-Q2 WoS/Scopus. Им представлены доклады на общероссийских конференциях. В частности, опубликованы тезисы докладов или полные версии докладов, сделанных на Мультиконференции по проблемам управления (2021, 2022, 2023), на научной конференции Управление большими системами (2023), на научной конференции «Ломоносовские чтения» (2022), на Всероссийской научной конференции МФТИ (2020).

В целом, работа является содержательной и выполнена на высоком научном уровне. Полученные результаты являются оригинальными, достоверными и имеют самостоятельную высокую научную ценность. Представленный материал хорошо структурирован и грамотно изложен. Результаты численного моделирования подтверждают теоретические выводы.

В настоящее время автор является сложившимся научным работником, способным ставить и самостоятельно решать сложные научные задачи. Им получены теоретические и практические результаты, совокупность которых можно характеризовать как решение научной задачи, имеющей значение для развития математических методов моделирования важной отрасли науки – оптимизации и планирование траекторий подвижных объектов. По мнению научного руководителя, диссертация Бузикова Максима Эмонаевича является завершённой научно-квалификационной работой, ее объем и содержание удовлетворяет требованиям Положения о присуждении научных степеней в Московском государственном университете им. М.В. Ломоносова, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Рекомендую присудить Бузикову Максиму Эмонаевичу ученую степень кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.2 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Научный руководитель,  
доктор технических наук,  
член-корреспондент РАН,  
главный научный сотрудник ИПУ им. В.А. Трапезникова РАН

А.А. Галяев

Адрес: 117997 г. Москва, Профсоюзная, 65  
ИПУ им. В.А. Трапезникова РАН  
Лаборатория №38 «Управление по неполным данным»,  
Тел. 7(985) 773-00-16; e-mail: galaev@ipu.ru

ПИСЬ

ИНЖЕНЕР

ДЕБ