

Федеральное агентство научных организаций

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ ДИНАМИКИ СИСТЕМ И ТЕОРИИ УПРАВЛЕНИЯ
ИМЕНИ В.М. МАТРОСОВА
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

УДК 517.9

№ АААА-А17-117032210085-2

Инв. № 2017-1



УТВЕРЖДАЮ

Директор ИДСТУ СО РАН
академик

И.В. Бычков

« 29 » ноября 2017 г.

ОТЧЕТ


О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

то теме:

ЭВОЛЮЦИОННЫЕ УПРАВЛЯЕМЫЕ СИСТЕМЫ И СВЯЗАННЫЕ С НИМИ
ОПТИМИЗАЦИОННЫЕ ЗАДАЧИ

КОМПЛЕКСНОЙ ПРОГРАММЫ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ НАУЧНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РАН
№ П.2 ИНТЕГРАЦИЯ И РАЗВИТИЕ

Руководитель темы


подпись, дата

чл.-к. РАН А.А. Толстоногов

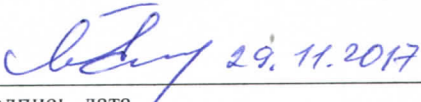
29.11.2017

Иркутск 2017

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

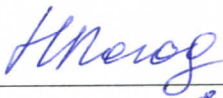
Руководитель темы:

Зам. директора,
чл.-к. РАН, д-р. физ.-мат. наук

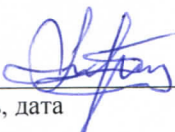

_____ Толстоногов А.А.
подпись, дата 29.11.2017

Исполнители темы:


Ст. науч. сотр.,
канд. физ.-мат. наук


_____ Погодаев Н.И.
подпись, дата 29.11.2017

Ст. науч. сотр.,
канд. физ.-мат. наук


_____ Тимошин С.А.
подпись, дата 29.11.2017

Гл. науч. сотр.,
д-р. физ.-мат. наук


_____ Финогенко И.А.
подпись, дата 29.11.2017

РЕФЕРАТ

Отчет 9 с., 1 ч., 5 источников.

Ключевые слова: \mathbb{R}^n -НО-НС ЛИПШИЦЕВОСТЬ, РЕЛАКСАЦИЯ, ГИСТЕРЕЗИС, ЗАПАЗДЫВАНИЕ, СТАБИЛИЗАЦИЯ, РАЗРЫВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ, ПРЕДЕЛЬНОЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЕ УРАВНЕНИЕ, НЕЛОКАЛЬНЫЕ ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ

В проекте будут рассматриваться задачи качественного анализа решений ряда классов управляемых систем и использование свойств множеств решений для изучения оптимизационных задач. Они включают в себя вопросы существования решений управляемых систем с невыпуклыми ограничениями на управление и аппроксимацию решений системы с овыпукленными ограничениями решениями исходной системы. Будет изучена сходимость минимизирующих последовательностей в задачах оптимального управления с невыпуклыми ограничениями на управление и с невыпуклыми по управлению интегрантами к решениям, которые существуют, задач оптимального управления с овыпукленными ограничениями на управление и с овыпукленным по управлению интегрантом. Это позволяет обосновать переход от невыпуклых задач оптимального управления к овыпукленным, для которых известны условия оптимальности и разработаны методы численного решения.

Будут рассмотрены вопросы развития управляемых систем общего вида. Они включают вопросы развития прямого метода Ляпунова для изучения устойчивости, притяжения и стабилизации неавтономных систем с разрывными нелинейностями и последствием в структуре обратной связи. Нелокальные законы сохранения возникают при описании движения больших скоплений людей и животных (crowd dynamics) и являются по сути динамическими системами в пространстве вероятностных мер. Естественным образом для таких уравнений возникают задачи управления. Изучение вопросов существования решений и нахождение условий оптимальности для задач минимизации на решениях этих систем является одной из задач данного проекта.

Проект соответствует:

- приоритетным направлениям развития науки, технологий и техники в РФ: Транспортные и космические системы.
- критическим технологиям РФ: Технологии информационных, управляющих, навигационных систем (13).

СОДЕРЖАНИЕ

СОДЕРЖАНИЕ	5
ЗАДАЧИ ПРОЕКТА	6
ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ	7
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	9
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	10

ЗАДАЧИ ПРОЕКТА

1) Исследовать дифференциальные включения в банаховом пространстве, значениями правой части которых являются замкнутые, невыпуклые, неограниченные множества без традиционных предположений липшицевости по фазовой переменной.

2) Исследовать гибридную управляемую систему, состоящую из обыкновенного дифференциального уравнения и эволюционного включения субдифференциального типа, моделирующую процессы с гистерезисом и запаздыванием.

3) Исследовать условия стабилизации неавтономных управляемых систем с разрывными позиционными управлениями. Изучить динамику систем, имеющих механическую природу, с двухуровневыми универсальными управлениями на принципе декомпозиции с неавтономными целевыми множествами.

4) Изучить задачи оптимального управления нелокальными законами сохранения с различными видами нелокальности. Для таких задач доказать теоремы существования оптимальных решений.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

1) Доказаны теоремы существования решений дифференциальных включений с невыпуклой, неограниченной правой частью и эволюционных включений субдифференциального типа с замкнутыми, неограниченными, невыпуклыми возмущениями. Вместо традиционного предположения липшицевости использовалось, введенное авторами проекта, понятие ρ -H липшицевости, которое является более естественным для таких задач. Установлены взаимосвязи между решениями дифференциальных включений с невыпуклой и выпуклой правыми частями, которые

состоят в аппроксимации решений овыпукленного дифференциального включения решениями исходного невыпуклого включения. Обычно такое свойство называют релаксацией. Подобные взаимосвязи между решениями были доказаны и для эволюционных включений с субдифференциальными операторами и неограниченными возмущениями.

2) Рассмотрена гибридная управляемая система, состоящая из обыкновенного дифференциального уравнения и эволюционного включения субдифференциального типа, используемая при моделировании процессов с гистерезисом и запаздыванием. Изучены два частных случая данной системы: упрощенная модель автомобильного термостата и модель автомобильного термостата, в которой охлаждающая способность радиатора зависит от окружающей температуры. Для данных систем доказано существование решений их единственность при фиксированном управлении, а также исследованы некоторые топологические свойства решений с различными ограничениями на управление, такие как релаксация и бэнг-бэнг принцип.

3) Разработан метод исследования устойчивости, притяжения и стабилизации неавтономных систем с разрывными нелинейностями и последствием в структуре обратной связи с учетом запаздывания. Исследовано асимптотическое поведение механической управляемой системы, представленной уравнениями Лагранжа второго рода, с сухим трением и с зависящими от времени коэффициентами трения и коэффициентами инерции.

4) Рассмотрен управляемый нелокальный закон сохранения, в котором нелокальная часть и часть, зависящая от управления разделены. Уравнения такого вида часто возникают при моделировании движения толпы, причем нелокальная часть описывает стремление индивидуумов избежать участков с высокой плотностью. Для задачи оптимального управления таким уравнением была доказана теорема существования решений в классе обобщенных управлений. Под обобщенными управле-

ниями здесь понимаются вероятностные меры на множестве классических (измеримых ограниченных) управлений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При выполнении работ были достигнуты все поставленные для данного этапа проекта научные цели и получены новые теоретические результаты, направленные на исследование динамических свойств и качественного поведения сложных нелинейных динамических систем. Полученные результаты соответствуют мировому уровню исследований как по постановкам задач, так и по содержанию результатов. Перечень научных публикаций в российских и международных журналах, индексируемых в Web of Science [1-3].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Толстоногов А.А. Существование и релаксация решений дифференциальных включений с неограниченной правой частью в банаховом пространстве // Сибирский математический журнал. 2017. Т.58, № 4. с. 937-953.
2. Timoshin S.A., Bang-bang control of a thermostat with nonconstant cooling power, ESAIM, Control Optim. Calc. Var. (принята в печать).
3. Финогенко И.А. Принцип инвариантности для неавтономных функционально-дифференциальных уравнений с разрывной правой частью // Доклады АН. 2017. Т. 477. № 5. С. 529-532.
4. Финогенко И.А. Метод предельных дифференциальных включений в задаче об устойчивости неавтономных систем // Труды XI международной Четаевской конференции «Аналитическая механика, устойчивость и управление». КНИТУ-КАИ, Казань 2017. Т.2. С. 212-222.
5. Pogodaev N. Numerical Algorithm for Optimal Control of Continuity Equations // Proceedings of The VIII International Conference Optimization and Applications (Petrovac, Montenegro, October 2-7, 2017). CEUR Workshop Proceedings. 2017. V. 1987. P. 467-474.