

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

экспертной комиссии диссертационного совета К 01.15.504 при Ошском государственном университете и институте природных ресурсов южного отделения Национальной академии наук Кыргызской Республики
по диссертации **Наметкуловой Райхан Жанузаковны** на тему
«**Нелинейное оптимальное управление тепловыми процессами, описываемыми фредгольмово интегро-дифференциальными уравнениями**», представленной на соискание ученой степени кандидата
физико-математических наук по специальности 01.01.02 –
«**Дифференциальные уравнения, динамические системы и оптимальное управление**»

Экспертная комиссия в составе: председателя А. Сопуева – д.ф.-м.н., проф. и членов комиссии К.С. Алыбаева – д.ф.-м.н., проф. А.Ж. Аширбаевой – д.ф.-м.н., доц., рассмотрев представленную соискателем Наметкуловой Райхан Жанузаковны кандидатскую диссертацию на тему «Нелинейное оптимальное управление тепловыми процессами, описываемыми фредгольмово интегро-дифференциальными уравнениями» по специальности 01.01.02 – «Дифференциальные уравнения, динамические системы и оптимальное управление» пришла к следующему заключению:

1. Соответствие работы специальности, по которой дано право диссертационному совету принимать диссертации к защите

Представленная Наметкуловой Райхан Жанузаковной кандидатская диссертация на тему «Нелинейное оптимальное управление тепловыми процессами, описываемыми фредгольмово интегро-дифференциальными уравнениями» соответствует профилю диссертационного совета.

В работе проводятся исследования задач, связанных с распределенным (или равномерно распределенным) управлением тепловыми процессами, описываемыми интегро-дифференциальными уравнениями в частных производных параболического типа, что отвечает паспорту специальности 01.01.02 – «Дифференциальные уравнения, динамические системы и оптимальное управление».

В диссертации исследованы управляемые тепловые процессы, описываемые фредгольмово интегро-дифференциальными уравнениями теплопроводности при условии, что управление нелинейно входит в правую часть уравнения. На множестве решений краевой задачи минимизируется квадратичный функционал. Изложен алгоритм построения полного решения нелинейной задачи оптимизации и его приближений. Доказана сходимость приближенных решений.

Рассматриваемая задача является новой в теории оптимального управления системами с распределенными параметрами, и полученные

результаты, которые могут быть использованы при разработке конструктивных методов решения нелинейных задач оптимизации процессов, описываемых фредгольмово или вольтеррово интегро-дифференциальными уравнениями параболического или гиперболического типов, также являются новыми.

Исследование было нацелено на установление достаточных условий однозначной разрешимости задачи нелинейной оптимизации теплового процесса в случае распределенного или равномерно распределенного управлений при минимизации квадратичного функционала.

Объектом исследования является управляемые тепловые процессы, описываемые фредгольмово интегро-дифференциальными уравнениями.

Предметом исследования является посредством распределенного или равномерно распределенного управления перевод теплового процесса из начального состояния в желаемое состояние за конечное время.

Требованиям к исследованию по специальности 01.01.02--«Дифференциальные уравнения, динамические системы и оптимальное управление» соответствует.

2. Актуальность темы диссертации

Множество примеров задач, математическая формализация которых приводит к интегро-дифференциальным уравнениям, приведены в работах А. И. Егорова и В. С. Владимирова. Однако, задачи управления мало исследованы.

Исследование разрешимости нелинейных задач оптимизации и разработка конструктивных методов их решения является одной из актуальных задач теории оптимального управления системами с распределенными параметрами.

При исследовании были рассмотрены задачи оптимизации тепловых процессов, описываемых фредгольмово интегро-дифференциальными уравнениями теплопроводности, где функция внешнего источника нелинейно зависит от распределенного (или равномерно распределенного) управления. Качество управления оценивается квадратичным функционалом.

На основании вышеизложенного можно заключить, что научное исследование, предпринятое соискателем, представляется весьма актуальным.

3. Научные результаты

В работе представлены следующие теоретические результаты, доказательство которых достаточно обосновано, которые в совокупности имеют немаловажное значение для развития теории оптимального управления системами с распределенными параметрами:

Результат 1. Установлено, что коэффициенты Фурье слабо обобщенного решения основной и сопряженной краевых задач определяются как решения линейных неоднородных интегральных уравнений Фредгольма II рода (Главы I, II);

Результат 2. Установлено, что интервалы сходимости рядов Неймана при построении слабо обобщенных решений основной и сопряженной

краевых задач, расширяются с увеличением номера $n=1,2,3,\dots$ коэффициентов Фурье и установлен интервал, где ряд Неймана сходится для любого номера n . При этом, отмечено, что расширение или сужение этого интервала зависит от свойств ядра $K(t, \tau)$ (Главы I, II);

Результат 3. Указаны классы функций внешнего влияния, где задачи нелинейной оптимизации с распределенным и равномерно распределенным управлениями имеют решения (Главы I, II);

Результат 4. Получены нелинейные интегральные уравнения оптимального распределенного и равномерно распределенного управлений, и исследована их однозначная разрешимость (Главы I, II);

Результат 5. Найдены достаточные условия существования и единственности решения задачи нелинейного оптимального управления тепловыми процессами, описываемыми фредгольмовыми интегродифференциальными уравнениями, при распределенном и равномерно распределенном управлениях, и построено полное решение задачи в виде тройки $(u(t), v(t, x), J(u))$ (Главы I, II);

Результат 6. Разработан алгоритм построения приближенного решения $(u_k(t), v_k(t, x), J(u_k))$ задачи нелинейной оптимизации и доказана их сходимость по управлению, по оптимальному процессу и по функционалу, как в случае распределенного, так и в случае равномерно распределенного управлений (Главы I, II).

4. Степень обоснованности и достоверности каждого результата (научного положения), выводов и заключения соискателя, сформулированных в диссертации

Все полученные результаты строго обоснованы, доказаны и апробированы на конференциях и семинарах.

5. Степень новизны каждого научного результата (положения), выводов и заключения соискателя, сформулированных в диссертации

Вышеперечисленные в пункте 4 результаты для рассматриваемой задачи получены впервые и являются новыми в теории оптимального управления системами с распределенными параметрами и характеризуются как дальнейшее развитие методов решений задач нелинейной оптимизации при распределенном (или равномерно распределенном) управлении.

6. Оценка внутреннего единства и направленности полученных результатов на решение соответствующей актуальной проблемы, теоретической и прикладной задачи

Диссертация на тему «Нелинейное оптимальное управление тепловыми процессами, описываемыми фредгольмово интегродифференциальными уравнениями» Наметкуловой Райхан Жанузаковны, посвященной исследованию задач нелинейной оптимизации тепловых процессов при распределенном или равномерно распределенном управлении, представляет собой законченное исследование задачи, которая является актуальной в теории оптимального управления. Результаты, выносимые диссертантом на защиту, обоснованы и продемонстрированы на

модельном примере. Полученные результаты взаимосвязаны, практические рекомендации построены на выверенных теоретических положениях.

Диссертация содержит ряд новых научных результатов, которые могут быть использованы в приложениях и создают предпосылки для развития конструктивных методов исследования нелинейной задачи в теории оптимального управления.

7. Практическая значимость полученных результатов.

Разработанный алгоритм построения приближенного решения задачи нелинейной оптимизации при нелинейном распределенном или равномерно распределенном управлении может быть использован на практике. Полученные теоретические выводы представляют интерес в теории оптимального управления системами с распределенными параметрами, ибо они могут быть использованы для развития методов исследования и при разработке конструктивных методов решения нелинейных задач оптимизации.

Научные результаты, полученные в кандидатской диссертации Наметкуловой Райхан Жанузаковны, были реализованы при чтении специальных курсов по теории оптимального управления для студентов ВУЗов, при написании научных статей, монографий и учебно-методических разработок и т.д.

8. Подтверждение опубликования основных положений, результатов и выводов диссертации

Основные результаты и выводы диссертации опубликованы в следующих научных журналах:

1. **Наметкулова Р.Ж.** Приближенное решение задачи нелинейной оптимизации теплового процесса, описываемого фредгольмово интегро-дифференциальным уравнением [Текст]/ Р.Ж. Наметкулова // Журнал «Вестник КРСУ», –2013, Т.13, №7. – С. 23-27.
2. **Наметкулова Р.Ж.** Обобщенное решение краевой задачи управляемого теплового процесса, описываемого фредгольмово интегро-дифференциальным уравнением [Текст] / А.Керимбеков, А.К. Кадирибетова, Р.Ж. Наметкулова // Механика и моделирование процессов технологии.– 2013, №2. – С. 80-86.
3. **Наметкулова Р.Ж.** Решение задачи нелинейной оптимизации тепловых процессов, описываемых фредгольмово интегро-дифференциальными уравнениями. [Текст]/ А. Керимбеков, А.К. Кадирибетова, Р.Ж. Наметкулова // Тезисы 2-й международной конференции «Актуальные проблемы теории управления, топологии и операторных уравнений», –2013. – С. 50.
4. **Наметкулова Р.Ж.** Решение задачи нелинейной оптимизации теплового процесса, описываемого интегро-дифференциальным уравнением Фредгольма [Текст]/ А. Керимбеков, Р.Ж. Наметкулова // Журнал «Вестник КРСУ», –2014, Т.14, №1. – С. 166-172.

5. **Наметкулова Р.Ж.** Оптимальное распределенное управление тепловыми процессами, описываемыми фредгольмово интегро-дифференциальными уравнениями и приближенные решения краевых задач [Текст]/ А. Керимбеков, Р.Ж. Наметкулова // Исслед. по интегро-дифференц. уравнениям, – Бишкек: Илим, 2014. - Вып. 46. – С. 14-20.
6. **Nametkulova R.** On the solvability of the problem of the optimal control of thermal processes described by the Fredholm integro-differential equations [Текст]/ А. Kerimbekov, R. Nametkulova // Abstract book of second ICAAM. Kazakstan, Shymkent, 11-13 September, 2014. – P. 117.
7. **Наметкулова Р.Ж.** О разрешимости одного класса нелинейных интегральных уравнений [Текст] / Р.Ж. Наметкулова // Механика и технологии.– 2015, №2. – С. 42-47.
8. **Наметкулова Р.Ж.** О разрешимости нелинейного интегрального уравнения в задаче распределенного управления тепловым процессом, описываемым фредгольмово интегро-дифференциальным уравнением [Текст]/ А. Керимбеков, Р.Ж. Наметкулова // Журнал «Вестник КРСУ», –2015, Т.15, №5. – С. 80-82.
9. **Наметкулова Р.Ж.** Приближенное решение задачи распределенного управления тепловыми процессами, описываемыми фредгольмово интегро-дифференциальными уравнениями [Текст]/ Р.Ж. Наметкулова // Журнал «Вестник КРСУ», –2015, Т.15, №5. – С. 88-90.
10. **Наметкулова Р.Ж.** Условия оптимальности в задаче управления тепловыми процессами с интегро-дифференциальным уравнением [Текст]/ А. Керимбеков, А.К. Кадирибетова, Р.Ж. Наметкулова // Известия ИГУ, –2016, Т.15, сер. «Математика» – С. 50-61.
11. **Наметкулова Р.Ж.** Приближенное решение задачи распределенного и граничного управления тепловым процессом [Текст] / А. Керимбеков, А.К. Кадирибетова, Р.Ж. Наметкулова // Известия ИГУ, –2016, Т.16, сер. «Математика» – С. 71-88.
12. **Nametkulova R.** On the solvability of a nonlinear optimization problem for thermal processes described by Fredholm integro-differential equations with external and boundary controls [Текст] / А. Kerimbekov, E. Abdyl daeva, R. Nametkulova, A. Kadirimbetova // Applied Mathematics & Information Sciences, An International Journal - 2016, Vol. 10, No. 1, P. 215-223.

9. Соответствие автореферата содержанию диссертации

Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации, поставленным в ней целям и задачам исследования. Автореферат имеет идентичное резюме на кыргызском и английском языках.

10. Обоснованность предложения о назначении ведущей организации, официальных оппонентов

Комиссия диссертационного совета предлагает по кандидатской диссертации назначить:

– в качестве ведущей организации Кыргызский технический университет им. И. Раззакова, Кыргызстан, где работают доктора физико-математических наук по специальности 01.01.02– «Дифференциальные уравнения, динамические системы и оптимальное управление».

– первым официальным оппонентом – профессора, доктора физико-математических наук, чл.корр. НАН КР Алымкулова Келдибая, (по автореферату специальность - 01.01.02 – «Дифференциальные уравнения, динамические системы и оптимальное управление»), который имеет труды, близкие к проблеме исследования:

1) Alymkulov K. and Tursunov D.A. A Method for Constructing Asymptotic Expansions of Bisingularly Perturbed Problems. Russian Mathematics, 2016, Vol. 60, No. 12, pp. 1-8. Allerton Press, Inc. (Scopus, Web of Science, SNIP 0.776);

2) Алымкулов К., Азимов Б.А., Турсунов Д.А. Асимптотика решения бисингулярной задачи Коула со слабой особенностью // Приволжский научный вестник № 8 (60). 2016. – С. 5-7 (РИНЦ, Импакт фактор 0,239);

3) Алымкулов К., Турсунов Д.А., Кожобеков К.Г. Обобщенный метод пограничных функций для бисингулярной задачи на бесконечной прямой // Приволжский научный вестник № 8 (60). 2016. – С. 8-12 (РИНЦ, Импакт фактор 0,239);

4) Алымкулов К., Турсунов Д.А., Кожобеков К.Г. Обобщенный метод пограничных функций для систем обыкновенных дифференциальных уравнений с точкой поворота // «Информационные технологии и математическое моделирование в науке, технике и образовании», межд.конф. посвящ. 75 летию академика А.Жайнакова 2016. – С. 13-16(РИНЦ);

– вторым официальным оппонентом – кандидата физико-математических наук, доцента Алишера Абдуллу (по автореферату специальность - 01.01.02 – «Дифференциальные уравнения, динамические системы и оптимальное управление»), который имеет труды, близкие к проблеме исследования:

1) Алишеров А. Моделирование движения заряженных частиц в ускоряющих и фокусирующих структурах. Проблемы автоматики и управления №1. Научно-технический журнал //НАН КР Бишкек, 2012. – С. 66-71;


2) Алишеров А. Управление пучком заряженных частиц. //Вестник КГУСТА им. Н. Исанова №3(45, 2 том). – Бишкек, 2014. – С. 117-121;

3) Алишеров А., Токтобай кызы Касиет. Моделирование динамики пучков в продольном магнитном поле. Информационные технологии в Азии: состояние, проблемы и перспективы ИТРА-2014 // Вестник КГУСТА. – Бишкек, 2014 – С. 101-105;

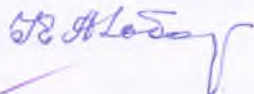
4) Алишеров А., Токтобай кызы Касиет. Моделирование динамики линейном ускорителе с трубками дрейфа с учетом сил объемного заряда. Информационные технологии в Азии: состояние, проблемы и перспективы ИТРА-2014 // Вестник КГУСТА. – Бишкек, 2014 – С.106-110.

Экспертная комиссия диссертационного совета, рассмотрев представленные документы, рекомендует диссертационному совету К 01.15.504 при Ошском Государственном университете и институте природных ресурсов южного отделения Национальной академии наук Кыргызской Республики принять диссертацию Наметкуловой Райхан Жанузаковны тему «Нелинейное оптимальное управление тепловыми процессами, описываемыми фредгольмово интегро-дифференциальными уравнениями» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.01.02– «Дифференциальные уравнения, динамические системы и оптимальное управление».

Председатель экспертной комиссии,
д.ф.-м.н., профессор

 Сопуев А.

Члены экспертной комиссии:
д.ф.-м.н., профессор

 Алыбаев К.С.

д.ф.-м.н., доцент

 Аширбаева А.Ж.

Подписи членов комиссии заверяю:

Ученый секретарь
диссертационного совета
к.ф.-м. н., доцент



 Бекешов Т.О.

15.10.16.