НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

ИНСТИТУТ МАТЕМАТИКИ

Диссертационный совет Д 01.02.183

На правах рукописи

ТУГАНБАЕВ МАРАТ МАНСУРОВИЧ

УДК 517.9

РЕГУЛЯРИЗАЦИЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ ГИПЕРБОЛИЧЕСКОГО ТИПА С НЕСТАНДАРТНЫМИ УСЛОВИЯМИ ГУРСА

01.01.02 – дифференциальные уравнения

АВТОРЕФЕРАТ

Диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Бишкек - 2002

Работа выполнена на кафедре высшей математики и образовательных технологий Кыргызского государственного национального университета

Научный руководитель: доктор физико-математических наук доцент Омуров Т. Д.

Официальные оппоненты: доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник Алексеенко С.Н., кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник Байзаков А.Б.

Ведущая организация: Казахский национальный университет имени Аль-Фараби

Защита диссертации состоится «9» июня 2002г. в ____ часов на заседании Диссертационного совета Д 01.02.183 по присуждению ученых степеней доктора и кандидата физико-математических наук при Институте математики НАН Кыргызской Республики.

С диссертацией можно ознакомиться в Центральной научной библиотеке НАН Кыргызской Республики.

Автореферат разослан «06» июня 2002г.

Отзывы на автореферат просим присылать по адресу: 720071, Бишкек - 71, проспект Чуй 265а, Институт математики НАН Кыргызской Республики, Диссертационный совет Д 01.02.183

Ученый секретарь диссертационного совета, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник Искандаров С.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Многие проблемные вопросы в задачах прикладного характера математической физики, в частности, динамической теории упругости, технические проблемы в машиностроении и строительстве, связаны с краевыми задачами для дифференциальных уравнений гиперболического типа. В связи с этим в работе рассматривается следующая задача:

$$u_{xt}(x,t)+a(x,t)u_t(x,t)=f(x,t,u(x,t)), \tag{1.1.1}$$

$$u(0,t)=0,\ \forall t\in[0,\beta], \tag{1.1.2}$$

$$F(x,u(x,0))+\int_0^{\beta}Q(x,\eta)u_x(x,\eta)\,d\eta=g_0(x),\ \forall x\in[0,X]. \tag{1.1.3}$$

Отметим, что равенство (1.1.3) эквивалентным образом приводится к виду

$$p_0(x)u_x(x,0)+F\Big(x,\int_0^x K(x,s)(\alpha u(s,0)+\gamma u_s(s,0))ds\Big)+\int_0^{\beta}\int_0^{\eta}Q(x,\eta)u_{x\tau}(x,\tau)\,d\tau d\eta = g_0(x) \tag{1.1.3*}$$

где $K(x,s)\equiv\frac{1}{\gamma}e^{-\frac{\alpha}{\gamma}(x-s)}$ в конкретном случае (1.1.3*), $p_0(x)=\int_0^{\beta}Q(x,\eta)d\eta$.

Вопросы корректности частных случаев задачи (1.1.1) – (1.1.3) (например, $F(\cdot)\equiv u(x,0)$, $Q(x,\eta)\equiv 0$ или $F(\cdot)\equiv u(x,0)$, $Q(x,\eta)\equiv const$, $g_0(0)=0$, $f(\cdot)\equiv u(x,t)$) полностью изучены в работах Динника А.Н., Савина Г.Н., Горошко О.А. Случай, когда $p_0(x)\neq 0$, $\forall x\in[0,X]$, рассматривался в работах Михлина С.Г., Манжерона Д., Мамедова Я.Д., Акиева С.С., Фернандеса Д.Л., Кривошеина Л.Е., Омурова Т.Д. и других и построено решение этой задачи итерационными методами, например, методом последовательных приближений, методом Ньютона – Канторовича и его модификацией и методами на основе спецфункций(Θ–фундаментальность).

Однако, так как в задаче о динамических усилиях, возникающих в подъемном канате при его работе [а], длина стальных канатов имеет определенный смысл, то может задаваться дополнительная информация о решении уравнения (1.1.1) вида a_1) $u(X,0)=C_0=const$ (в частности, $C_0=g_0(X)$ при $F(\cdot)\equiv u(x,0)$, а в общем случае C_0 – это решение уравнения $F(X,u(X,0))=g_0(X)$), при a_2) $p_0(x)\big|_{x=X}=0$, ($Q(x,\eta)\big|_{x=X}=0$). Иногда, задача (1.1.1) – (1.1.3) рассматривается с условием (a_2) без информации (a_1). И в первом и во втором случае задача (1.1.1) – (1.1.3) мало изучена (оставалась нерешенной).

Поэтому работа посвящена изучению именно этого случая.

Целью работы является исследование вопросов регуляризации и установление единственности решения краевой задачи для

[a] Савин Г.Н. Механика деформируемых тел.– Киев: Наук. думка, 1979. –466с.

дифференциальных уравнений в частных производных гиперболического типа с нестандартно заданными граничными условиями типа Гурса, когда $p_0(x)|_{x=X}=0$, $p_0(x)>0$, $\forall x\in[0,X)$, $p_0(x)$–невозрастающая недифференцируемая функция,и системных случаев этой задачи

Методы исследования. Применяются интегральное преобразование и эквивалентное преобразование интегрального уравнения Вольтерра третьего рода к уравнению первого рода, элементы функционального анализа, аппарат математического анализа, теория регуляризации интегральных уравнений Вольтерра первого рода, теория дифференциальных уравнений в частных производных.

Научная новизна и выносимые на защиту основные положения. В диссертации получены следующие результаты:

- класс краевых задач для дифференциальных уравнений гиперболического типа сведен к системе двух интегральных уравнений смешанной структуры,
- предложено эквивалентное интегральное представление, которое позволило получить уравнение Вольтерра первого рода, с ядром в классе суммируемых функций, позволяющим построить резольвенту;
- осуществлена регуляризация изучаемой задачи на основе эквивалентной системы двух интегральных уравнений смешанной структуры,
- доказана сходимость решения регуляризованной задачи к решению исходной задачи в рассматриваемых пространствах при стремлении параметра регуляризации к нулю,
- полученные результаты обобщены для системы "n" дифференциальных уравнений гиперболического типа с неклассическими условиями Гурса.

Теоретическая и практическая ценность. Работа носит в основном теоретический характер. Её результаты дополняют исследования по теории регуляризации дифференциальных, интегро-дифференциальных уравнений, интегральных уравнений Вольтерра, некоторых задач математической физики. В частности, исследование задач о динамических усилиях, возникающих в подъемном канате при его работе, приводит к рассмотрению дифференциального уравнения [a]: $\frac{q}{g}u_{tt}-EFu_{xx}=q(1\pm\frac{\dot{\vartheta}_c}{g})$ с условиями: $u(0,t)=\int\limits_0^l u_\tau(\tau,t)d\tau$, $(\frac{Q}{g}u_{tt}+EFu_x)_{x=l}=Q(1\pm\frac{\dot{\vartheta}_c}{g})$ и начальными условиями: $u(x,0)=f_1(x)$, $u_t(x,0)=f_2(x)$, которые после замены независимых переменных являются частным случаем задачи (1.1.1) – (1.1.3).

Апробация работы. Основные результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на международных и республиканских конференциях:

– Международная научная конференция, посвященная 45-летию образования строительного факультета КГУСТА «Проблемы строительства и архитектуры на пороге XXI века.», Бишкек, 2000 г.;

[a] Савин Г.Н. Механика деформируемых тел.– Киев: Наук. думка. 1979. – 466с.

– Научно-практическая конференция «Современные исследования молодых ученых», Бишкек, 1999 г.;
– Международная научная конференция «Проблемы математики и информатики в XXI веке», Бишкек, 2000 г.;
– Международная научная конференция, посвященная 70-летию академика М.И.Иманалиева «Асимптотические, топологические и компьютерные методы в математике», Бишкек–Бозтери, 2001 г.;
– на семинаре Института математики НАН КР (руководитель семинара - академик НАН КР М.И.Иманалиев), Бишкек, 2001 г.;
– на семинарах факультета математики, информатики и кибернетики и кафедры высшей математики и образовательных технологий КГНУ, Бишкек, 1997–2001 г.г.

Публикации. Основные результаты диссертации опубликованы в работах [1-9]. В совместных работах [1–5] постановка задач и обсуждение результатов принадлежат соавторам, соискателю - разработка методов и доказательство теорем.

Структура и объем диссертации. Работа состоит из введения, двух глав, разбитых на три параграфа каждая, заключения и списка литературы, содержащего 56 наименований. Объем текста 92 страницы. Нумерация формул производится в виде: номер главы, номер параграфа, номер формулы. Нумерация теорем и лемм аналогична.

Краткое содержание работы

В первой главе диссертации рассматривается скалярное дифференциальное уравнение (1.1.1) с условиями (1.1.2) и (1.1.3₁),(1.1.23),(1.1.3),(1.3.6).

В §1.1 изучаются вопросы регуляризации и условия единственности решения задачи (1.1.1), (1.1.2) и ,соответственно,

$$1)\ p_0(x)u_x(x,0)-\int\limits_0^x K(x,s)g(s,(T_0u)(s))ds=g_0(x), \qquad (1.1.3_1)$$

$$2)\ p_0(x)u_x(x,0)-\int\limits_0^x K(x,s)u(s,0)ds=g_0(x), \qquad (1.1.23)$$

где $(T_0u)(s)\equiv\int\limits_0^\beta u(s,\eta)d\eta+(1-\beta)u(s,0)$.

Функции, входящие в (1.1.1), (1.1.3₁), (1.1.23) удовлетворяют условиям:

а) $K(x,t)$, $a(x,t)$, $p_0(x)$, $f(x,t,u)$, $g_0(x)$ - известные непрерывные по своим аргументам функции и $f(x,t,u)$ по третьему аргументу является липшицевой с коэффициентом $L_f>0$ в $D_1=D_0\times R$, $D_0=[0,X]\times[0,\beta]$,

б) $p_0(x)$- невозрастающая и недифференцируемая функция и $p_0(x)|_{x=X}=0$, $p_0(x)>0$, $\forall x\in[0,X)$,

в) для любых фиксированных $x\in[0,X]$: $K(x,s)\in L^q(0,x)$, $q\ge1$, г) $g(t,l_3)\in C(D_2)$, $D_2=D_1\setminus[0,X]$ и липшицева по l_3 в D_2 с коэффициентом $L_g>0$, $g(t,0)=0$.

С помощью подстановки

$$u(x,t)=\int_0^x \sigma(s)w(s)ds+\int_0^x\int_0^t \vartheta(s,\eta)\,d\eta\,ds\equiv(A[w,\vartheta])(x,t), \tag{1.1.4}$$

где $\sigma(x)$ - заданная неотрицательная, суммируемая функция такая, что $p(x)=p_0(x)\sigma(x)\in L^1(0,X)$, $\left|p^{-1}(x)\right|<+\infty$, $\forall x\in[0,X]$, задача (1.1.1), (1.1.2), (1.1.3$_1$) сводится к системе двух интегральных уравнений смешанной структуры :

$$\begin{cases}\vartheta(x,t)=-a(x,t)\int_0^x\vartheta(s,t)ds+f(x,t,(A[w,\vartheta])(x,t))\equiv(H_1[w,\vartheta])(x,t),\\ p(x)w(x)=\int_0^x K(x,s)g(s,(B[w,\vartheta])(s))ds+g_0(x),\ w(0)=q_1,\end{cases} \tag{1.1.5}$$

где $(B[w,\vartheta])(s)\equiv\int_0^s\sigma(\tau)w(\tau)d\tau+\int_0^s\int_0^\beta(\beta-\eta)\vartheta(\tau,\eta)d\eta d\tau$.

Предполагая для простоты $q_1=0$, выбираем функцию

$$h(x)=G_0(x)p(x)\in L^1(0,X), \tag{1.1.6}$$

удовлетворяющую следующим условиям

$$|H(x,s)-H(y,s)|\le\lambda(s)\int_y^x h(\tau)d\tau,\quad y\le x, \tag{1.1.7}$$

$$|g_1(x)-g_1(s)|\le N|\varphi_0(x)-\varphi_0(s)|,\quad N=const,\ \forall x\in[0,X], \tag{1.1.8}$$

где $H(x,s)\equiv\int_s^x G_0(\tau)K_0(\tau,s)d\tau$, $\varphi_0(x)=\int_0^x h(s)ds$, $\lambda(s)\in L^1(0,X)$.

Регуляризация производится на основе системы (1.1.5), точнее на основе второго уравнения этой системы, которое предварительно эквивалентно преобразуется в интегральное уравнение Вольтерра первого рода

$$\begin{cases}\vartheta(x,t)=-a(x,t)\int_0^x\vartheta(s,t)ds+f(x,t,(A[w,\vartheta])(x,t)),\\ \int_0^x h(s)w(s)ds=\int_0^x H(x,s)g(s,(B[w,\vartheta])(s))ds+g_1(x).\end{cases} \tag{1.1.9}$$

Затем рассматривается система интегральных уравнений с малым параметром

$$\begin{cases}\vartheta_\varepsilon(x,t)=-a(x,t)\int_0^x\vartheta_\varepsilon(s,t)ds+f(x,t,(A[w_\varepsilon,\vartheta_\varepsilon])(x,t)),\\ \varepsilon w(x)=-\int_0^x h(s)w_\varepsilon(s)ds+\int_0^x H(x,s)g(s,(B[w_\varepsilon,\vartheta_\varepsilon])(s))ds+g_1(x).\end{cases} \tag{1.1.10}$$

Доказаны:

Теорема 1.1.1. Пусть выполняются условия (а – г; (1.1.7), (1.1.8)). Тогда регуляризованная система (1.1.10) разрешима в $(C(D_0),C[0,X])$ и это решение сходится равномерно при $\varepsilon\to 0$ к решению системы (1.1.9) с оценкой

$$\mathrm{E}(\varepsilon)\le(1-q_*)^{-1}\|\Delta(w,\varepsilon)\|_C,\quad \text{где } \|\Delta(w,\varepsilon)\|_C\le 3\|w(x)\|_C e^{-\frac{1}{\varepsilon^{1-\delta}}}+W_{\overline{w}}(\varepsilon^\delta),$$

$W_{\overline{w}}(\overline{\varepsilon})=\sup\limits_{|y-\upsilon|\le\overline{\varepsilon}}\left|w(\varphi_0^{-1}(y))-w(\varphi_0^{-1}(\upsilon))\right|$, $0<\delta<1$, $\varphi_0^{-1}(y)$- обратная к функции $\varphi_0(x)$. В этой теореме $\mathrm{E}(\varepsilon)\equiv\|\vartheta_\varepsilon(x,t)-\vartheta(x,t)\|_C+\|w_\varepsilon(x)-w(x)\|_C$.

Следствие 1.1.1. При условиях теоремы 1.1.1 решение задачи (1.1.1), (1.1.2), (1.1.3$_1$) единственно в $C^{1,1}(D_0)$.

В других параграфах диссертации единственность решения изучаемых задач не приводится, так как она доказывается аналогично следствию 1.1.1.

Лемма 1.1.1. Если имеют место условия теоремы 1.1.1, то приближенное решение задачи (1.1.1) – (1.1.3$_1$) строится по правилу

$$u_\varepsilon(x,t)=\int_0^x\sigma(s)w_\varepsilon(s)ds+\int_0^x\int_0^t\vartheta_\varepsilon(s,\eta)d\eta ds,$$

где $w_\varepsilon(x)$, $\vartheta_\varepsilon(x,t)$ - решение системы (1.1.10). Кроме того имеет место оценка

$$\|u_\varepsilon(x,t)-u(x,t)\|_C\le L_0(1-q_*)^{-1}\|\Delta(w,\varepsilon)\|_C,\ \text{где } L_0=\max(\|\int_0^X\sigma(s)ds\|_C,X\beta).$$

Теорема 1.1.2. Пусть система (1.1.9) имеет решение $\vartheta(x,t)\in L^q(0,X)$, $w(x)\in L_h^q(0,X)$, $q>1$, $w(0)=0$ при выполнении:

1) условий (а – г; (1.1.7), (1.1.8)) и $L=\max(L_1,L_2)<1$ (L_1,L_2 – выражаются через известные постоянные)

2) $(\sigma(s))^{q_0}/(h(s))^{q_0-1}\in L^1(0,X)$, $q_0>1$, $\frac{1}{q}+\frac{1}{q_0}=1$.

Тогда решение системы (1.1.10) сходится при $\varepsilon\to 0$ к решению системы (1.1.9) в смысле $\vartheta_\varepsilon(x,t)\to\vartheta(x,t)$ по норме $L^q(0,X)$, $w_\varepsilon(x)\to w(x)$ по норме $L_h^q(0,X)$ с оценкой $\|\vartheta_\varepsilon(x,t)-\vartheta(x,t)\|_q+\|w_\varepsilon(x)-w(x)\|_{q,h}\le 2\|\Delta(w,\varepsilon)\|_{q,h}/(1-L)$,

$$\text{где } \|\Delta(w,\varepsilon)\|_{q,h}\le\Big[\int_0^{\varepsilon^\delta}\left|w(\varphi_0^{-1}(y))\right|^q dy+\|w(x)\|_{q,h}^q e^{-\frac{q}{\varepsilon^{1-\delta}}}\Big]^{\frac{1}{q}}+$$

$$+\Big(\frac{2}{q_0}\Big)^{\frac{1}{q_0}}\Big[\frac{2}{q}W_{\overline{w}}^{q}(\varepsilon^\delta)+\frac{2^{q+1}}{q}\|w(x)\|_{q,h}^q e^{-\frac{q}{2\varepsilon^{1-\delta}}}\Big]^{\frac{1}{q}},\ \|w\|_{q,h}=\Big(\int_0^X h(s)|w(s)|^q ds\Big)^{\frac{1}{q}}.$$

Лемма 1.1.2. Если решение задачи (1.1.1) – (1.1.3$_1$): $u(x,t)\in L^q(0,X)$, а по t непрерывное, то при выполнении условий теоремы 1.1.2 имеет место оценка

$\| u_\varepsilon(x,t) - u(x,t) \|_q \le 2L_3 \|\Delta(w,\varepsilon)\|_{q,h} /(1-L)$,

$L_3 = \max\left(X^{\frac{1}{q}} \left(\int_0^X (\sigma(s))^{q_0} / (h(s))^{q_0 - 1} ds \right)^{\frac{1}{q_0}}, \beta X \right)$.

Аналогичным образом задача (1.1.1), (1.1.2), (1.1.23) сводится к интегральному уравнению

$$\vartheta(x,t) = -a(x,t)\int_0^x \vartheta(s,t)\,ds + f(x,t,(A[w,\vartheta])(x,t)).$$

При этом новая неизвестная функция $w(x)$ в (1.1.4) определяется из интегрального уравнения Вольтерра третьего рода

$$p(x)w(x) = \int_0^x K_0(x,s)w(s)ds + g_0(x), \quad w(0) = q_1, \qquad (1.1.25)$$

где $K_0(x,s) = \int_s^x K(x,\tau)\,d\tau \times \sigma(s)$, $q_1 = g_0(0)p^{-1}(0)$.

Предполагая, что при условиях (а - в) существует функция $G_0(x)$, при которой имеют место (1.1.7), (1.1.8), для интегрального уравнения (1.1.25) построено регуляризованное интегральное уравнение и доказываются:

д) регуляризованное уравнение имеет единственное решение в $C[0,X]$, устойчивое к малым изменениям правой части, если (1.1.5) имеет решение $w(x) \in C[0,X]$ (или $C_\varphi^\gamma[0,X]$),

е) это решение равномерно сходится к решению уравнения (1.1.25) при $\varepsilon \to 0$ (ε - параметр регуляризации),

ж) если (1.1.25) имеет решение $w(x) \in L^q(0,X)$, $(\lambda(s))^{q_0} /(h(s))^{q_0 - 1} \in L^1(0,X)$, $q_0 > 1$, $\frac{1}{q} + \frac{1}{q_0} = 1$, то решение регуляризованного уравнения сходится к $w(x)$ по метрике $L^q(0,X)$ при $\varepsilon \to 0$,

з) на основе результатов (д–ж) получено регуляризованное решение $u_\varepsilon(x,t)$, сходящееся к решению задачи (1.1.1), (1.1.2), (1.1.23) при $\varepsilon \to 0$ равномерно в случае (д-е) и по метрике $L^q(0,X)$ в случае ж).

Все утверждения пункта (д – з) сформулированы в виде теорем и лемм.

В конце этого параграфа рассматривается пример.

В §1.2 рассматривается задача (1.1.1) – (1.1.3) в предположении

а) $f(x,t,u) \in C(D_1)$, $F(x,z)$ непрерывна по x и непрерывно дифференцируема по z, $Q(x,\eta) \in C(D_0)$, $D_1 = D_0 \times R$, $D_0 = [0,X] \times [0,\beta]$,

б) $p_0(x) = \int_0^\beta Q(x,\eta)d\eta$, $p_0(x) \in C[0,X]$ и $p_0(x) > 0, \forall x \in [0,X)$, $p_0(X) = 0$. (1.2.4)

С помощью преобразования вида (1.1.4) задача (1.1.1) – (1.1.3) приводится к системе

$$\begin{cases} \vartheta(x,t) = (H_1[w,\vartheta])(x,t), \\ p(x)w(x) = (H_2[w,\vartheta])(x) + g_0(x), \end{cases} \qquad (1.2.8)$$

где $(H_2[w,\vartheta])(x) \equiv -F(x, \int_0^x \sigma(s)w(s)ds) - \int_0^{\beta}\int_0^{\eta} Q(x,\eta)\vartheta(x,\tau)d\tau d\eta$.

Допуская существование неотрицательной функции $K(x)$, при которой $h(x) = K(x)p(x) \in L^1(0,X)$, система (1.2.8) приводится к виду

$$\begin{cases} \vartheta(x,t) = (H_1[w,\vartheta])(x,t), \\ \int_0^x h(s)w(s)ds = \int_0^x K(s)(H_2[w,\vartheta])(s)ds + F(x), \end{cases} \qquad (1.2.10)$$

где $F(x) = \int_0^x K(s)g_0(s)ds$.

Указывается условие, при котором существует элемент $w_{\delta 0}(0)$, подчиняющийся условию $|\ w_{\delta_0}(0) - w(0)\ | \le Q(\delta_0)$ и $Q(\delta_0) \to 0$, при $\delta_0 \to 0$.

Вводя малый параметр ε, для (1.2.10) получим систему

$$\begin{cases} \vartheta_\varepsilon(x,t) = (H_1[w_\varepsilon,\vartheta_\varepsilon])(x,t), \\ \varepsilon w_\varepsilon(x) = -\int_0^x h(s)w_\varepsilon(s)ds + \int_0^x K(s)(H_2(w_\varepsilon,\vartheta_\varepsilon))(s)ds + \varepsilon w_{\delta_0}(0) + F(x). \end{cases} \qquad (1.2.11)$$

Доказаны следующие теоремы:

Теорема 1.2.1. Пусть выполняются условия (а, б) и

1) существует суммируемая функция $\sigma(x)$, удовлетворяющая условию $p(x) = p_0(x)\sigma(x) \in L^1(0,X)$, $|p^{-1}(x)| < +\infty$, $\forall x \in [0,X]$,

2) $0 < q_0 = q_1 + q_2 < 1$, где $q_1 = \max(q_1^0, q_2^0)$, $q_2 = \max(q_1^1, q_2^1)$, $q_1^0 = L_f\gamma_1$, $q_2^0 = (\| a(x,t) \|_C + L_f\beta)X$, $q_1^1 = (C_0 + e^{-1})L_F\gamma_1 N_0$, $q_2^1 = (C_0 + e^{-1})N_0 N_1 \beta$, $\| p_0(x) \| \le N_1, \| p^{-1}(x) \| \le N_0, \forall x \in [0,X], L_F = \sup_{\forall (x,z) \in D_2} | F_z(x,z) |$, $D_2 = [0,X] \times R$.

Тогда решение системы (1.2.11) при $\varepsilon \to 0$ ($Q(\delta_0) \underset{\varepsilon \to 0}{\to} 0$) равномерно сходится к решению системы (1.2.10) с оценкой ($0 < \delta < 1$)

$$\|w(x) - w_\varepsilon(x)\|_C + \|\vartheta(x,t) - \vartheta_\varepsilon(x,t)\|_C \le (1-q_0)^{-1}\left[4\|w(x)\|_C e^{-\frac{1}{\varepsilon^{1-\delta}}} + W_{\overline{w}}(\varepsilon^\delta) + 2Q(\delta_0)\right]$$

Теорема 1.2.2. Пусть выполняются условия теоремы 1.2.1. и $w(x) \in C_\varphi^\gamma[0,X]$, $0 < \gamma \le 1$, $w(0) = 0$.

Тогда имеет место оценка $E_\varepsilon \le (1-q_0)^{-1} M_0 \gamma_0 \varepsilon^\gamma$,

где $M_0 = \sup_{(x,s) \in D} |w(x) - w(s)| / |\varphi_0(x) - \varphi_0(s)|^\gamma$, $\gamma_0 = \gamma \int_0^\infty e^{-\upsilon}\upsilon^{\gamma - 1}d\upsilon$, $\varphi_0(x) = \int_0^x h(\upsilon)d\upsilon$.

Лемма 1.2.1. Если выполняются условия теорем 1.2.1, 1.2.2, то имеют место оценки: $\| u_\varepsilon(x,t) - u(x,t)\|_C \le L_4(1-q_0)^{-1}[\|\Delta(\varepsilon,w)\|_C + 2Q(\delta_0)]$,

$\| u_\varepsilon(x,t) - u(x,t)\|_C \le L_4(1-q_0)^{-1}M_0\gamma_0\varepsilon^\gamma$, соответственно, где $L_4 = \max(\gamma_1, \beta X)$.

В §1.3 изучаются вопросы регуляризации задачи (1.1.1), (1.1.2) и

$$p_0(x)u_x(x,0) - F(x,u(x,0)) - \int_0^x\int_0^\beta K(x,s,\eta)g(s,(N[u_s,u])(s,\eta))d\eta ds = g_0(x), \quad (1.3.6)$$

$(N[u_s,u])(s,\eta) \equiv \alpha u(s,0) + \gamma u_s(s,\eta)$, где $F(x,u_0) \in C(D_1)$ и липшицева по u_0 с коэффициентом $L_F(x) \ge 0$, $K(x,s,\eta) \in L^1(0,x)$ при любых фиксированных $(x,\eta) \in D_0$, $p_0(x)$ - невозрастающая функция и $p_0(x) > 0$, $\forall x \in [0,X)$, $p_0(x)|_{x=X} = 0$.

Этот случай существенно отличается от (1.1.3₁) и (1.1.23), рассмотренных в §1.1. Как было отмечено выше, используемый нами метод позволил регуляризовать задачу (1.1.1) – (1.1.3) в пространстве непрерывных функций. Однако, этот метод можно применить для регуляризации задачи (1.1.1), (1.1.2), (1.3.6) не только в пространстве непрерывных функций,но и в пространстве суммируемых функций. Доказаны:

Теорема 1.3.2. Пусть выполняются условия (а, б; (1.3.10) – (1.3.12)) и система (1.3.13) имеет решение $w(x) \in L_h^q(0,X)$, $w(0)=0$, $\vartheta(x,t) \in L^q(0,X)$. Тогда, если $\left(1+(\lambda(x))^{q_0}\right)(\sigma(x))^{q_0}/(h(x))^{q_0-1} \in L^1(0,X)$, $\frac{1}{q_0}+\frac{1}{q}=1$, $q_0>1$, то $w_\varepsilon(x) \to w(x)$ по норме $L_h^q(0,X)$ и $\vartheta_\varepsilon(x,t) \to \vartheta(x,t)$, $\forall t \in [0,\beta]$ по норме $L^q(0,X)$ при $\varepsilon \to 0$, где $w_\varepsilon(x)$, $\vartheta_\varepsilon(x,t)$ - решение системы (1.3.15). При этом имеет место оценка

$$\|w_\varepsilon(x) - w(x)\|_{q,h} + \|\vartheta_\varepsilon(x,t) - \vartheta(x,t)\|_q \le 2(1-Q)^{-1}\|\Delta(w,\varepsilon)\|_{q,h}. \quad (1.3.25)$$

Лемма 1.3.2. Если выполняются условия теоремы 1.3.2, то имеет место оценка

$$\|u_\varepsilon(x,t) - u(x,t)\|_q \le 2Q_3\|\Delta(w,\varepsilon)\|_{q,h}/(1-Q), \quad (1.3.27)$$

где $Q_3 = \max\left(X^{\frac{1}{q}}M_1, \beta X\right)$, $u_\varepsilon(x,t) = \int_0^x \sigma(s)w_\varepsilon(s)ds + \int_0^x\int_0^t \vartheta_\varepsilon(s,\eta)d\eta ds$,

$Q = Q_1 + Q_2 < 1$, $M_1 = \left(\int_0^X (\sigma(s))^{q_0}/(h(s))^{q_0-1}ds\right)^{\frac{1}{q_0}}$, $0<Q_1, Q_2 = const$.

Здесь:

$$|L_F(x)G_0(x)| \le Q_0 h(x), \quad (1.3.10)$$

$$|H(x,s,\eta) - H(y,s,\eta)| \le \lambda(s)\int_y^x h(\tau)d\tau, \ y \le x, \quad (1.3.11)$$

$$|g_1(x) - g_1(s)| \le N_0|\varphi_0(x) - \varphi_0(s)|, \ N_0 = const, \forall (x,s) \in G = \{0 \le s \le x \le X\}, \quad (1.3.12)$$

где $g_1(x) \equiv \int_0^x G_0(s)g_0(s)ds$, $\lambda(x) \in L^1(0,X)$, $\varphi_0(x) = \int_0^x h(s)ds$,

$H(x,s,\eta) \equiv \int_s^x G_0(\tau)K(\tau,s,\eta)d\tau$,

$$\begin{cases} \vartheta(x,t) = -a(x,t)\int_0^x \vartheta(s,t)ds + f(x,t,(A[w,\vartheta])(x,t)), \\ \int_0^x h(s)w(s)ds = (L_1 w)(x) + (L_2[w,\vartheta])(x) + g_1(x), \end{cases} \quad (1.3.13)$$

$$\begin{cases} \vartheta_\varepsilon(x,t) = -a(x,t)\int_0^x \vartheta_\varepsilon(s,t)ds + f(x,t,(A[w_\varepsilon,\vartheta_\varepsilon])(x,t)), \\ \varepsilon w_\varepsilon(x) = -\int_0^x h(s)w_\varepsilon(s)ds + (L_1 w_\varepsilon)(x) + (L_2[w_\varepsilon,\vartheta_\varepsilon])(x) + g_1(x). \end{cases} \quad (1.3.15)$$

В главе II рассматриваются системы дифференциальных уравнений гиперболического типа с нестандартными условиями Гурса.

В §2.1. изучается следующая задача

$$u_{xt}(x,t) + a(x,t)u_t(x,t) = f(x,t,u(x,t)), \quad (2.1.1)$$

$$u(0,t) = 0, \forall t \in [0,\beta], \quad (2.1.2)$$

$$p_0(x)u_x(x,0) = \int_0^x\int_0^\beta K(x,s,\eta)(\alpha u(s,0) + \gamma u(s,\eta))d\eta ds + g_0(x), \quad (2.1.3)$$

где $\alpha, \gamma = const$, $g_0(x)$, $f(x,t,u)$ - известные функции, $u(x,t)$ - искомая вектор–функция, $K(x,s,\eta)$ диагональная, $a(x,t)$ - квадратная заданные матричные функции порядка n, $p_0(x)$ - известная функция. Эти данные удовлетворяют следующим условиям:

а) $f(x,t,u) \in C_n(D_1)$, $D_1 = D_0 \times R^n$, $D_0 = [0,X] \times [0,\beta]$ и липшицева по u в D_1 с коэффициентом $L_f > 0$;

б) $a(x,t) \in C_n(D_0)$, $K(x,s,\eta) \in L_n^1(0,X)$ для любых фиксированных $(x,\eta) \in D_0$, $g_0(x) \in C_n[0,X]$, $p_0(x)$ - недифференцируемая невозрастающая функция и $p_0(x) > 0$, $\forall x \in [0,X)$, $p_0(x)|_{x=X} = 0$.

Пусть существует известная суммируемая функция $\sigma(x)$:

$p(x) = p_0(x)\sigma(x) \in L^1(0,X)$, $|p^{-1}(x)| < +\infty$, $\forall x \in [0,X]$. Введем матричную функцию $h(x) = diag(h_1(x),...,h_n(x))$, где $h_i(x) = G_i(x)p(x)$, $i=\overline{1,n}$, $0 \le h_i(x) \in L^1(0,X)$ такую, что

1) $\|h(x)\| \le C_1\lambda(x)$, $0 < C_1 = const$ (2.1.6)

$\lambda(x)=\min\limits_{1\le i\le n}\lambda_i(x)$, $\lambda_i(x)$ - собственные значения матрицы $h(x)$, $0\le\lambda(x)\in L^1(0,X)$;

2) $\|H(x,s,\eta)-H(y,s,\eta)\|\le C_2(s)\int_y^x \lambda(\tau)d\tau,\ y\le x,$ (2.1.7)

где $0\le C_2(s)\in L^1(0,x)$, $H(x,s,\eta)=diag(H_1(x,s,\eta),...,H_n(x,s,\eta))$,

$H_i(x,s,\eta)=\int_s^x G_i(\tau)K_{0i}(\tau,s,\eta)d\tau$, $K_{0i}(\tau,s,\eta)=\int_s^\tau K_i(\tau,y,\eta)dy$, $i=\overline{1,n}$;

3) для вектор – функции $g_1(x)=\int_0^x G(s)g_0(s)ds$ имеет место условие

$\|g_1(x)-g_1(s)\|\le \overline{Q}_0|\varphi(x)-\varphi(s)|$, $0<\overline{Q}_0=const$, $\varphi(x)=\int_0^x\lambda(\tau)d\tau$.

Тогда с использованием преобразования вида (1.1.4) задача (2.1.) – (2.1.3) сводится к системе интегральных уравнений

$$\begin{cases}\vartheta(x,t)=-a(x,t)\int_0^x \vartheta(s,t)ds+f(x,t,(A[w,\vartheta])(x,t)),\\ \int_0^x h(s)w(s)ds=\int_0^x\int_0^\beta H(x,s,\eta)(A_0[w,\vartheta])(s,\eta)d\eta ds+g_1(x),\end{cases}\qquad(2.1.8)$$

где $(A_0[w,\vartheta])(s,\eta)\equiv(\alpha+\gamma)\int_0^s\sigma(\tau)w(\tau)d\tau+\gamma\int_0^\eta\vartheta(s,z)dz.$

Для простоты допуская $w(0)=0$, в выше приведенных предположениях доказывается, что полученная система регуляризуема и решение регуляризованной системы при выполнении определенных условий сходится к её решению по норме пространств C_n, $C^\gamma_{n,\varphi}$, L^q_n, если $\varepsilon\to0$.

Теорема 2.1.1. Если выполняются условия (а,б,(2.1.6), (2.1.7)) и система (2.1.8) имеет решение $w(x)\in C_n[0,X]$, $\vartheta(x,t)\in C_n(D_0)$, причем $q_3=q_1+q_2<1$, то регуляризованная система разрешима и это решение $(w_\varepsilon(x);\vartheta_\varepsilon(x,t))$ сходится при $\varepsilon\to0$ по норме $C_n[0,X]$ и $C_n(D_0)$ к решению $(w(x);\vartheta(x,t))$ системы (2.1.8), с оценкой

$$\|w_\varepsilon(x)-w(x)\|_C+\|\vartheta_\varepsilon(x,t)-\vartheta(x,t)\|_C\le(1-q_3)^{-1}\|\Delta(w,\varepsilon)\|_C,$$

где $\|\Delta(w,\varepsilon)\|_C\le(2C_1+1)e^{-\frac{1}{\varepsilon^{1-\delta}}}\sqrt{n}\|w(x)\|_C+(1+C_1)W_{\overline{w}}(\varepsilon^\delta)\sqrt{n}$, $0<\delta<1$,

$W_{\overline{w}}(\bar\varepsilon)=\sup\limits_{|y-\upsilon|\le\bar\varepsilon}\|w(\varphi^{-1}(y))-w(\varphi^{-1}(\upsilon))\|$ - модуль непрерывности, $\varphi^{-1}(y)$ - обратная к функции $\varphi(x)$, где q_1 и q_2 выражаются через известные постоянные.

Теорема 2.1.2. Пусть выполняются условия (а, б, (2.1.6), (2.1.7)) и

система имеет решение $w(x)\in C^\gamma_{n,\varphi}[0,X]$, $\vartheta(x,t)\in C_n(D_0)$, $w(0)=0$ и $q_3=q_1+q_2<1$. Тогда решение регуляризованной системы сходится при $\varepsilon\to0$ к решению системы (2.1.8) по норме $C_n[0,X]$ и $C_n(D_0)$, причем $\|w_\varepsilon(x)-w(x)\|_C+\|\vartheta_\varepsilon(x,t)-\vartheta(x,t)\|_C\le(1-q_3)^{-1}Q_3\varepsilon^\gamma$,

где $Q_3=Q_0(|1-C_1|\gamma_1+C_1\gamma_0)\sqrt{n}$, $\gamma_1=\sup\limits_{\upsilon\in[0,\infty)}\upsilon^\gamma e^{-\upsilon}=e^{-1}$, $\gamma_0=\gamma\int_0^\infty e^{-\upsilon}\upsilon^{\gamma-1}d\upsilon$,

$Q_0=\sup\limits_{(x,s)\in[0,X]}\|w(x)-w(s)\|/|\varphi(x)-\varphi(s)|^\gamma$, $0<\gamma\le1$.

Теорема 2.1.3. Если имеют места условия (а, б, (2.1.6), (2.1.7)) и существует решение системы (2.1.8): $w(x)\in L^q_{n,\lambda}(0,X)$, $w(0)=0$, $\vartheta(x,t)\in L^q_n(0,X)$ и $(\sigma(x))^{q_0}/(\lambda(x))^{q_0-1}\in L^1(0,X)$, $Q=Q_1+Q_2<1$, где Q_1 и Q_2 - выражаются через известные постоянные, то решение $w_\varepsilon(x)\in L^q_{n,\lambda}(0,X)$, $\vartheta_\varepsilon(x,t)\in L^q_n(0,X)$ регуляризованной системы сходится при $\varepsilon\to0$ к решению $(w(x),\vartheta(x,t))$ системы (2.1.8), соответственно по норме $L^q_{n,\lambda}(0,X)$ и $L^q_n(0,X)$, причем $\|w_\varepsilon(x)-w(x)\|_{q,\lambda}+\|\vartheta_\varepsilon(x,t)-\vartheta(x,t)\|_q\le2(1-Q)^{-1}\|\Delta(w,\varepsilon)\|_{q,\lambda}$.

На основе этих теорем и интегрального преобразования (1.1.4) построено регуляризованное решение $u_\varepsilon(x,t)$ задачи (2.1.1) – (2.1.3) и доказаны

Лемма 2.1.1. Если выполняются условия теоремы 2.1.1, то имеет место оценка $\|u_\varepsilon(x,t)-u(x,t)\|_C\le M[(2C_1+1)\|w(x)\|_C e^{-\frac{1}{\varepsilon^{1-\delta}}}+(C_1+1)W_{\overline{w}}(\varepsilon^\delta)]\sqrt{n}/(1-q_3)$,

где $M=\max(\int_0^X\sigma(s)ds,\beta X)$, $u_\varepsilon(x)=\int_0^x\sigma(s)w_\varepsilon(s)ds+\int_0^x\int_0^t\vartheta_\varepsilon(s,\eta)d\eta ds$, $u(x,t)$ - решение задачи (2.1.1) – (2.1.3), $(w_\varepsilon(x);\ \vartheta_\varepsilon(x,t))$ -решение регуляризованной системы.

Лемма 2.1.2. Если выполняются условия теоремы 2.1.2, то имеет место оценка $\|u_\varepsilon(x,t)-u(x,t)\|_C\le Q_5(1-q_3)^{-1}Q_3\varepsilon^\gamma$, а при выполнении условий теоремы 2.1.3 справедлива оценка $\|u_\varepsilon(x,t)-u(x,t)\|_q\le2Q_6(1-Q)^{-1}\|\Delta(w,\varepsilon)\|_{q,\lambda}$,

где $Q_5=\max(\int_0^X\sigma(s)ds,\beta X)$, $Q_6=\max\{X^{\frac1q}M_1,\beta X\}$, $w_\varepsilon(x)$, $\vartheta_\varepsilon(x,t)$ - решение регуляризованной системы, $u(x,t)$-решение задачи (2.1.1)–(2.1.3).

В §2.2. исследуется система дифференциальных уравнений (2.1.1) с условиями (2.1.2) и

$$p_0(x)u_x(x,0)=\int\limits_0^x\int\limits_0^\beta K(x,s,\eta)g(s,u(s,0),u(s,\eta))d\eta ds+g_0(x). \qquad (2.2.3)$$

Относительно $f(x,t,u)$, $a(x,t)$, $p_0(x)$, $K(x,s,\eta)$, $g_0(x)$ остаются в силе все условия §2.1, а вектор–функция $g(s,w,u)\in C_n(D_3)$, $D_3=[0,X]\times R^n\times R^n$ и липшицева по w,u с коэффициентами $L_{ig}>0$, $(i=1,2)$.

Основными результатами настоящего параграфа являются доказанные теоремы о сходимости при $\varepsilon\to 0$ решения регуляризованной системы к решению исходной системы по норме пространств $C_n, C^\gamma_{n,\varphi}, L^q_n$ и леммы, дающие оценки по норме этих пространств разности $u_\varepsilon(x,t)-u(x,t)$, где $u(x,t)$ - точное решение задачи (2.1.1), (2.1.2), (2.2.3), $u_\varepsilon(x,t)$ - решение регуляризованной задачи.

В §2.3 рассматривается система (2.1.1) с условиями (2.1.2) и ($\alpha,\gamma=const.$)

$$p_0(x)u_x(x,0)=F(x,u(x,0))+\int\limits_0^x\int\limits_0^\beta K(x,s,\eta)(\alpha u(s,0)+\gamma u_s(s,\eta))d\eta ds+g_0(x). \qquad (2.3.3)$$

Эта задача отличается от задач предыдущих параграфов нелинейной вектор–функцией $F(x,u_0)\in C_n(D_1)$, являющейся липшицевой по u_0. Тогда, используя интегральное преобразование вида (1.1.4) и вводя диагонально–матричную функцию $h(x)=G(x)p(x)$, рассматриваемая задача сводится к системе интегральных уравнений, регуляризованная система для которой имеет вид

$$\begin{cases}\vartheta_\varepsilon(x,t)=(N_1[w_\varepsilon,\vartheta_\varepsilon])(x,t),\\ \varepsilon w_\varepsilon(x)=-\int\limits_0^x h(s)w_\varepsilon(s)ds+(N_4[w_\varepsilon,\vartheta_\varepsilon])(x)+\varepsilon w(0).\end{cases} \qquad (2.3.9)$$

где $(N_4[w,\vartheta])(x,t)\equiv\int\limits_0^x G(s)F(s,(Tw)(s))ds+$

$$+\int\limits_0^x\int\limits_0^\beta H(x,s,\eta)[\alpha(Tw)(s)+\gamma(A[w,\vartheta])(s,\eta)]d\eta ds+g_1(x), \qquad (Tw)(s)=\int\limits_0^s\sigma(\tau)w(\tau)d\tau,$$

$g_1(x)$ и оператор N_1 такие же, как и в §2.1.

Далее доказаны теоремы сходимости при $\varepsilon\to 0$ решения системы (2.3.9) к решению исходной системы по норме пространств $C_n, C^\gamma_{n,\varphi}, L^q_n$ и леммы об оценке разности $u_\varepsilon(x,t)-u(x,t)$ по норме указанных пространств.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Из изложенного видно, что предложенный метод регуляризации краевой задачи для дифференциальных уравнений гиперболического типа позволил регуляризовать ее в общем случае в пространстве непрерывных функций. Для частных случаев задачи метод позволяет исследовать

их также и в пространстве суммируемых функций. Результаты работы могут быть использованы для исследования дифференциальных уравнений более высокого порядка, для исследования уравнений типа Манжерона с граничными условиями, линейных и нелинейных уравнений Вольтерра третьего рода более сложной структуры и других.

В заключение автор выражает глубокую благодарность научному руководителю доктору физико–математических наук, профессору Омурову Т.Д. за постановку задачи и постоянное внимание к работе.

ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. (совм. с Омуровым Т.Д.) Регуляризация системы дифференциальных уравнений с нелинейными граничными условиями// Исслед. по интегро-дифференц. уравнениям. -Бишкек: Илим, 2001.–Вып. 30.–С.208-213.
2. (совм. с Омуровым Т.Д.) Регуляризация неклассической задачи Гурса для системы дифференциальных уравнений в частных производных //Труды междунар.науч.конф., посвящ. 70-летию академика М.И.Иманалиева «Асимптотические, топологические и компьютерные методы в математике»//Вестн. КГНУ. Серия естествен.-техн. науки.-Бишкек, 2001. –Вып. 6. -С.121-126.
3. (совм. с Омуровым Т.Д., Каракеевым Т.Т.) Неклассическая задача Гурса для системы дифференциальных уравнений//Вестн.КГНУ. Серия математ. науки. -Бишкек, 2001.-Вып.7.-С.18-22.
4. (совм. с Каракеевым Т.Т.) Об одном варианте регуляризации для решения системы двумерных интегральных уравнений Вольтера третьего рода// Вестн.КГНУ.Серия естествен.-техн.науки.-Бишкек,1999.–Вып.1.-С.145-149.
5. (совм. с Каракеевым Т.Т.) Нестандартная задача Гурса с невозрастающей функцией в граничных условиях// Вестн. КГНУ. Серия труды молодых ученых. -Бишкек, 2000. –Вып. 3. -С. 29-33.
6. Регуляризация неклассической задачи Гурса для системы дифференциальных уравнений в частных производных//Материалы междунар.науч. конф., посвящ. 45-летию образования строительного факультета «Проблемы строительства и архитектуры на пороге XXI века».–Бишкек, Илим, 2000. –С. 138-144.
7. Приближенное решение задачи типа Гурса с невозрастающей функцией в граничных условиях//Труды междунар. науч. конф. «Проблемы математики и информатики в XXI веке». Вестн. КГНУ. Серия естествен.–техн.науки. -Бишкек,2000. –Вып. 4.-С.78-82.
8. Регуляризация задачи типа Гурса с негладкой и невозрастающей функцией в граничных условиях// Вестн. КГНУ. Серия математ. науки.-Бишкек, 2001. -Вып.7. -С. 189-194.
9. Решение задачи типа Гурса для нелинейного дифференциального уравнения// Вестн. КГНУ. Серия математ.науки. -Бишкек, 2001. -Вып. 7. -С.194-198.

ТУГАНБАЕВ МАРАТ МАНСУРОВИЧ

РЕГУЛЯРИЗАЦИЯ ДИФФРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ ГИПЕРБОЛИЧЕСКОГО ТИПА С НЕСТАНДАРТНЫМИ УСЛОВИЯМИ ГУРСА

В диссертационной работе исследованы краевые задачи для дифференциальных уравнений в частных производных гиперболического типа с нестандартно заданными граничными условиями Гурса, которые относятся к неразрешенным на основе классических методов системам. С помощью предложенного интегрального преобразования задача сводится к системе смешанной структуры. Доказаны существование и единственность решения регуляризованной задачи и её сходимость к решению задачи в пространствах C, C_{φ}^{γ}, L^{q} при стремлении к нулю параметра регуляризации.

Полученные в работе результаты обобщаются для системы n дифференциальных уравнений гиперболического типа с граничными условиями Гурса.

ТУГАНБАЕВ МАРАТ МАНСУРОВИЧ

ГУРСАНЫН СТАНДАРТТУУ ЭМЕС ШАРТЫ МЕНЕН БЕРИЛГЕН ГИПЕРБОЛАЛЫК ТИПТЕГИ ДИФФЕРЕНЦИАЛДЫК ТЕНДЕМЕЛЕРДИ РЕГУЛЯРИЗАЦИЯЛОО

Диссертациялык иште Гурсанын стандартуу эмес түрдө берилген шарты менен гиперболалык типтеги жекече туундудагы дифференциалдык тендемелер үчүн классикалык методдор менен чечилбес четки маселелери изилденген. Сунуш кылынган интегралдык өзгөртүүнүн жардамы менен маселе аралашкан структурадагы системага келтирилет. Регуляризациялоо параметри нөлгө умтулганда, C, C_{φ}^{γ}, L^{q} мейкиндиктерде регуляризациялаңган маселенин чыгарылышынын жашашы, жалгыздыгы жана маселенин чыгарылышына жыйналгычтыгы далилденген.

Диссертациялык иште алынган жыйынтык гиперболалык типтеги n дифференциалдык тендемелердин системасы үчүн жалпыланган.

MARAT M. TUGANBAEV

REGULARIZATION OF DIFFERENTIAL EQUATIONS OF THE HYPERBOLIC TYPE WITH NON–STANDARD GOURSAT'S CONDITIONS

The dissertation contains the research of boundary value problems for to differential equations of the hyperbolic type with non–standard Goursat's conditions. They belong to unsolved problem from the classic method. The task gets to mixed structure system with help of integral conversion. The existence, the only possible solution of the regularity task, its getting to solve task in spaces C, C_{φ}^{γ}, L^{q}, when strives to zero are proved.

The results are generalized for the system "n" of differential equations of hyperbolic type with Goursat's conditions.