

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ
АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ
БАКИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

На правах рукописи

ГЮЛЬНАР НИЗАМЕДДИН КЫЗЫ ИСКЕНДЕРОВА

**ОБРАТНЫЕ ЗАДАЧИ ДЛЯ ГИПЕРБОЛИЧЕСКОГО
УРАВНЕНИЯ**

1211.01 – Дифференциальные уравнения

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

**диссертации на соискание учёной степени
доктора философии по математике**

Баку – 2016

Работа выполнена на кафедре «Дифференциальные и интегральные уравнения» **Бакинского Государственного Университета.**

Научные руководители: кандидат физико-математических наук, профессор **К.Г.ГАСАНОВ**
доктор наук по математике
Я.Т.МЕГРАЛИЕВ

Официальные оппоненты: Доктор физико-математических наук, профессор **А.Я.Ахундов**
Доктор физико-математических наук, профессор **И.М.Набиев**

Ведущая организация: Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности (кафедра «Общий и прикладной математики »)

Защита диссертации состоится «27» сентября 2016 г. в 14⁰⁰ часов за заседании Диссертационного Совета FD.02.016 по присуждению ученой степени доктора философии при Бакинском Государственном Университете.

Адрес: AZ 1148, г. Баку, ул. З.Халилова, 23.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке Бакинского Государственного Университета

Автореферат разослан «15» июля 2016 года.

Учёный секретарь
Диссертационного Совета FD.02.016 ,
доктор наук по математике, профессор

Н.К.АХМЕДОВ

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Под обратной задачей для уравнений с частными производными в настоящей работе подразумевается такая задача, в которой вместе с решением требуется определить правую часть или (и) тот или иной коэффициент (коэффициенты) самого уравнения. В случае, если в обратной задаче неизвестными являются решение и правая часть, то такая обратная задача будет линейной; если же неизвестными являются решение и хотя бы один из коэффициентов, то обратная задача будет нелинейной.

Обратным задачам для дифференциальных уравнений с частными производными посвящены работы следующих авторов: Айда-заде К.Р., Амиров А.Х., Аниконов Ю.Е., Ахундов А.Я., Будак Б.М., Денисов А.М., Искендеров А.Д., Иванчов Н.И., Иванов В.К., Исмаилов А.И., Кабанихин С.И., Камынин В.Л., Костин Д.В., Кожанов А.И., Кулиев М.А., Лаврентьев М.М., Малышев И.Г., Мегралиев Я.Т., Намазов Г.К., Прилепко А.И., Романов В.Г., Тихонов А.Н., Худавердиев К.И., Cannon J.R., Karimov N.B., Ismailov M.I., и др.

Современные проблемы естествознания приводят к необходимости постановки и исследования качественно новых задач, ярким примером которых является класс нелокальных задач для дифференциальных уравнений в частных производных. Среди нелокальных задач можно выделить класс задач с интегральными условиями. Условия такого вида появляются при математическом моделировании явлений, связанных с физикой плазмы, распространением тепла, процессом влагопереноса в капиллярно - простых средах, вопросами демографии и математической биологии, а также при исследовании некоторых обратных задач математической физики.

Вопросы разрешимости задач с нелокальными интегральными условиями для уравнений с частными производными изучены в работах Д.Г. Гордезиани, Г.А. Авалишвили, Н.Ю. Капустина, Е.И.Моисеева, А.И.Кожанова, Л.С.Пулькина и др.

Диссертационная работа посвящена исследованию существования и единственности классического решения нелинейных обратных краевых задач с нелокальными краевыми условиями, для гиперболических уравнений второго порядка в ограниченной области в случае неизвестных коэффициентов, зависящих от времени, среди которых,

следует особо выделить обратные краевые задачи с интегральными условиями. Следовательно, тема диссертационной работы, посвященная обратным краевым задачам в гиперболических уравнений второго порядка актуальна.

Цель работы. Основной целью работы является исследование вопросов разрешимости, единственности нелинейных обратных задач для гиперболических уравнений второго порядка с нелокальными условиями в ограниченной области в случае неизвестных коэффициентов, зависящих от времени.

Методы исследования. Для исследования рассматриваемых задач используется метод сведения дифференциального уравнения к эквивалентному интегральному уравнению. Далее, для нахождения его решения применяются метод разделения переменных и принцип сжатых отображений.

Научная новизна. Все основные результаты, полученные в диссертации, являются новыми и подтверждены полными доказательствами.

Практическая и теоретическая ценность. Диссертационная работа носит теоретический характер. Полученные результаты могут, в дальнейшем, найти применение при изучении обратных задач для гиперболических уравнений. Значение работы также может быть определено прикладной значимостью исследованных обратных задач касательно различных вопросов современного естествознания.

Основные результаты. В диссертации получены следующие основные результаты:

- доказана теорема существования и единственности классического решения обратных краевых задач для гиперболического уравнения второго порядка с несамосопряженными краевыми условиями;
- доказана теорема существования и единственности классического решения обратных краевых задач для гиперболического уравнения второго порядка с интегральными краевыми условиями;
- доказана теорема существования и единственности классического решения обратной краевой задачи с нелокальным по времени интегральным условием для гиперболического уравнения второго порядка .

Апробация работы. Результаты диссертации докладывались на кафедрах «Дифференциальные и интегральные уравнения», «Мате-

математические методы оптимального управления» БДУ, на семинарах отдела «Функциональный анализ» Института Математики и Механики, на республиканской научной конференции «Классические и современные проблемы механики», посвященной 100-летию со дня рождения выдающего азербайджанского ученого, член-корреспондента НАНА, доктора физико-математических наук, профессора Юсиф Амен оглы Амензаде, на всероссийской научной конференции «Математическое управление и теория оптимального управления», посвященной профессору Н.Б.Азбелову и профессору Е.Л.Тонкову (Ижевск, 2015, Россия), на республиканских научных конференциях «Актуальные проблемы математики и механики», посвященной 92-летию и 93-летию со дня рождения общенационального лидера азербайджанского народа Г.А.Алиева.

Публикации. Основные результаты диссертации опубликованы в 10 работах, список которых приводится в конце автореферата.

Объем и структура работы. Диссертационная работа изложена на 135 страницах, состоит из введения, трёх глав и списка литературы, содержащего 101 наименований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Теперь перейдем к краткому описанию содержания данной диссертации, состоящей из введения и трёх глав.

Во введении дается краткий обзор работ по тематике диссертации, обосновывается актуальность темы диссертации, приводятся основные результаты работы и даётся их сравнение с другими работами.

В первой главе диссертации, состоящей из трёх разделов, исследуется классическая разрешимость обратной краевой задачи для гиперболического уравнения второго порядка с интегральным краевым условием.

В разделе 1 главы I в прямоугольнике $D_T = \{(x, t) : 0 \leq x \leq 1, 0 \leq t \leq T\}$ рассматривается следующая обратная краевая задача: найти тройку $\{u(x, t), a_0(t), a_1(t)\}$ функций $u(x, t), a_0(t), a_1(t)$, удовлетворяющих уравнению

$$u_{tt}(x, t) + 2\alpha u_t(x, t) - \gamma u_{xx}(x, t) = F(x, t, u(x, t), a_0(t), a_1(t)), \quad (1)$$

начальным условиям

$$u(x,0) = \varphi(x), \quad u_t(x,0) = \psi(x) \quad (0 \leq x \leq 1), \quad (2)$$

граничным условиям

$$u(0,t) = \beta u(1,t) \quad (0 \leq t \leq T), \quad (3)$$

интегральным условиям

$$\int_0^1 u(x,t) dx = 0 \quad (0 \leq t \leq T) \quad (4)$$

и дополнительным условиям

$$u(x_i,t) = h_i(t) \quad (i=1,2; 0 < x_1, x_2 < 1, x_1 \neq x_2, 0 \leq t \leq T), \quad (5)$$

где $F(x,t,u(x,t),a_0(t),a_1(t)) = a_0(t)u(x,t) + a_1(t)g(x,t) + f(x,t)$,

$\alpha > 0, \gamma > 0, \beta \neq \pm 1$ - заданные числа, $\varphi(x), \psi(x), h_i(t) \quad (i=1,2)$, $f(x,t), g(x,t)$ - заданные функции, а $u(x,t), a_0(t), a_1(t)$ - искомые функции.

Определение 1.1. Под классическим решением задачи (1)-(5) понимается тройка $\{u(x,t), a_0(t), a_1(t)\}$ функций $u(x,t), a_0(t)$ и $a_1(t)$, обладающих следующими свойствами:

а) функция $u(x,t)$ непрерывна в D_T вместе со всеми своими производными, входящими в уравнение (1);

б) функции $a_0(t)$ и $a_1(t)$ непрерывны на $[0, T]$;

в) уравнение (1) и условия (2)-(5) удовлетворяются в обычном смысле.

Для исследования задачи (1)-(5) сначала рассматривается следующая вспомогательная обратная краевая задача: требуется определить тройку $\{u(x,t), a_0(t), a_1(t)\}$ функций $u(x,t) \in C^2(D_T)$, $a_0(t) \in C[0, T]$ и $a_1(t) \in [0, T]$ из соотношений (0.1)-(0.3) и

$$u_x(0,t) = u_x(1,t) \quad (0 \leq t \leq T), \quad (6)$$

$$h_i''(t) + 2\alpha h_i'(t) - \gamma u_{xx}(x_i,t) = a_0(t)h_i(t) + a_1(t)g(x_i,t) + f(x_i,t), \quad (0 \leq t \leq T; i=1,2) \quad (7)$$

где $h(t) \equiv h_1(t)g(x_2,t) - h_2(t)g(x_1,t) \neq 0 \quad (0 \leq t \leq T)$.

В разделе 2 главы I изучено приведение исходной задачи к системе интегро-функциональных уравнений.

После применения схемы метода Фурье нахождение первой компоненты $u(x,t)$ любого решения $\{u(x,t), a_0(t), a_1(t)\}$ задачи (1)-(3),

(6), (7) из (1)-(3), (6) получается:

$$\begin{aligned}
 u(x, t) = & \varphi_0 + \frac{1}{2\alpha}(1 - e^{-2\alpha t})\psi_0 + \frac{1}{2\alpha} \int_0^t (1 - e^{-2\alpha(t-\tau)}) F_0(\tau; u, a_0, a_1) d\tau + \\
 & + \sum_{k=1}^{\infty} \left\{ e^{-\alpha t} \left[\varphi_{2k-1} \left(\cos \beta_k t + \frac{\alpha}{\beta_k} \sin \beta_k t \right) + \frac{1}{\beta_k} \psi_{2k-1} \sin \beta_k t \right] + \right. \\
 & + \left. \frac{1}{\beta_k - \alpha} \int_0^t e^{-\alpha(t-\tau)} F_{2k-1}(\tau; u, a_0, a_1) \sin \beta_k(t-\tau) d\tau \right\} X_{2k-1}(x) + \\
 & + \sum_{k=1}^{\infty} \left\{ e^{-\alpha t} \left[\varphi_{2k} \left(\cos \beta_k t + \frac{\alpha}{\beta_k} \sin \beta_k t \right) + \frac{1}{\beta_k} \psi_{2k} \sin \beta_k t \right] + \right. \\
 & + \left. \frac{1}{\beta_k - \alpha} \int_0^t e^{-\alpha(t-\tau)} F_{2k}(\tau; u, a_0, a_1) \sin \beta_k(t-\tau) d\tau - \right. \\
 & - \frac{p\lambda_k e^{-\alpha t}}{\beta_k - \alpha} \left[\varphi_{2k-1} \left(\left(t + \frac{\alpha}{\beta_k} \right) \sin \beta_k t - \frac{t\alpha}{\beta_k} \cos \beta_k t \right) + \right. \\
 & + \left. \frac{1}{\beta_k} \psi_{2k-1} \left(\frac{1}{\beta_k} \sin \beta_k t - t \cos \beta_k t \right) \right] - \frac{2p\lambda_k}{(\beta_k - \alpha)^2} \int_0^t e^{-\alpha(t-\tau)} \times \\
 & \times \left(\int_0^{\tau} e^{-\alpha(\tau-\xi)} F_{2k-1}(\xi; u, a_0, a_1) \sin \beta_k(\tau-\xi) d\xi \right) \sin \beta_k(t-\tau) d\tau \Big\} X_{2k}(x). \quad (8)
 \end{aligned}$$

где

$$F_k(t; u, a_0, a_1) = a_0(t)u_k(t) + a_1(t)g_k(t) + f_k(t),$$

$$g_k(t) = \int_0^1 g(x, t) Y_k(x) dx, \quad f_k(t) = \int_0^1 f(x, t) Y_k(x) dx, \quad ,$$

$$\varphi_k = \int_0^1 \varphi(x) Y_k(x) dx, \quad \psi_k = \int_0^1 \psi(x) Y_k(x) dx \quad (k = 0, 1, \dots) .$$

$$X_0(x) = px + q, \quad X_{2k-1}(x) = (px + q) \cos \lambda_k x, \quad X_{2k}(x) = \sin \lambda_k x, \quad ,$$

$$Y_0(x) = 2, \dots, Y_{2k-1} = 4 \sin \lambda_k x, \quad Y_{2k}(x) = 4(1 - q - px) \cos \lambda_k x \quad (k = 1, 2, \dots),$$

$$p = \frac{1 - \beta}{1 + \beta} \neq 0, \quad q = \frac{\beta}{1 + \beta}, \quad \beta_k = \sqrt{\gamma \lambda_k^2 - \alpha}, \quad 2\pi\gamma - \alpha > 0.$$

Теперь, с целью получения уравнений и для остальных компо-

нент решения $\{u(x, t), a_0(t), a_1(t)\}$ задачи (1)-(3), (6), (7) т.е. для функций $a_0(t)$ и $a_1(t)$, из (7), имеется:

$$\begin{aligned}
 a_0(t) = [h(t)]^{-1} & \left\{ (h_1''(t) + 2\alpha h_1'(t) - f(x_1, t))g(x_2, t) - (h_2''(t) + 2\alpha h_2'(t) - \right. \\
 & - f(x_2, t))g(x_1, t) + \gamma \sum_{k=1}^{\infty} \left[e^{-\alpha t} \left(\varphi_{2k-1} \left(\cos \beta_k t + \frac{\alpha}{\beta_k} \sin \beta_k t \right) + \right. \right. \\
 & + \frac{1}{\beta_k} \psi_{2k-1} \sin \beta_k t \left. \right) + \frac{1}{\beta_k - \alpha} \int_0^t e^{-\alpha(t-\tau)} F_{2k-1}(\tau; u, a_0, a_1) \times \\
 & \times \sin \beta_k(t - \tau) d\tau \left. \right] [g(x_2, t)(2p\lambda_k X_{2k}(x_1) + \\
 & + \lambda_k^2 X_{2k-1}(x_1)) - g(x_1, t)(2p\lambda_k X_{2k}(x_2) + \lambda_k^2 X_{2k-1}(x_2))] + \\
 & + \gamma \sum_{k=1}^{\infty} \lambda_k^2 \left[e^{-\alpha t} \left(\varphi_{2k} \left(\cos \beta_k t + \frac{\alpha}{\beta_k} \sin \beta_k t \right) + \frac{1}{\beta_k} \psi_{2k} \sin \beta_k t \right) + \right. \\
 & + \frac{1}{\beta_k - \alpha} \int_0^t e^{-\alpha(t-\tau)} F_{2k}(\tau; u, a_0, a_1) \sin \beta_k(t - \tau) d\tau - \\
 & - \frac{p\lambda_k e^{-\alpha t}}{\beta_k - \alpha} \left(\varphi_{2k-1} \left(\left(t + \frac{\alpha}{\beta_k^2} \right) \sin \beta_k t - \frac{t\alpha}{\beta_k} \cos \beta_k t \right) + \right. \\
 & + \frac{1}{\beta_k} \psi_{2k-1} \left(\frac{1}{\beta_k} \sin \beta_k t - t \cos \beta_k t \right) \left. \right) - \frac{2p\lambda_k}{(\beta_k - \alpha)^2} \times \\
 & \times \int_0^t e^{-\alpha(t-\tau)} \left(\int_0^{\tau} e^{-\alpha(\tau-\xi)} F_{2k-1}(\xi; u, a_0, a_1) \sin \beta_k(\tau - \xi) d\xi \right) \times \\
 & \times \sin \beta_k(t - \tau) d\tau \left. \right] [X_{2k}(x_1)g(x_2, t) - X_{2k}(x_2)g(x_1, t)] \left. \right\}, \quad (9)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 a_1(t) = [h(t)]^{-1} & \left\{ h_1(t)(h_2''(t) + 2\alpha h_2'(t) - f(x_2, t)) - h_2(t)(h_1''(t) + 2\alpha h_1'(t)) - \right. \\
 & - f(x_1, t) + \gamma \sum_{k=1}^{\infty} \left[e^{-\alpha t} \left(\varphi_{2k-1} \left(\cos \beta_k t + \frac{\alpha}{\beta_k} \sin \beta_k t \right) + \frac{1}{\beta_k} \psi_{2k-1} \sin \beta_k t \right) + \right.
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& + \frac{1}{\beta_k - \alpha} \int_0^t e^{-\alpha(t-\tau)} F_{2k-1}(\tau; u, a_0, a_1) \sin \beta_k(t-\tau) d\tau \Big] \times \\
& \times [h_1(t)(2p\lambda_k X_{2k}(x_2) + \lambda_k^2 X_{2k-1}(x_2)) - h_2(t)(2p\lambda_k X_{2k}(x_2) + \\
& + \lambda_k^2 X_{2k-1}(x_1))] + \gamma \sum_{k=1}^{\infty} \lambda_k^2 \left[e^{-\alpha t} \left(\varphi_{2k} \left(\cos \beta_k t + \frac{\alpha}{\beta_k} \sin \beta_k t \right) + \right. \right. \\
& + \frac{1}{\beta_k} \psi_{2k} \sin \beta_k t \Big) + \frac{1}{\beta_k - \alpha} \int_0^t e^{-\alpha(t-\tau)} F_{2k}(\tau; u, a_0, a_1) \sin \beta_k(t-\tau) d\tau - \\
& - \frac{p\lambda_k e^{-\alpha t}}{\beta_k - \alpha} \left(\varphi_{2k-1} \left(\left(t + \frac{\alpha}{\beta_k^2} \right) \sin \beta_k t - \frac{t-\alpha}{\beta_k} \cos \beta_k t \right) + \right. \\
& + \frac{1}{\beta_k} \psi_{2k} \left(\frac{1}{\beta_k} \sin \beta_k t - t \cos \beta_k t \right) - \frac{2p\lambda_k}{(\beta_k - \alpha)^2} \times \\
& \left. \int_0^t e^{-(t-\tau)} \left(\int_0^{\tau} e^{-\alpha(\tau-\xi)} F_{2k-1}(\xi; u, a_0, a_1) \sin \beta_k(\tau-\xi) d\xi \right) \times \right. \\
& \left. \left. \times \sin \beta_k(t-\tau) d\tau \right] [h_1(t) X_{2k}(x_2) - h_2(t) X_{2k}(x_1)] \Big\}. \quad (10)
\end{aligned}$$

В разделе 3 главы I, при некоторых условиях на данные задачи, доказываются теоремы существования и единственности эквивалентной вспомогательной обратной задачи.

Пусть данные задачи удовлетворяют следующим условиям:

- 1.1. $\varphi(x) \in C^2[0,1]$, $\varphi'''(x) \in L_2(0,1)$, $\varphi(0) = \beta\varphi(1)$,
 $\varphi'(0) = \varphi'(1)$, $\varphi''(0) = \beta\varphi''(1)$;
- 1.2. $\psi(x) \in C^1[0,1]$, $\psi(x) \in L_2(0,1)$, $\psi(0) = \beta\psi(1)$, $\psi'(0) = \psi'(1)$;
- 1.3. $f(x,t)$, $f_x(x,t) \in C(D_T)$, $f_{xx}(x,t) \in L_2(D)_T$, $f(0,t) = \beta f(1,t)$,
 $f_x(0,t) = f_x(1,t)$ ($0 \leq t \leq T$);
- 1.4. $g(x,t)$, $g_x(x,t) \in C(D_T)$, $g_{xx}(x,t) \in L_2(D)_T$, $g(0,t) = \beta g(1,t)$,
 $g_x(0,t) = g_x(1,t)$ ($0 \leq t \leq T$);
- 1.5. $h_i(t) \in C^2[0,T]$ ($i=1,2$), $h(t) = h_1(t)g(x_2,t) - h_2(t)g(x_1,t) \neq 0$;
- 1.6. $\alpha > 0$, $2\pi\gamma > \alpha^2$.

Доказывается следующая

Теорема 1.2. Пусть выполняются условия 1.1-1.6 и

$$B(T)(A(T)+1)^2 < 1.$$

Тогда задача (1)-(3), (6), (7) имеет в шаре $K=K_R$ ($\|z\|_{E_T^3} \leq R=A(T)+2$) пространства E_T^3 единственное решение, где E_T^3 , $A(T)$ и $B(T)$ определены в разделе 1.3.

В разделе 4 главы I изучена разрешимость поставленной обратной краевой задачи (1)-(5).

Для доказательства существования и единственности классического решения задачи (1)-(5) сначала доказывается следующая лемма:

Лемма 1.5. Пусть $\varphi(x), \psi(x) \in C[0,1]$, $f(x,t), g(x,t) \in C(D_T)$,

$$\int_0^1 f(x,t)dx = 0, \quad \int_0^1 g(x,t)dx = 0 \quad (0 \leq t \leq T), \quad h_i(t) \in C^2[0,T] \quad (i=1,2),$$

$$\int_0^1 \varphi(x)dx = 0, \quad \int_0^1 \psi(x)dx = 0, \quad \varphi(x_i) = h_i(0), \quad \psi(x_i) = h_i'(0) \quad (i=1,2).$$

Тогда задача нахождения классического решения задачи (1)-(5) эквивалентна определению решения задачи (1)-(3), (6), (7).

С помощью леммы 1.5, из теоремы 1.2 вытекает однозначная разрешимость исходной задачи (1)-(5).

Теорема 1.3. Пусть выполняются все условия теоремы 1.2,

$$\int_0^1 f(x,t)dx = 0, \quad \int_0^1 g(x,t)dx = 0 \quad (0 \leq t \leq T),$$

$$\int_0^1 \varphi(x)dx = 0, \quad \int_0^1 \psi(x)dx = 0, \quad \varphi(x_i) = h_i(0), \quad \psi(x_i) = h_i'(0) \quad (i=1,2).$$

Тогда задача (1)-(5) имеет в шаре $K=K_R$ ($\|z\|_{E_T^3} \leq R=A(T)+2$) пространства E_T^3 единственное классическое решение.

Во второй главе диссертации, состоящей из четырёх разделов, исследуется классическая разрешимость обратной краевой задачи для гиперболического уравнений второго порядка с нелокальными усло-

виями.

В разделе 1 главы II рассматривается уравнение

$$u_{tt}(x,t) - u_{xx}(x,t) = a_1(t)u(x,t) + a_2(t)u_t(x,t) + f(x,t) \quad (11)$$

и в области $D_T = \{(x,t): 0 \leq x \leq 1, 0 \leq t \leq T\}$ для него ставится обратная краевая задача с граничными условиями

$$u(x,0) = \varphi(x), \quad u_t(x,0) + \delta u(x,T) = \psi(x) \quad (0 \leq x \leq 1), \quad (12)$$

граничным условием Дирихле

$$u(1,t) = 0 \quad (0 \leq t \leq T), \quad (13)$$

интегральным условием

$$\int_0^1 u(x,t) dx = 0 \quad (0 \leq t \leq T) \quad (14)$$

и с дополнительными условиями

$$u(0,t) = h_1(t), \quad u\left(\frac{1}{2},t\right) = h_2(t) \quad (0 \leq t \leq T), \quad (15)$$

где $\varphi(x)$, $\psi(x)$, $h_v(t)$ ($v = 1,2$), $f(x,t)$ - заданные функции, δ - заданное число, а $u(x,t)$, $a_1(t)$, $a_2(t)$ - искомые функции.

Определение 2.1. Классическим решением задачи (11)-(15) называется тройка $\{u(x,t), a_1(t), a_2(t)\}$ функций $u(x,t)$, $a_1(t)$ и $a_2(t)$, обладающих следующими свойствами:

- 1) функция $u(x,t)$ непрерывна в D_T вместе со всеми своими производными, входящими в уравнение (11);
- 2) функции $a_1(t)$, $a_2(t)$ непрерывны на $[0, T]$;
- 3) уравнение (11) и условия (12)-(15) удовлетворяются в обычном смысле.

Наряду с задачей (11)-(15) рассматривается следующая вспомогательная обратная краевая задача. Требуется определить тройку $\{u(x,t), a_1(t), a_2(t)\}$ функций $u(x,t) \in C^2(D_T)$, $a_1(t) \in C[0, T]$, $a_2(t) \in C[0, T]$ из (11)-(13),

$$u_x(0,t) = u_x(1,t) \quad (0 \leq t \leq T), \quad (16)$$

$$h_1''(t) - u_{xx}(0,t) = a_1(t)h_1(t) + a_2(t)h_1'(t) + f(0,t) \quad (0 \leq t \leq T), \quad (17)$$

$$h_2''(t) - u_{xx}\left(\frac{1}{2},t\right) = a_1(t)h_2(t) + a_2(t)h_2'(t) + f\left(\frac{1}{2},t\right) \quad (0 \leq t \leq T). \quad (18)$$

Справедлива следующая

Лемма 2.1. Пусть $\varphi(x), \psi(x) \in C[0,1]$, $h_i(t) \in C^2[0, T]$ ($i = 1, 2$),
 $h(t) \neq 0$ ($0 \leq t \leq T$), $f(x, t) \in C(D_T)$, $\int_0^1 f(x, t) dx = 0$ ($0 \leq t \leq T$) и выполняются условия согласования

$$\int_0^1 \varphi(x) dx = 0, \quad \int_0^1 \psi(x) dx = 0, \quad \varphi(0) = h_1(0), \quad \varphi\left(\frac{1}{2}\right) = h_2(0),$$

$$\psi(0) = h'_1(0) + \delta h_1(T), \quad \psi\left(\frac{1}{2}\right) = h'_2(0) + \delta h_2(T).$$

Тогда справедливы следующие утверждения:

1. Каждое классическое решение $\{u(x, t), a_1(t), a_2(t)\}$ задачи (11)-(15) является и решением задачи (11)-(13), (16)-(18);
2. Каждое решение $\{u(x, t), a_1(t), a_2(t)\}$ задачи (11)-(13), (16)-(18), такое, что

$$\left(\|a_1(t)\|_{C[0, T]} + \|a_2(t)\|_{C[0, T]} \right) \left(\frac{2 + 3\delta + \delta T}{2(1 + \delta T)} + \frac{1}{2} + \frac{1}{1 + \delta T} + \frac{5\delta T}{2(1 + \delta T)} \right) T^2 < 1,$$

является классическим решением (11)-(15).

В разделе 2 главы I, изучены вспомогательные факты.

Известно, что последовательности функций

$$X_0(x) = 2(1 - x), \dots, X_{2k-1}(x) = 4(1 - x) \cos \lambda_k x, X_{2k}(x) = 4 \sin \lambda_k x, \dots \quad (19)$$

$$Y_0(x) = 1, \dots, Y_{2k-1}(x) = \cos \lambda_k x, Y_{2k}(x) = x \sin \lambda_k x, \dots \quad (20)$$

образуют биортогональную систему и система (19) образует базис Рисса в $L_2(0, 1)$, где $\lambda_k = 2k\pi$ ($k = 1, 2, \dots$).

В разделе 3 главы II изучены вспомогательные факты приведения вспомогательной задачи к эквивалентной системе интегрально-функциональных уравнений.

Так как система (19) образует базис Рисса в $L_2(0, 1)$, то каждое решение задачи (11)-(13), (16)-(18) представляется в виде:

$$u(x, t) = \sum_{k=0}^{\infty} u_k(t) X_k(x), \quad (21)$$

где

$$u_k(t) = \int_0^1 u(x, t) Y_k(x) dx, \quad (22)$$

причем $X_k(x)$ и $Y_k(x)$ определены соотношениями (19) и (20), соответственно.

Применяя метод разделения переменных, для определения компоненты $u(x, t)$ решения задачи (11)-(13), (16)-(18), получается, что

$$\begin{aligned}
 u(x, t) = & \left\{ \left(1 - \frac{\delta t}{1 + \delta T} \right) \varphi_0 + \frac{t}{1 + \delta T} \psi_0 - \frac{\delta t}{1 + \delta T} \int_0^T (T - \tau) F_0(\tau; u, a_1, a_2) d\tau + \right. \\
 & \left. + \int_0^t (t - \tau) F_0(\tau; u, a_1, a_2) d\tau \right\} X_0(x) + \\
 & + \sum_{k=1}^{\infty} \left\{ \frac{\lambda_k \cos \lambda_k t + \delta \sin \lambda_k (T - t)}{\lambda_k + \delta \sin \lambda_k T} \varphi_{2k-1} + \frac{\sin \lambda_k t}{\lambda_k + \delta \sin \lambda_k T} \psi_{2k-1} - \right. \\
 & - \frac{\delta \sin \lambda_k t}{\lambda_k (\lambda_k + \delta \sin \lambda_k T)} \int_0^T F_{2k-1}(\tau; u, a_1, a_2) \sin \lambda_k (T - \tau) d\tau + \\
 & + \frac{1}{\lambda_k} \int_0^t F_{2k-1}(\tau; u, a_1, a_2) \sin \lambda_k (t - \tau) d\tau \left. \right\} X_{2k-1} + \\
 & + \sum_{k=1}^{\infty} \left\{ \frac{\lambda_k \cos \lambda_k t + \delta \sin \lambda_k (T - t)}{\lambda_k + \delta \sin \lambda_k T} \varphi_{2k} + \frac{\sin \lambda_k t}{\lambda_k + \delta \sin \lambda_k T} \psi_{2k} + \right. \\
 & + \frac{1}{\lambda_k} \int_0^t F_{2k}(\tau; u, a_1, a_2) \sin \lambda_k (t - \tau) d\tau - \\
 & - \frac{\delta \sin \lambda_k t}{\lambda_k (\lambda_k + \delta \sin \lambda_k T)} \int_0^T F_{2k}(\tau; u, a_1, a_2) \sin \lambda_k (T - \tau) d\tau - \\
 & - \frac{\delta}{\lambda_k (\lambda_k + \delta \sin \lambda_k T)} \left(\frac{1}{\lambda_k} \sin \lambda_k t - t \cos \lambda_k t \right) \times \\
 & \times \int_0^T F_{2k-1}(\tau; u, a_1, a_2) \sin \lambda_k (T - \tau) d\tau + \frac{\delta^2 \sin \lambda_k t}{\lambda_k (\lambda_k + \delta \sin \lambda_k T)^2} \times \\
 & \times \left(\frac{1}{\lambda_k} \sin \lambda_k T - T \cos \lambda_k T \right) \int_0^T F_{2k-1}(\tau; u, a_1, a_2) \sin \lambda_k (T - \tau) d\tau + \\
 & + \frac{2}{\lambda_k} \int_0^t \left(\int_0^\tau F_{2k-1}(\tau; u, a_1, a_2) \sin \lambda_k (\tau - \xi) d\xi \right) \sin \lambda_k (t - \tau) d\tau -
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& - \frac{2\delta \sin \lambda_k t}{\lambda_k (\lambda_k + \delta \sin \lambda_k T)} \int_0^T \left(\int_0^\tau F_{2k-1}(\tau; u, a_1, a_2) \sin \lambda_k (\tau - \xi) d\xi \right) \sin \lambda_k (T - \tau) d\tau + \\
& + \frac{1}{\lambda_k + \delta \sin \lambda_k T} \left[\lambda_k t \sin \lambda_k t + \delta t \cos \lambda_k (T - t) - \frac{\delta}{\lambda_k} \cos \lambda_k T \sin \lambda_k t \right] \varphi_{2k-1} + \\
& - \frac{\delta \sin \lambda_k t}{(\lambda_k + \delta \sin \lambda_k T)^2} \left[\lambda_k T \sin \lambda_k T + \delta T - \frac{\delta}{\lambda_k} \cos \lambda_k T \sin \lambda_k T \right] \varphi_{2k-1} + \\
& + \frac{1}{\lambda_k + \delta \sin \lambda_k T} \psi_{2k-1} \left(\frac{1}{\lambda_k} \sin \lambda_k t - t \cos \lambda_k t \right) - \\
& - \frac{\delta \sin \lambda_k t}{(\lambda_k + \delta \sin \lambda_k T)^2} \psi_{2k-1} \left(\frac{1}{\lambda_k} \sin \lambda_k T - T \cos \lambda_k T \right) \Big\} X_{2k}(x), \quad (23)
\end{aligned}$$

где

$$F_k(t; u, a_0, a_1) = a_0(t)u_k(t) + a_1(t)u'_k(t) + f_k(t),$$

$$f_k(t) = \int_0^1 f(x, t) Y_k(x) dx,$$

$$\varphi_k = \int_0^1 \varphi(x) Y_k(x) dx, \quad \psi_k = \int_0^1 \psi(x) Y_k(x) dx \quad (k = 0, 1, \dots).$$

Из (17) и (18), с учетом (21), (23) получаются уравнения для компоненты $a_1(t), a_2(t)$ решения $\{u(x, t), a_1(t), a_2(t)\}$ задачи (11)-(13), (16)-(18):

$$\begin{aligned}
a_1(t) &= [h(t)]^{-1} \left\{ (h_1''(t) - f(0, t)) h_2'(t) - \left(h_2''(t) - f\left(\frac{1}{2}, t\right) \right) h_1'(t) + \right. \\
& + 4 \sum_{k=1}^{\infty} \left(h_2'(t) - (-1)^k h_1'(t) \right) \lambda_k^2 \left[\frac{\lambda_k \cos \lambda_k t + \delta \sin \lambda_k (T - t)}{\lambda_k + \delta \sin \lambda_k T} \varphi_{2k-1} + \right. \\
& + \frac{\sin \lambda_k t}{\lambda_k + \delta \sin \lambda_k T} \psi_{2k-1} - \\
& \left. \left. - \frac{\delta \sin \lambda_k t}{\lambda_k (\lambda_k + \delta \sin \lambda_k T)} \int_0^T F_{2k-1}(\tau; u, a_1, a_2) \sin \lambda_k (T - \tau) d\tau + \right. \right.
\end{aligned}$$

$$+ \frac{1}{\lambda_k} \int_0^t F_{2k-1}(\tau; u, a_1, a_2) \sin \lambda_k (t - \tau) d\tau \Bigg\}, \quad (24)$$

$$\begin{aligned} a_2(t) = [h(t)]^{-1} & \Bigg\{ \left(h_2''(t) - f\left(\frac{1}{2}, t\right) \right) h_1(t) - (h_1''(t) - f(0, t)) h_2(t) + \\ & + 4 \sum_{k=1}^{\infty} \left((-1)^k h_1(t) - h_2(t) \right) \lambda_k^2 \left[\frac{\lambda_k \cos \lambda_k t + \delta \sin \lambda_k (T - t)}{\lambda_k + \delta \sin \lambda_k T} \varphi_{2k-1} + \right. \\ & \quad \left. + \frac{\sin \lambda_k t}{\lambda_k + \delta \sin \lambda_k T} \psi_{2k-1} - \right. \\ & \quad \left. - \frac{\delta \sin \lambda_k t}{\lambda_k (\lambda_k + \delta \sin \lambda_k T)} \int_0^T F_{2k-1}(\tau; u, a_1, a_2) \sin \lambda_k (T - \tau) d\tau + \right. \\ & \quad \left. + \frac{1}{\lambda_k} \int_0^t F_{2k-1}(\tau; u, a_1, a_2) \sin \lambda_k (t - \tau) d\tau \right\}. \quad (25) \end{aligned}$$

В разделе 4 главы II доказывается теорема существования и единственности решения эквивалентной задачи. Далее, пользуясь этими фактами, доказываются существование и единственность классического решения исходной задачи.

Пусть данные задачи (11)-(13), (16)-(18) удовлетворяют следующим условиям:

2.1. $\varphi(x) \in C^2[0, 1]$, $\varphi'''(x) \in L_2(0, 1)$ и $\varphi(1) = \varphi''(1) = 0$, $\varphi'(0) = \varphi'(1)$.

2.2. $\psi(x) \in C^1[0, 1]$, $\psi''(x) \in L_2(0, 1)$ и $\psi(1) = 0$, $\psi'(0) = \psi'(1)$.

2.3. $f(x, t), f_x(x, t) \in C(D_T)$, $f_{xx}(x, t) \in L_2(D_T)$ и $f(0, t) = 0$, $f_x(0, t) = f_x(1, t)$ ($0 \leq t \leq T$).

2.4. $h_i(t) \in C^2[0, T]$ ($i = 1, 2$), $h'(t) \equiv h_1(t)h_2'(t) - h_2(t)h_1'(t) \neq 0$ ($0 \leq t \leq T$), $0 \leq \delta < 2\pi$

Доказывается следующая

Теорема 2.1. Пусть выполнены условия 2.1-2.4 и

$$(A(T) + 2)^2 B(T) T < 1.$$

Тогда задача (11), (12), (13), (16) - (18) имеет в шаре

$K=K_R(\|z\|_{E_T^{3,2}} \leq R=A(T)+2)$ пространства $E_T^{3,2}$ единственное решение, где $E_T^{3,2}$, $A(T)$ и $B(T)$ определены в разделе 2.4.

Таким образом, в силу леммы 2.1, справедлива следующая

Теорема 2.2. Пусть выполняются все условия теоремы 2.1,

$$\int_0^1 f(x,t)dx = 0 \quad (0 \leq t \leq T), \quad \int_0^1 \varphi(x)dx = 0, \quad \int_0^1 \psi(x)dx = 0,$$

$$\psi(0) = h_1'(0) + \delta h_1(T), \quad \psi\left(\frac{1}{2}\right) = h_2'(0) + \delta h_2(T),$$

$$(A(T)+2) \left(\frac{2+3\delta+\delta T}{2(1+\delta T)} + \frac{1}{2} + \frac{1}{1+\delta T} + \frac{5\delta T}{2(1+\delta T)} \right) T^2 < 1.$$

Тогда задача (11)-(15) имеет в шаре $K=K_R(\|z\|_{E_T^{3,2}} \leq R=A(T)+2)$ пространства $E_T^{3,2}$ единственное классическое решение.

В главе III, состоящей из двух разделов, рассмотрена обратная краевая задача с нелокальными по времени интегральным условиям второго рода для гиперболического уравнения с частными производными второго порядка.

В разделе 1 главы III для уравнения

$$u_{tt}(x,t) - u_{xx}(x,t) = a(t)u(x,t) + f(x,t) \quad (26)$$

в области $D_T = \{(x,t) : 0 \leq x \leq 1, 0 \leq t \leq T\}$ рассматривается обратная задача с условиями

$$u(x,0) = \varphi(x),$$

$$u_t(x,0) = \psi(x) + \int_0^T M(t)u(x,t)dt \quad (0 \leq x \leq 1), \quad (27)$$

$$u(0,t) = u_x(1,t) = 0 \quad (0 \leq t \leq T) \quad (28)$$

и с дополнительным условием

$$u(1,t) = h(t) \quad (0 \leq t \leq T), \quad (29)$$

где $f(x,t)$, $\varphi(x)$, $\psi(x)$, $M(t)$, $h(t)$ - заданные функции, а $u(x,t)$ и $a(t)$ - искомые функции.

Определение 3.1. Под классическим решением обратной краевой задачи (26)-(29) понимается пара $\{u(x,t), a(t)\}$ функций $u(x)$ и

$a(t)$, если $u(x,t) \in C^2(D_T)$, $a(t) \in C[0,T]$ и выполняются соотношения (26)-(29) в обычном смысле.

Здесь рассматривается вспомогательная обратная краевая задача. Требуется определить пару $\{u(x,t), a(t)\}$ функций $u(x,t) \in C^2(D_T)$, $a(t) \in C[0,T]$ из (26)-(28),

$$h''(t) - u_{xx}(1,t) = a(t)h(t) + f(1,t) \quad (0 \leq t \leq T) \quad (30)$$

Справедлива следующая

Теорема 3.1. Пусть $\varphi(x), \psi(x) \in C[0,1]$, $M(t) \in C[0,T]$, $h(t) \in C^2[0,T]$ $h(t) \neq 0$ ($0 \leq t \leq T$), $f(x,t) \in C(D_T)$,

$$\varphi(1) = h(0), \quad \psi(1) + \int_0^T M(t)h(t)dt = h'(0).$$

Тогда справедливы следующие утверждения:

1. Каждое классическое решение $\{u(x,t), a(t)\}$ задачи (26)-(29) является и решением задачи (26)-(28), (30);

2. Каждое решение $\{u(x,t), a(t)\}$ задачи (26)-(28), (30), такое, что

$$\left(\|M(t)\|_{C[0,T]} + \frac{1}{2} \|a(t)\|_{C[0,T]} \right) T^2 < 1,$$

является классическим решением задачи (26)-(29).

В разделе 2 главы III рассматривается исследование существования и единственности классического решения поставленной обратной краевой задачи.

Компонента $u(x,t)$ решения $\{u(x,t), a(t)\}$ задачи (26)-(29), (30) ищется в виде:

$$u(x,t) = \sum_{k=1}^{\infty} u_k(t) \sin \lambda_k x \left(\lambda_k = \frac{\pi}{2} (2k-1) \right), \quad (31)$$

где $u_k(t) = 2 \int_0^1 u(x,t) \sin \lambda_k x dx \quad (k = 1, 2, \dots)$

Тогда применяя формальную схему метода Фурье, из (26)-(28) для определения первой компоненты $u(x,t)$ решения задачи (26)-(28), (30) справедливо:

$$u(x, t) = \sum_{k=1}^{\infty} \left\{ \varphi_k \cos \lambda_k t + \frac{1}{\lambda_k} \left(\psi_k + \int_0^T M(t) u_k(t) dt \right) \sin \lambda_k t + \right. \\ \left. + \frac{1}{\lambda_k} \int_0^T F(\tau; u, a) \sin \lambda_k (t - \tau) d\tau \right\} \sin \lambda_k x. \quad (32)$$

Из (30), с учетом (31), (32) верна следующая формула:

$$a(t) = h^{-1}(t) \left\{ h''(t) - f(1, t) + \sum_{k=1}^{\infty} \lambda_k^2 (-1)^{k+1} \left[\varphi_k \cos \lambda_k t + \right. \right. \\ \left. \left. + \frac{1}{\lambda_k} \left(\psi_k + \int_0^T M(t) u_k(t) dt \right) \sin \lambda_k x + \frac{1}{\lambda_k} \int_0^t F(\tau; u, a) \sin \lambda_k (t - \tau) d\tau \right] \right\}. \quad (33)$$

Предполагается, что данные задачи (26)-(28), (30) удовлетворяют следующим условиям:

$$3.1. \varphi(x) \in C^2[0, 1], \varphi'''(x) \in L_2(0, 1), \varphi(0) = \varphi'(1) = \varphi''(0) = 0,$$

$$3.2. \psi(x) \in C^1[0, 1], \psi'''(x) \in L_2(0, 1), \psi(0) = \psi'(1) = 0,$$

$$3.3. f(x, t), f_x(x, t) \in C(D_T), f_{xx}(x, t) \in L_2(D_T), \\ f(0, t) = f_x(1, t) = 0 \quad (0 \leq t \leq T),$$

$$3.4. M(t) \in C[0, T], h(t) \in C^2[0, T], h(t) \neq 0 \quad (0 \leq t \leq T)$$

Доказывается следующая теорема:

Теорема 3.2. Пусть выполнены 3.1-3.4 и

$$(A(T) + 2)(A(T) + 3)B(T) < 1.$$

Тогда задача (26)-(28), (30) имеет в ша-
ре $K = K_R (\|z\|_{E_T^3} \leq R = A(T) + 2)$ пространства E_T^3 единственное
решение, где E_T^3 , $A(T)$ и $B(T)$ определены в разделе 3.2.

С помощью теоремы 3.1 доказывается следующая

Теорема 3.3. Пусть выполняются все условия теоремы 3.2 и

$$\varphi(1) = h(0), \quad \psi(1) + \int_0^T M(t) h(t) dt = h'(0),$$

$$\left(\|M(t)\|_{C[0, T]} + \frac{1}{2} (A(T) + 2)(A(T) + 3) T \right) < 1.$$

Тогда задача (26)-(29) имеет в шаре $K = K_R \left(\|z\|_{E_T^3} \leq R = A(T) + 2 \right)$ пространства E_T^3 единственное классическое решение.

Автор считает своим долгом всегда помнить своего покойного научного руководителя к.ф.-м.н., профессора К.Г.Гасанова за поддержку и полезные советы в период совместной работы.

Автор выражает глубокую благодарность также своему научному руководителю д.м.н. Я.Т. Мегралиеву за ценные советы и постоянное внимание к работе.

Основные результаты диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Искендерова Г.Н. Решение одной краевой задачи для одного гиперболического уравнения третьего порядка, описывающего распространение продольных волн в диспергирующей среде с нелокальным интегральным условием // *Azərbaycanın görkəmli alimi, AMEA-nın müxbir üzvü, fizika-riyaziyyat elmlər doktoru, professor Yusif Əmən oğlu Əmənəzadənin anadan olmasının 100 illik yubileyinə həsr olunmuş "Mexanikanın klassik və müasir problemləri"* adlı Respublika elmi konfransının materialları. Bakı 2014, səh.126-128.
2. Искендерова Г.Н. О разрешимости одной краевой задачи для гиперболического уравнения второго порядка с интегральным условием первого рода // *BDU-nun Xəbərləri* 2015, №1, səh. 28-42.
3. Искендерова Г.Н. Непрерывная зависимость классического решения одной обратной краевой задачи для гиперболического уравнения второго порядка с нелокальными краевыми условиями // *Azərbaycan xalqının ümummilli lideri Heydər Əliyevin anadan olmasının 92-ci ildönümünə həsr olunmuş "Riyaziyyat və Mexanikanın aktual problemləri"* adlı Respublika Elmi Konfransının materialları, Bakı-2015, səh.51-52.
4. Искендерова Г.Н. Обратная задача об определении неизвестного коэффициента и свободного члена // *Azərbaycan xalqının ümummilli lideri Heydər Əliyevin anadan olmasının 93-cü ildönümünə həsr olunmuş "Riyaziyyat və Mexanikanın aktual problemləri"* adlı Respublika Elmi Konfransının materialları, Bakı-2016, səh.141-143.
5. Искендерова Г.Н. Нелокальная обратная краевая задача с интегральными условиями для гиперболического уравнения вто-

- рого порядка // BDU-nun xəbərləri, 2015, №4, səh.88-102.
6. Мегралиев Я.Т., Искендерова Г.Н. Об одной обратной краевой задаче для гиперболического уравнения второго порядка // Тезисы докладов Всероссийской конференции с международным участием "Теория управления и математическое моделирование", посвященной памяти профессора Н.В.Азбелева и профессора Е.Л.Тонкова. Ижевск, Россия 2015, ст.93-94.
 7. Мегралиев Я.Т., Искендерова Г.Н. Обратная краевая задача для гиперболического уравнения второго порядка с интегральным условием первого рода // Проблемы физики, математики и механики, №1(26), 2016, Г.Гомель с.42-47.
 8. Искендерова Г.Н., Мегралиев Я.Т. Обратная краевая задача для определения неизвестных коэффициентов в гиперболическом уравнении второго порядка // Fizika-riyaziyyat elmlər doktoru, professor Ə.Ş.Həbibzadənin anadan olmasının 100 illik yubileyinə həsr olunmuş "Funksional analiz və onun tətbiqləri" adlı Respublika elmi konfransının materialları. Bakı 2016 səh.152-153.
 9. Mehraliyev Y.T., Isgenderova G.N. On the Identification of a Linear Source for the Second Order Hyperbolic Equation with Integral Condition // Applied Mathematical Sciences, Vol.9. 2015, no.30, 1463-1473.
 10. Isgenderova G.N. On an inverse boundary Value problem with time non-local conditions for on-dimensional hyperbolic equation// Transaction of NAS of Azerbaijan, Issue Mathematics, 35(4), 95-101 (2015), Series of Physical-Technical and Mathematical Sciences, Baku.

GÜLNAR NİZAMƏDDİN qızı İSGƏNDƏROVA

HİPERBOLİK TƏNLİKLƏR ÜÇÜN TƏRS MƏSƏLƏLƏR

XÜLASƏ

Dissertasiyada aşağıdakı əsas nəticələr alınmışdır:

- öz-özünə qoşma olmayan sərhəd şərtli hiperbolik tənliklər üçün tərs sərhəd məsələlərinin klassik həllinin varlığı və yeganəliyi haqqında teorem isbat olunmuşdur;
- integral sərhəd şərtli ikinci tərtib hiperbolik tənliklər üçün tərs sərhəd məsələsinin klassik həllinin varlığı və yeganəliyi haqqında teorem isbat olunmuşdur;
- zamana görə qeyri-lokal integral şərtli ikinci tərtib hiperbolik tənliklər üçün tərs sərhəd məsələsinin klassik həllinin varlığı və yeganəliyi haqqında teorem isbat olunmuşdur.

GULNAR NIZAMEDDIN kızı ISGENDEROVA

**INVERSE VALUE PROBLEMS FOR
DIFFERENTIAL EQUATIONS OF HYPERBOLIC TYPE**

ABSTRACT

Conculusions: In the dissertation the following results are obtained:

The theorems on the existence and uniqueness of classical solution of inverse boundary value problem for the second order differential equations of hyperbolic type with non-self-adjoint boundary conditions are proved;

- The theorems on the existence and uniqueness of classical solution of inverse boundary value problem for the second order differential equations of hyperbolic type with non-self-adjoint boundary conditions are proved;
- The existence and uniqueness theorems for classical solution of inverse boundary value problem for the second order hyperbolic differential equations with integral boundary conditions are proved;
- The theorems on the existence and uniqueness of classical solution of inverse boundary value problem with time-non-local integral conditions for the second order differential equations of hyperbolic type are proved.

**AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI TƏHSİL NAZİRLİYİ
BAKİ DÖVLƏT UNİVERSİTETİ**

Əlyazma hüququnda

GÜLNAR NİZAMƏDDİN QIZI İSGƏNDƏROVA

HİPERBOLİK TƏNLİKLƏR ÜÇÜN TƏRS MƏSƏLƏLƏR

1211.01– Diferensial tənliklər

**riyaziyyat üzrə fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi
almaq üçün təqdim edilmiş dissertasiyanın**

A V T O R E F E R A T I

Bakı-2016