

**Аннотация по государственному контракту
№ П1115 от 02.06.2010, конкурс "НК-586П",
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
профессионального образования "Иркутский государственный университет",
руководитель доц. Аргучинцева М.А.**

Цель работы - развитие теории и методов оптимального управления объектами, описываемыми системами интегро-дифференциальных и гиперболических уравнений; получение неклассических условий оптимальности граничных и стартовых управлений в этих системах; исследование задач оптимизации в сложных системах, когда начально-краевые условия определяются из управляемых систем обыкновенных дифференциальных уравнений; построение новых итерационных методов улучшения допустимых гладких управлений; оценка эффективности методов путем проведения численных экспериментов для прикладных химико-технологических задач и задач теории оптимальных аэродинамических форм.

На *I этапе проекта* (январь-июнь 2010 г.) планировались следующие основные виды работ:

- 1) Составление аналитического обзора отечественных и зарубежных информационных источников за период 1999-2009 гг. по тематике заявляемой проблемы исследований.
- 2) Выбор и обоснование оптимального варианта направлений исследований; разработка на его основе плана проведения теоретических исследований по тематике проекта.
- 3) Получение необходимых условий оптимальности вариационного типа и разработка соответствующих численных алгоритмов в задаче оптимального управления системой полулинейных гиперболических уравнений при поточечных начально-краевых связях в классе ограниченных измеримых управлений.

Основные результаты I этапа проекта:

- Развернутый аналитический обзор информационных источников по тематике заявленных исследований.
- План проведения теоретических исследований по теме НИР проекта.

- Необходимые условия оптимальности вариационного типа и численные алгоритмы решения в задаче оптимального управления системой полулинейных гиперболических уравнений при поточечных начально-краевых связях в классе ограниченных измеримых управлений.

На **II этапе проекта** (июль-декабрь 2010 г.) планировались следующие основные виды работ:

- 1) Разработка общего подхода к исследованию и получение необходимых условий оптимальности для задач оптимального управления гиперболическими системами в классе гладких управляющих воздействий с поточечными начально-краевыми связями.
- 2) Разработка итерационного метода решения задач оптимального управления гиперболическими системами дифференциальных уравнений в случае гладких поточечных граничных управлений.
- 3) Представление научных результатов в виде докладов на международных и всероссийских конференциях.

Основные результаты II этапа проекта:

- Общий подход к исследованию и необходимые условия оптимальности в задачах оптимального управления гиперболическими системами с поточечными ограничениями на гладкое управление.
- Алгоритм численного метода решения задач оптимального управления гиперболическими системами дифференциальных уравнений в случае гладких поточечных граничных управлений.
- Публикации в трудах конференций.

На **III этапе проекта** (январь-июнь 2011 г.) планировались следующие основные виды работ:

- 1) Получение необходимых условий оптимальности для задач оптимального управления гиперболическими системами в классе гладких управлений при наличии интегральных ограничений.

- 2) Разработка численного метода решения задач оптимального управления гиперболическими системами дифференциальных уравнений в случае интегральных ограничений.
- 3) Разработка и реализация алгоритмов решения задач оптимального управления химическими процессами разделения смесей в ректификационной колонне.

Основные результаты III этапа проекта:

- Необходимые условия оптимальности для задач оптимального управления гиперболическими системами в классе гладких управлений при наличии интегральных ограничений.
- Алгоритм численного метода решения задач оптимального управления гиперболическими системами дифференциальных уравнений в случае интегральных ограничений.
- Алгоритмы решения задач оптимального управления процессами разделения смесей в ректификационной колонне.

На IV этапе проекта (июль-декабрь 2011 г.) планировались следующие основные виды работ:

- 1) Постановка и исследование задач оптимального аэродинамического проектирования летательных аппаратов с точки зрения теплообмена в виде неклассических вариационных с неаддитивными целевыми функционалами.
- 2) Разработка методов решения неклассических вариационных задач с неаддитивными целевыми функционалами при ограничениях различного типа (поточечных и интегральных).
- 3) Применение разработанных алгоритмов к задачам оптимального проектирования продольных и поперечных контуров тел, движущихся в атмосферах планет с гиперзвуковыми скоростями в условиях жесткого радиационно-конвективного теплообмена.
- 4) Подготовка статей для опубликования в журналах, рекомендованных Президиумом ВАК, представление докладов на научных конференциях.

Основные результаты IV этапа проекта:

- Общий подход к исследованию задач оптимального аэродинамического проектирования летательных аппаратов с точки зрения теплообмена в виде неклассических вариационных с неаддитивными целевыми функционалами.
- Методы исследования неклассических вариационных задач с неаддитивными целевыми функционалами.
- Оптимальные решения в задачах проектирования продольных и поперечных контуров тел, движущихся в атмосферах планет с гиперзвуковыми скоростями в условиях жесткого радиационно-конвективного теплообмена.
- Публикации в ведущих рецензируемых журналах.

На *V этапе проекта* (январь-июнь 2012 г.) планировались следующие основные виды работ:

- 1) Получение необходимых условий оптимальности и разработка численного метода исследования для задач оптимального управления интегро-дифференциальными системами в классе гладких граничных управлений.
- 2) Применение разработанных алгоритмов к решению задач об оптимальных начальных формах аблирующих тел, движущихся в атмосфере планеты в условиях жесткого конвективно-радиационного нагрева.

Основные результаты V этапа проекта:

- Необходимые условия и метод исследования для задач оптимального управления интегро-дифференциальными системами в классе гладких граничных управлений.
- Оптимальные решения в задачах о начальных формах аблирующих тел, движущихся в атмосфере планеты.

На *VI этапе проекта* (июль-декабрь 2012 г.) планировались следующие основные виды работ:

- 1) Проведение обобщения и оценки результатов исследований.
- 2) Разработка предложений по использованию результатов поисковой научно-исследовательской работы при создании научно-образовательных курсов.
- 3) Подготовка статей для опубликования в зарубежных журналах и журналах, рекомендованных Президиумом ВАК, представление докладов на научных конференциях.

Основные результаты VI этапа проекта:

- Обобщение и оценка результатов исследований.
- Предложения по использованию результатов НИР при создании научно-образовательных курсов Института математики, экономики и информатики Иркутского государственного университета.
- Публикации в ведущих рецензируемых журналах.

Методы исследований:

1) Методы исследования основаны на использовании неклассических формул приращения целевых функционалов; нестандартных вариаций, обеспечивающих гладкость допустимых управлений. В работе использован аппарат современного математического анализа и численных методов.

2) Основной упор делался на методы получения необходимых условий оптимальности вариационного типа, разрабатываемые основными исполнителями НИР. Данные методы позволяют доказывать необходимые условия оптимальности в задачах с распределенными параметрами через исследование специальных классов вспомогательных задач оптимального управления системами обыкновенных дифференциальных уравнений. Методы носят конструктивный характер, так как позволяют строить вычислительные процедуры, обладающие свойствами сходимости к выполнению соответствующих условий оптимальности. Применение данного подхода весьма эффективно для ряда систем дифференциальных уравнений гиперболического типа и интегро-дифференциальных уравнений, так как учитывает специфику данных уравнений (распространение возмущений вдоль характеристик и бихарактеристик) и позволяет получать условия оптимальности, значительно более сильные по сравнению с классическими (принцип максимума и градиентные).

3) Методы оптимального аэродинамического проектирования летательных аппаратов, известные как по работам ведущих специалистов в этой области, так и по

результатам, полученным участниками проекта. На их основе исследован ряд новых прикладных задач теории оптимальных аэродинамических форм

Инструментарий, использованный при выполнении работ:

- 1) научная литература, общий доступ к электронным информационным ресурсам;
- 2) персональные компьютеры (сервер DELL PowerEdge PE R900 с лицензионным программным обеспечением; ноутбук Toshiba Satellite1800-274; ноутбук Apple MB418RS/B; рабочая станция AMD Athlon-64; рабочая станция AMD Opteron UP 140), которые использовались для обработки информации, вычислительных экспериментов, отладки отдельных программных блоков.

Оценка полноты решения задач и достижения поставленных целей. Этапы проекта выполнены полностью и надлежащим образом, полученные результаты соответствуют требованиям задания.

Оценка эффективности полученных результатов в сравнении с современным научно-техническим уровнем. Научный уровень проведенных исследований высокий. Все результаты являются новыми, строго доказанными и не имеют аналогов в мировой практике. Предложенный подход является достаточно универсальным и может быть распространен на целый ряд прикладных задач оптимального управления гиперболическими и интегро-дифференциальными системами, а также неклассического вариационного исчисления.

Рекомендации по использованию результатов НИР при создании научно-образовательных курсов. Полученные результаты могут применяться в учебном процессе образовательных учреждений при чтении курсов лекций по различным разделам методов оптимизации; в научных организациях, занимающихся аэродинамическим проектированием летательных аппаратов, движущихся в атмосферах планет в условиях жесткого нагрева поверхности.