

## Краткая информация о проекте

Наименование	№ АР09058457 «Разработка методов исследования и решения краевых задач для нагруженных гиперболических уравнений и их численная реализация»
Актуальность	Проект направлен на исследование краевых задач для нагруженных гиперболических уравнений, где точка нагрузки ставятся по пространственной переменной. Нагруженные уравнения гиперболического типа применяются в задачах биологии, химии, агросистемах и др. Задачи для нагруженных гиперболических уравнений приобрели особую актуальность в связи с изучением устойчивости вибраций крыльев самолета, нагруженного массами, и при расчете собственных колебаний антенн, нагруженных сосредоточенными емкостями и самоиндукциями. Несмотря на большое количество работ, посвященных исследованию и решению краевых задач для нагруженных дифференциальных, интегродифференциальных и гиперболических уравнений, многие вопросы, связанные с разрешимостью краевых задач для линейных нагруженных гиперболических уравнений, для нелинейных нагруженных гиперболических уравнений со смешанными производными, где точки нагрузки ставятся по пространственной переменной остаются нерешенными, нет методы, которые дают построить численно-аналитическое решение.
Цель	Целями проекта являются:  - разработать конструктивные методы исследования и решения краевых задач для линейных и нелинейных нагруженных гиперболических уравнений со смешанными производными, где точки нагрузки ставятся по пространственной переменной и установить условия их разрешимости;  - разработать численно - аналитические методы решения краевых задач для нагруженных гиперболических уравнений и систем с точками нагрузками по пространственной переменной.
Задачи	1. Исследовать краевую задачу для линейного нагруженного гиперболического уравнения: 1.1 Получение необходимые и достаточные условия корректной разрешимости краевой задачи для линейных нагруженных гиперболических уравнений, где точки нагрузки ставятся по пространственной переменной. 1.2 Разработка численных и приближенного метода решения линейных краевых задач для нагруженных гиперболических уравнений, где точки нагрузки ставятся по пространственной переменной, на основе метода модификации ломаных Эйлера. Установление свойств новых общих решений; Получение условия разрешимости.

	<p>1.3 Реализация построенных численных алгоритмов для краевых задач линейных нагруженных гиперболических уравнений на языках программирования C++ и Python.</p> <p>2. Исследовать краевую задачу для систем линейных нагруженных гиперболического уравнения:</p> <p>2.1 Построение нового общего решения для линейного обыкновенного нагруженного дифференциального уравнения и установление его свойств.</p> <p>2.2 Разработка численных и приближенного метода решения линейных краевых задач для систем нагруженных гиперболических уравнений, где точки нагрузки ставятся по пространственной переменной, на основе метода модификации ломаных Эйлера и установление условий его сходимости.</p> <p>2.3 Реализация построенных численных алгоритмов на языках программирования C++ и Python.</p> <p>3. Исследовать краевую задачу для нелинейного нагруженного гиперболического уравнения:</p> <p>3.1 Получение достаточные условия существования изолированного решения краевой задачи для нелинейного нагруженного гиперболического уравнения, где точки нагрузки ставятся по пространственной переменной.</p> <p>3.2 Решение семейство краевых задач для нелинейных нагруженных гиперболических уравнений на основе метода параметризации и получение их условие разрешимости.</p> <p>3.3 Разработка численного и приближенного методов решения нелокальной краевых задач для нелинейных нагруженных гиперболических уравнений со смешанными производными, где точки нагрузки ставятся по пространственной переменной, основанных на модификации метода ломаных Эйлера и методов решения нелинейных краевых задач для нелинейных обыкновенных нагруженных дифференциальных уравнений и установить условия их разрешимости.</p>
<p>Ожидаемые и достигнутые результаты</p>	<p>В настоящем проекте будут изучены краевые задачи для линейного, нелинейного нагруженного гиперболического уравнения и для линейных систем нагруженных гиперболических уравнений и их численная реализации. Ожидаемые результаты совпадают с задачами проекта.</p> <p>Получены нижеследующие результаты:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- получены необходимые и достаточные условия корректной разрешимости краевой задачи для линейных нагруженных гиперболических уравнений, где точки нагрузки ставятся по пространственной переменной;</li> <li>- разработан численный и приближенный метод решения линейных краевых задач для нагруженных гиперболических уравнений на основе метода модификации ломаных Эйлера, установлены свойства новых общих решений и получены условия разрешимости;</li> <li>- реализованы алгоритмы решения краевых задач линейных нагруженных гиперболических уравнений;</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- построены общее решения для линейного обыкновенного нагруженного дифференциального уравнения и установлены его свойства;</li> <li>- разработаны численные методы решения линейных краевых задач для систем нагруженных гиперболических уравнений и установлены условия его сходимости и реализованы построенные численные алгоритмы;</li> <li>- получены достаточные условия существования изолированного решения краевой задачи для нелинейного нагруженного гиперболического уравнения;</li> <li>- разработан метод решения семейство краевых задач для нелинейных нагруженных гиперболических уравнений и будут получены условия их разрешимости;</li> <li>- разработан численно приближенный метод решения краевых задач нелинейных нагруженных гиперболических уравнений со смешанными производными;</li> <li>- разработан метод решения нелинейных краевых задач для нелинейных обыкновенных нагруженных дифференциальных уравнений и установлены условия их разрешимости.</li> </ul>
<p>Имена и фамилии членов исследовательской группы с их идентификаторами (Scopus Author ID, Researcher ID, ORCID, при наличии) и ссылками на соответствующие профили</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Кабдрахова Сымбат Сейсенбековна, кандидат физико-математических наук, Индекс Хирша – 3, Researcher ID 0000-0003-0247, ORCID: 0000-0003-0247-5985, Scopus author ID: 56747919300.</li> <li>2. Кадирбаева Жазира Муратбековна, кандидат физико-математических наук, Индекс Хирша – 8; Researcher ID : AAN-7014-2020, ORCID: 0000-0001-8861-4100, Scopus Author ID: 57195808858.</li> <li>3. Мынбаева Сандугаш Табылдиевна, PhD, Индекс Хирша – 4; Researcher ID : AAN-7014-2020, ORCID: 0000-0001-6266-9357, Scopus Author ID: 57211938645.</li> <li>4. Токмурзин Жанибек Сырлыбаевич, PhD, Индекс Хирша – 2; Researcher ID : AAN-7014-2020, ORCID: 0000-0002 -3738-5923, Scopus Author ID: 57218369903.</li> <li>5. Асан Жанеля Жеңісқызы, магистр, Индекс Хирша – 0, ORCID: 0000-0002-3617-2782.</li> </ol>
<p>Список публикаций со ссылками на них</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Zh. M. Kadirbayeva, S. S. Kabdrakhova, S. T. Mynbayeva A, computational method for solving the boundary value problem for impulsive systems of essentially loaded differential equations. Lobachevskii journal of Mathematics. Volume 42, issue 15, pages 3675–3683 (2021) <a href="https://doi.org/10.1134/S1995080222030131">https://doi.org/10.1134/S1995080222030131</a></li> <li>2. Zh. M. Kadirbayeva, S. S. Kabdrakhova A, numerical solution of problem for essentially loaded differential equations with an</li> </ol>

integro-multipoint condition. Open Mathematics, Volume 20, issue 1, pages 1173–1183 (2021) <https://doi.org/10.1515/math-2022-0496>

3. S.S. Kabdrakhova, O.N. Stanzhytskyi, Necessary and sufficient conditions for the well-posed solvability of a boundary value problem for a linear loaded hyperbolic equation. // Journal of Mathematics, Mechanics and Computer Science. Vol.112, №4 (2021) P. 3-12. DOI: <https://doi.org/10.26577/JMMCS.2021.v112.i4.01>

4. Zh. M. Kadirbayeva, On an Algorithm for Solving a Problem with Parameter for the Essentially Loaded Differential Equations Lobachevskii journal of Mathematics, 2022, Vol. 43, No. 11, pp. 3183-3191. <https://doi.org/10.1134/S1995080222140177>

5. S. S. Kabdrakhova, On the existence of the solution of the boundary value problem for linear loaded hyperbolic equations//Abstracts of the reports of the traditional international April Mathematical conference in honor of the Day of Science Workers of the Republic of Kazakhstan, dedicated to the 75th anniversary of Academician of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan T.Sh.Kalmenov, pp.33-34, Almaty 2021.

6. S.S. Kabdrakhova, Algorithm for finding the solution of a semi-periodic boundary value problem for systems of loaded hyperbolic equation. Abstract the international conference: Dynamical systems, Modeling, and Mathematical Sciences. Dubai/ UAE, P. 31, September 23-25, 2022

7. S. S. Kabdrakhova, Zh. Kadirbayeva, A Computer Modeling of Problem for Essentially Loaded Differential Equations with an Integro-Multipoint Condition, P.76-77, International Conference Proceedings, ИCAST-22, ТCBEM-22, ALHSS-22&ТBEEL-22, Vol 1, December 15-16, 2022, Istanbul, Turkey.

8. С.С Кабдрахова, Ж.Асан, О приближенном методе решения краевой задачи для линейного нагруженного гиперболического уравнения. Тезисы докладов "Традиционная международная апрельская математическая

конференция в честь Дня работников науки Республики Казахстан". Алматы 2022, с. 82-83.

9. S. S. Kabdrakhova, Zh. Assan, On a numerical method for solving boundary value problem for a loaded hyperbolic equation. Proceedings IX International Scientific Conference Problems of Differential Equations, Analysis and Algebra, K. Zhubanov Aktobe Regional University, Volume 2, P. 8-10, Aktobe May 24-28, 2022

10. S. S. Kabdrakhova, Zh. Kadirbayeva, Solution of a Family of Boundary Value Problems for Nonlinear Loaded Hyperbolic Equation. XIII International Conference of the Georgian Mathematical Union, Batumi, P.139, September 4 – 9, 2023

11. S. S. Kabdrakhova, A Modification of the Euler polygonal method for solving semi-periodical boundary value problem for loaded nonlinear hyperbolic equation. Mathematics for the Micro/Nano-World: From soliton dynamics, nonlinear optics to quantum science and technology. September 18 – 22, 2023, Samarkand, Uzbekistan. P. 17-18.

12. Kabdrakhova Symbat, Kadirbayeva Zhazira, On one Method for Solving a Boundary Value Problem for a Nonlinear Loaded Ordinary Differential Equation. International Mathematical Conference: Functional Analysis in Interdisciplinary Applications, P.57-58. Antalya, Turkey, October 02-07, 2023.

13. S. S. Kabdrakhova, Zh. Kadirbayeva, Zh. Assan, On one method for solving a semi-periodic boundary value problem for a loaded hyperbolic equation. The first Sharjah International Conference on Mathematical Sciences. University of Sharjah, 6th-8th November 2023, P.111.

14. S.S Kabdrakhova, "Isolated" solution of a boundary value problem for a nonlinear loaded hyperbolic equation. Abstracts of the reports of the traditional international April mathematical conference in honor of the Day of the Republic of Kazakhstan. Almaty 2023, 135-136 p.

15. С.С Кабдрахова, Алгоритмы решения краевых задач для гиперболических уравнений. Монография - Алматы:

	<p>Казахский университет. – 2022. - 156 P. ISBN 978-601-04-5871-0</p> <p>16. S.S Kabdrakhova, Conditions for the existence of an “isolated solution” of boundary value problem for a semilinear loaded hyperbolic equation. //Journal of Mathematics, Mechanics and Computer Science. Vol.119, №3 (2023) P. 30-42. DOI: <a href="https://doi.org/10.26577/JMMCS2023v119i3a3">https://doi.org/10.26577/JMMCS2023v119i3a3</a></p> <p>17. S.S Kabdrakhova, Necessary and sufficient conditions for the existence of an "isolated" solution of a semiperiodic boundary value problem for a nonlinear loaded hyperbolic equation //Abstracts of the VII World Congress of Turkic World Mathematicians TWMS Congress 2023, September 20-23, 2023, Turkestan, Kazakhstan. - P. 118.</p> <p>18. M.E. Andirov, S. S. Kabdrakhova, Author's certificate of the Republic of Kazakhstan "Development of an algorithm for finding a solution to a linear two-point boundary value problem for differential equations", Certificate No. 17610 dated May 18, 2021.</p>
Информация о патентах	-