

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

**экспертной комиссии диссертационного совета Д 01.15.513
при институте теоретической и прикладной математики
Национальной академии наук Кыргызской Республики и Кыргызском
Национальном университете им. Ж.Баласагына по диссертации
Сейдакмат кызы Эркеаим на тему «Нелинейное оптимальное граничное
управление тепловыми процессами, описываемыми вольтеррово
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 диссертационного совета в составе:
председателя Какишова К. – д.ф.-м.н., профессора, и членов комиссии
Асанова А. – д.ф.-м.н., профессора; Жусупбаева А. – д.ф.-м.н., с.н.с.,
рассмотрев представленную соискателем Сейдакмат кызы Эркеаим
диссертацию на тему «Нелинейное оптимальное граничное управление
тепловыми процессами, описываемыми вольтеррово интегро-
дифференциальными уравнениями» на соискание ученой степени кандидата
физико-математических наук 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 Сейдакмат кызы Эркеаим кандидатская диссертация
на тему «Нелинейное оптимальное граничное управление тепловыми
процессами, описываемыми вольтеррово интегро-дифференциальными
уравнениями» соответствует профилю диссертационного совета.

В работе проводится исследование задачи, связанной с граничным
управлением тепловым процессом, описываемым интегро-
дифференциальным уравнением в частных производных, что в полной мере
отвечает паспорту специальности 01.01.02 – «Дифференциальные уравнения,
динамические системы и оптимальное управление».

В диссертации исследованы задач нелинейной оптимизации теплового
процесса, где управляемый процесс описывается вольтеррово интегро-
дифференциальным уравнением и граничные условия являются нелинейной
функцией от управляющих параметров. Критериями качества управляемого

процесса служит квадратичный (относительно управления) интегральный функционал.

При этом поставлена цель: найти достаточные условия разрешимости задачи нелинейной оптимизации теплового процесса, описываемые вольтеррово интегро-дифференциальным уравнением, в случае минимизации квадратичного функционала как для управления с одного конца, так и для управления с двух концов; разработать алгоритм построения приближенного решения и доказать его сходимости задачи нелинейной оптимизации тепловых процессов, описываемые вольтеррово интегро-дифференциальным уравнением, при нелинейных граничных скалярных и векторных управлениях.

Объектом исследования является оптимальное граничное управление тепловыми процессами.

Предметом исследования является перевод теплового процесса из начального состояния в желаемое состояние за конечное время посредством граничных управлений.

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

2. Актуальность темы диссертации

Математическая формализация некоторых прикладных задач приводят к задачам управления системами с распределенными, описываемыми интегро-дифференциальными уравнениями с частными производными. Однако, несмотря на обилие исследований по теории управления, задачи управления процессами, описываемыми интегро-дифференциальными уравнениями мало изучены.

Исследование разрешимости нелинейных задач оптимизации, когда процесс описывается вольтеррово интегро-дифференциальным уравнением при нелинейном граничном управлении и разработка конструктивных методов их решений является одной из актуальных проблем теории оптимального управления систем с распределенными параметрами.

На основании выше изложенного можно заключить, что научное исследование, предпринятое соискателем, представляется весьма актуальным и своевременным.

3. Научные результаты

В работе представлены следующие новые научно обоснованные теоретические результаты, совокупность которых имеет немаловажное значение для развития теории оптимального управления систем с распределенными параметрами, одного из разделов математической науки:

Результат 1. Построено слабо обобщенное решение краевой задачи управляемого процесса в случае, когда процесс описывается вольтеррово интегро-дифференциальным уравнением с нелинейным граничным управлением, как в случае скалярного, так и в случае векторного управлений (главы II – III, Раздел 1);

Результат 2. Получены нелинейные интегральные уравнения оптимального распределенного и равномерно распределенного управлений, и исследована их однозначная разрешимость (главы II – III, Раздел 2);

Результат 3. Найдены достаточные условия разрешимости задачи нелинейной оптимизации, описываемыми вольтеррово интегро-дифференциальными уравнениями с нелинейным граничным управлением, как в случае скалярного, так и в случае векторного управлений (главы II – III, Раздел 3);

Результат 4. Разработан алгоритм построения приближенного решения задачи нелинейной оптимизации, описываемыми вольтеррово интегро-дифференциальными уравнениями (для управления с одного конца, а также для векторного управления с двух концов) и доказана их сходимости к точному решению (главы II – III, Раздел 4).

Результат 5. Доказана сходимости по резольвенте приближений полученных слабо обобщенных решений краевых задач (главы II – III, Раздел 4);

Результат 6. Рассмотрен численный пример, подтверждающий теоретические выводы.

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

Все результаты являются новыми.

Результат 1. Исследование проведено с использованием понятия «слабо обобщенного решения краевой задачи управляемого процесса» в случае граничного управления;

Результат 2. Относительно оптимального управления, получено нелинейное интегральное уравнение специфического вида, с дополнительным условием в виде дифференциального неравенства;

Результат 3. Относительно векторного оптимального управления, установлено, что его следует находить как решение системы нелинейных

интегральных уравнений и это решение должен удовлетворять дополнительным условиям в виде дифференциальных неравенств;

Результат 4. Установлено, что следует различать 3 вида приближенных решений;

Результат 5. Разработан алгоритм построения приближенного решения сколь угодно точности задачи нелинейной оптимизации, описываемыми вольтеррово интегро-дифференциальными уравнениями с граничными управлениями, как в случае скалярного, так и в случае векторного управлений;

Результат 6. Приведена численная реализация конкретного примера, подтверждающая теоретические выводы;

Полученные результаты являются новыми и характеризуются как дальнейшее развитие методов решений задач нелинейной оптимизации, описываемыми интегро-дифференциальными уравнениями.

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

Диссертация на тему «Нелинейное оптимальное граничное управление тепловыми процессами, описываемыми вольтеррово интегро-дифференциальными уравнениями» Сейдакмат кызы Эркеаим, посвященной исследованию задач нелинейной оптимизации тепловых процессов, описываемыми вольтеррово интегро-дифференциальными уравнениями при наличии граничных управлений, представляет собой законченное исследование задачи, которая является актуальной в теории оптимального управления. Результаты, выносимые диссертантом на защиту, обоснованы и продемонстрированы на модельных примерах. 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.

Полученные результаты являются значимыми в теории оптимального управления системами с распределенными параметрами. Разработанный метод решения задачи нелинейной оптимизации тепловых процессов при наличии граничного управления является конструктивным и может быть использован при решении прикладных и производственных задач, связанных

с процессом теплопроводности (переноса частиц, ядерные реакторы, различные диффузионные процессы и т.д.).

Полученные результаты носят теоретический характер и их можно использовать для развития качественных методов исследования и при разработке конструктивных методов решения задач нелинейной оптимизации системами с распределенными параметрами.

Научные результаты, полученные в кандидатской диссертации Сейдакмат кызы Эркеаим были реализованы при чтении специальных курсов по теории оптимального управления для студентов ВУЗов, при написании научных статей, докладов 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. **Сейдакмат кызы Э.** Обобщенное решение краевой задачи управляемого теплового процесса, описываемого вольтеррово интегро-дифференциальным уравнением [Текст]/ А. Керимбеков, Б.Ж. Кулбаева, Э. Сейдакмат кызы // Журнал «Вестник ОшГУ», №1. – Ош, 2013. – С. 163-168. (статья)
2. **Сейдакмат кызы Э.** Решение задачи нелинейной оптимизации тепловых процессов, описываемых вольтеррово интегро-дифференциальными уравнениями [Текст]/ А. Керимбеков, Б.Ж. Кулбаева, Э. Сейдакмат кызы // Тезисы 2-й международной конференции «Актуальные проблемы теории управления, топологии и операторных уравнений», – Бишкек, 2013. – С. 49.
3. **Сейдакмат кызы Э.** Условия оптимальности в задаче граничного управления тепловыми процессами, описываемыми вольтеррово интегро-дифференциальными уравнениями [Текст]/ А. Керимбеков, Э. Сейдакмат кызы // Материалы 2-й международной конференции «Актуальные проблемы теории управления, топологии и операторных уравнений», Т. 1. – Бишкек, 2013. – С. 61-66. (статья)
4. **Сейдакмат кызы Э.** Решение задачи граничного управления тепловыми процессами, описываемыми вольтеррово интегро-дифференциальными уравнениями [Текст]/ Э. Сейдакмат кызы // Материалы 2-й международной конференции «Актуальные проблемы теории управления, топологии и операторных уравнений», Т. 1. – Бишкек, 2013. – С. 76-81. (статья)

5. **Сейдакмат кызы Э.** Вывод системы нелинейных интегральных уравнений в задаче граничного векторного управления тепловыми процессами, описываемыми интегро-дифференциальными уравнениями [Текст]/ Э. Сейдакмат кызы // Вестник КГУ им. И. Арабаева, №3. – Бишкек, 2014. – С. 292-297. (статья)
6. **Сейдакмат кызы Э.** Решение задачи граничного векторного управления тепловыми процессам, описываемыми вольтеррово интегро-дифференциальными уравнениями [Текст]/ А. Керимбеков, Э. Сейдакмат кызы // Журнал «Вестник КРСУ», Т.14, №12. – Бишкек, 2014. – С. 67-73. (статья, РИНЦ)
7. **Сейдакмат кызы Э.** Приближенное решение задачи граничного векторного управления тепловыми процессам, описываемыми вольтеррово интегро-дифференциальными уравнениями [Текст]/ Э. Сейдакмат кызы // Журнал «Вестник КРСУ», Т.14, №12. – Бишкек, 2014. – С. 80-86. (статья, РИНЦ)
8. **Сейдакмат кызы Э.** О разрешимости задачи нелинейной оптимизации тепловых процессов, описываемых вольтеррово интегро-дифференциальными уравнениями [Текст]/ А. Керимбеков, Э. Сейдакмат кызы // Вестник Актюбинского регионального государственного университета имени К.Жубанова, №4(38). – Актобе, 2014. – С. 13-21. (статья)
9. **Seidakmat kyzy E.** Boundary control of thermal processes described by Volterra integro-differential equations [Текст]/ A. Kerimbekov, E. Seidakmat kyzy // Abstracts of V Congress of the Turkic World Mathematicians. – Bishkek, 2014. – P. 277.
10. **Seidakmat kyzy E.** On the solvability of the problem of the optimal boundary control of thermal processes described by the Volterra integro-differential equations [Текст]/ A. Kerimbekov, E. Seidakmat kyzy // Abstract book of second ICAAM. – Shymkent, 2014. – P. 115.
11. **Seidakmat kyzy E.** Approximate solution of the boundary control problem of thermal processes described by Volterra integro-differential equations [Текст]/ A. Kerimbekov, E. Seidakmat kyzy // Proceedings of V Congress of the Turkic World Mathematicians. – Bishkek, 2014. – P. 213-218. (статья)
12. **Сейдакмат кызы Э.** Условие оптимальности в задаче граничного управления тепловыми процессами, описываемыми вольтеррово интегро-дифференциальными уравнениями [Текст]/ А. Керимбеков, Э. Сейдакмат кызы // Материалы международной научно-практической конференции «Информационные технологии: Инновации в науке и

- образовании». Актобе: - Издательство АРГУ им. К.Жубанова, 2015. –С. 193-197. (статья)
13. **Seidakmat kyzy E.** Vector control of thermal processes described by Volterra integro-differential equations [Текст]/ А. Kerimbekov, E. Seidakmat kyzy // Abstracts of the Issyk-Kul International Mathematical Forum (Kyrgyzstan, Bozteri, June 24-27, 2015). Bishkek: Mathematical Society of Kyrgyz, 2015. – 63 p.
 14. **Сейдакмат кызы Э.** О разрешимости задачи граничного векторного управления тепловыми процессами, описываемыми вольтеррово интегро-дифференциальными уравнениями [Текст]/ А. Керимбеков, Э. Сейдакмат кызы // Журнал «Вестник КРСУ». Бишкек: - Издательство КРСУ, 2015, Т.15, №9. -С. 28-32. ((статья, РИНЦ)
 15. **Сейдакмат кызы Э.** Приближенное решение задачи граничного управления тепловыми процессами, описываемыми вольтеррово интегро-дифференциальными уравнениями [Текст]/ Э. Сейдакмат кызы // Журнал «Вестник КРСУ». Бишкек: - Издательство КРСУ, 2015, Т.15, №9. -С. 33-37. (статья, РИНЦ)
 16. **Seidakmat kyzy E.** The solution of nonlinear optimization problem for thermal processes with vector control [Текст]/ А. Kerimbekov, E. Seidakmat kyzy // The abstract book of the International Conference on Advancements in Mathematical Sciences (Antalya, Turkey, November 5-7, 2015), 2015. – 199 p.
 17. **Сейдакмат кызы Э.** Вывод уравнения векторного оптимального управления в задаче нелинейной оптимизации тепловых процессов [Текст]/ А. Керимбеков, Э. Сейдакмат кызы // Доклады АН РТ. Душанбе: - Издательство АН РТ, 2015, Т.58. -С. 570-576. (статья, РИНЦ)
 18. **Сейдакмат кызы Э.** Решение задачи нелинейной оптимизации тепловых процессов, описываемых вольтеррово интегро-дифференциальными уравнениями [Текст]/ Э. Сейдакмат кызы // Известия АН РТ. Душанбе: - Издательство АН РТ, 2015, №3 (160). -С. 31-38. (статья, РИНЦ)

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 Евразийский Национальный университет им. Л.Н. Гумилева, г. Астана, 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. Возмущенные дифференциальные уравнения с особыми точками и некоторые проблемы бифуркационных задач. Бишкек, "Илим", 1992.
2. (совм. Зулпукаров А.З.) Равномерная асимптотика решения краевой задачи для второго порядка сингулярно возмущенного уравнения со слабой особенностью. // Доклады АН КР, № 5, 2004. - С. 583-586.

– вторым официальным оппонентом – профессора, доктора физико-математических наук, Джураева Абубакира Мухтаровича, (по автореферату специальность - 01.01.02 – «Дифференциальные уравнения, динамические системы и оптимальное управление»), который имеет труды, близкие к проблеме исследования:

1. Существование и единственность решения краевой задачи для сингулярно-возмущенного обыкновенного дифференциального уравнения с кратным спектром // Вестник Ошского государственного университета. Специальный выпуск. Естественные науки. Часть 2. – Ош: ОшГУ, 2008. - С. 179-182.
2. Краевые задачи для систем сингулярно–возмущенных дифференциальных уравнений с кратным спектром // Известия Челябинского научного центра. Выпуск 3. – Челябинск: ЧелНЦ, 2005. - С. 7-12.

Экспертная комиссия диссертационного совета, рассмотрев представленные документы, рекомендует диссертационному совету Д 01.15.513 при институте теоретической и прикладной математики Национальной академии наук Кыргызской Республики и Кыргызского Национального университета им. Ж.Баласагына принять диссертацию Сейдакмата кызы Эркеаим на тему «Нелинейное оптимальное граничное

управление тепловыми процессами, описываемыми вольтеррово 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

Какишов К.

Члены экспертной комиссии:

д.ф.-м.н., профессор

Асанов А.

д.ф.-м.н., с.н.с.

Жусупбаев А.

7 декабря 2016 года

Подписи членов комиссии заверяю:

Ученый секретарь
диссертационного совета
д.ф.-м. н.

Искандаров С.