

Отзыв научного консультанта

**о диссертации Успенского Александра Александровича
«Методы и алгоритмы построения негладких решений
краевых задач теории позиционных дифференциальных игр
и оптимального управления», представленной на соискание ученой
степени доктора физико-математических наук по специальности
«01.01.02 – дифференциальные уравнения, динамические системы
и оптимальное управление»**

Задачи оптимального управления и дифференциальные игры не относятся к числу задач, для построения решений которых достаточно аппарата и конструкций классического гладкого анализа. Решениям этих задач свойственна негладкость, что существенным образом затрудняет их построение как в аналитической, так и в аппроксимационной формах. В связи с этим разработка методов и алгоритмов конструирования решений задач этого класса является актуальной.

В диссертации исследуются динамические системы, формализуемые в виде обыкновенных дифференциальных уравнений с управляющими параметрами, а также изучаются краевые задачи Коши и Дирихле для уравнений в частных производных первого порядка и уравнений типа Гамильтона-Якоби, которые естественным образом возникают в теории позиционных дифференциальных игр и теории оптимального управления.

В первой главе изучается широкий класс замкнутых множеств в евклидовом пространстве, каждому из которых ставится в соответствие неотрицательное число α , имеющее смысл угловой величины. Величина α характеризует степень вогнутости множества, а само множество именуется α -множеством. Развивается теория α -множеств, представляющих несомненный интерес для негладкого анализа. Выявленные автором свойства α -множеств расширяют возможности использования невыпуклых множеств в приложениях.

Во второй главе демонстрируются возможности применения конструкций теории α -множеств в задачах управления по быстродействию, а также задачах геометрической оптики. Успенский А.А. создает теорию, а на ее основе предлагает методы и алгоритмы решения задач с нетривиальной геометрией краевых множеств. В плоском случае краевые множества могут быть невыпуклыми, иметь негладкую границу. Тем не менее созданный автором теоретический базис в виде совокупности теорем позволяет конструировать функцию оптимального результата (в задаче быстродействия) или обобщенный эйконал (в задаче геометрической оптики). В частных случаях построение этих функций осуществляется аналитическими методами, в общем случае используются методы, сочетающие аналитические и численные процедуры.

В третьей главе автор обосновывает сходимость разностных операторов, вывод которых был им осуществлен в рамках известных в теории позиционных дифференциальных игр конструкций. Операторы предназначены для построения на сетках функции цены дифференциальной игры сближения-уклонения «в момент». Надо сказать, что значение этих операторов не ограничивается рамками упомянутой теории. Эти операторы применимы для численных построений обобщенных решений уравнений типа Гамильтона-Якоби, а модификации этих операторов используются для построения аппроксимаций обобщенных (в минимаксном/вязкостном смысле) краевых задач Коши и Дирихле для различных классов уравнений в частных производных первого порядка.

В четвертой главе развивается подход к решению задачи конфликтного управления, при котором обеспечивается гарантия выведения движения управляемой системы не точно на цель, а в некоторую ее окрестность. Ослабление классической математически строгой игровой постановки задачи о сближении с целевым множеством выглядит привлекательно с инженерной точки зрения. Инженерный подход к решению сложных задач практики в

ряде случаев допускает отклонение формируемого решения от идеального решения с некоторой погрешностью. Здесь можно говорить о нацеленности исследований автора на сближение теории с потребностями приложений и практики. В рамках этой направленности работ А.А. Успенский предлагает использовать невыпуклые множества, имеющие сечения с гладкими границами. Автор доказывает утверждения, демонстрирующие допустимость их применения для построения решений игровых задач управления в случае ослабленных постановок.

Научная и исследовательская работа А.А. Успенского осуществляется в рамках концепций и методов научной школы Н.Н. Красовского. Александр Александрович принимал участие в реализации коллективных научных проектов, успешное выполнение которых требовало приложения многих компетенций. В зависимости от места и роли в проектах он справлялся с поставленными задачами и как исследователь, развивающий теорию, и как разработчик алгоритмов, и как программист-вычислитель. В диссертацию включены те результаты коллективных научных проектов, авторство которых принадлежит А.А. Успенскому.

Диссертация является результатом многолетней и плодотворной научной деятельности А.А. Успенского, проявившего себя настойчивым и квалифицированным исследователем, владеющим разнообразным арсеналом технических приемов изучения задач динамического управления, обобщенных решений уравнений в частных производных первого порядка и уравнений типа Гамильтона-Якоби.

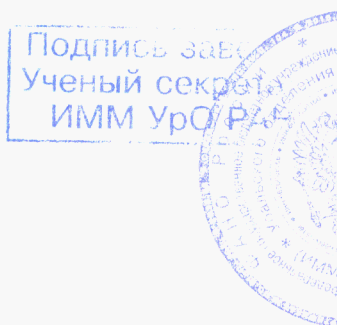
Результаты научной деятельности, вошедшие в диссертационную работу, докладывались автором на представительных отечественных и международных конференциях, на основных научных вузовских и академических площадках страны. Считаю, что диссертация Успенского А.А. «Методы и алгоритмы построения негладких решений краевых задач теории позиционных дифференциальных игр и оптимального управления»

классифицируется как научно-квалификационная работа, в которой автором получены теоретические результаты и на их основе разработаны методы решения актуальных задач теории управления, теории позиционных дифференциальных игр и теории минимаксных решений уравнений в частных производных первого порядка, совокупность которых оценивается как научное достижение. Диссертация «Методы и алгоритмы построения негладких решений краевых задач теории позиционных дифференциальных игр и оптимального управления» удовлетворяет всем требованиям ВАК, предъявляемым к докторским диссертациям по специальности «01.01.02 – дифференциальные уравнения, динамические системы и оптимальное управление», а ее автор Успенский Александр Александрович заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук.

Научный консультант
главный научный сотрудник
отдела динамических систем ИММ УрО РАН
член-корреспондент РАН . 23.01.2017г

сов

В.Н. Ушаков



Ульянов О.Н.