BAKI UNİVERSİTETİNİN XƏBƏRLƏRİ

№1 Fizika-riyaziyyat elmləri seriyası 2015

УДК 517.95

О РАЗРЕШИМОСТИ ОДНОЙ КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ ДЛЯ ГИПЕРБОЛИЧЕСКОГО УРАВНЕНИЯ ВТОРОГО ПОРЯДКА С ИНТЕГРАЛЬНЫМ УСЛОВИЕМ ПЕРВОГО РОДА

Г.Н.ИСКЕНДЕРОВА
Бакинский Государственный Университет
gulnar1890@mail.ru

В работе исследована одна краевая задача для гиперболического уравнения второго порядка с интегральным условием первого рода. Доказывается существование и единственность классического решения исходной задачи.

Ключевые слова: краевая задача, гиперболическое уравнение, метод Фурье, классическое решение.

В настоящее время теория нелокальных задач интенсивно развивается и представляет собой важный раздел теории дифференциальных уравнений с частными производными. Большой интерес в этой области представляют задачи с нелокальными интегральными условиями. Появление интегральных условий связано с тем, что при излучении некоторых физических процессов границы областей их протекания могут оказаться недоступными для непосредственных измерений, хотя известно среднее значение искомых величин. Условия такого вида могут появиться при математическом моделирования явлений, связанных с физической плазмой [1], распространением тепла [2], [3], процессом влагопереноса в капиллярно-пористых средах [4], вопросами демографии и математической биологии.

1. Постановка задачи и ее сведение к эквивалентной задаче

Рассмотрим для уравнения

$$u_{tt}(x,t) - u_{xx}(x,t) = a(t)u(x,t) + f(x,t) \tag{1}$$

в области $D_T = \{(x,t) : 0 \le x \le 1,\ 0 \le t \le T\}$ обратную краевую задачу с начальными условиями

$$u(x,0)=\varphi(x), \quad u_t(x,0)=\psi(x) \quad (0\le x\le 1), \tag{2}$$

граничным условием Дирихле

$$u(1,t)=0, \qquad (0\le t\le T), \tag{3}$$

нелокальным интегральным условием

$$\int_0^1 u(x,t)dx=0 \qquad (0\le t\le T), \tag{4}$$

где $a(t),\ f(x,t),\ \varphi(x),\ \psi(x),\ h(t)$ - заданные функции, а $u(x,t)$ - искомая функция.

Определение. Классическим решением краевой задачи (1)-(4) назовем функцию $u(x,t)\in C^2(D_T)$ удовлетворяющую уравнению (1) в D_T, условиям (2) и $[0,1]$ и условиям (3)-(4) в $[0,T]$ в обычном смысле.

Аналогично [5] можно доказать следующую лемму.

Лемма 1. Пусть функция $\varphi(x),\psi(x)\in C[0,1],\ h(t)\in C^2[0,T],\ \ h(t)\ne 0$ $(0\le t\le T)$, $f(x,t)\in C(D_T)$, $\int_0^1 f(x,t)dx=0$ $(0\le t\le T)$ и выполняются условия согласования

$$\int_0^1 \varphi(x)dx=0, \ \int_0^1 \psi(x)dx=0.$$

Тогда задача нахождения классического решения задачи (1)-(4) эквивалентна задаче определения функции $u(x,t)\in C^2(D_T)$, из (1)-(3) и

$$u_x(1,t)=u_x(1,t) \qquad (0\le t\le T). \tag{5}$$

2. Доказательство существования и единственности классического решения обратной краевой задачи

Известно [6], что последовательности функций

$$X_0(x)=2(1-x),\ldots,X_{2k-1}(x)=4(1-x)\cos\lambda_k x,\, X_{2k}(x)=4\sin\lambda_k x,\ldots, \tag{6}$$

$$Y_0(x)=1,\ldots,Y_{2k-1}(x)=\cos\lambda_k x, Y_{2k}(x)=x\sin\lambda_k x,\ldots, \tag{7}$$

образуют биортогональную систему и система (6) образует базис Рисса в $L_2(0,1)$, где $\lambda_k=2k\pi$ $(k=1,2,\ldots)$. Тогда произвольная функция $g(x)\in L_2(0,1)$ разлагается в биортогональный ряд:

$$g(x)=g_0X_0(x)+\sum_{k=1}^{\infty}g_{2k-1}X_{2k-1}(x)+\sum_{k=1}^{\infty}g_{2k}X_{2k}(x),$$

где коэффициенты g_0, g_{2k-1}, g_{2k} вычисляются по формулам

$$g_0=\int_0^1 g(x)Y_0(x)dx, \ \ g_{2k-1}=\int_0^1 g(x)Y_{2k-1}(x)dx, \ g_{2k}=\int_0^1 g(x)Y_{2k}(x)dx.$$

Предположим, что

$$g(x) \in C^{2i-1}[0,1], \qquad g^{(2i)}(x) \in L_2(0,1),$$
$$g^{(2s)}(1) = 0, \ g^{(2s+1)}(0) = g^{(2s+1)}(1) \quad (i \ge 1, \ s = \overline{0, i-1}).$$

Тогда имеют место следующие оценки [7]:

$$\sum_{k=1}^{\infty} (\lambda_k^{2i} g_{2k-1})^2 \le \frac{1}{2} \left\| g^{(2i)}(x) \right\|_{L_2(0,1)}, \tag{8}$$

$$\sum_{k=1}^{\infty} (\lambda_k^{2i} g_{2k})^2 \le \frac{1}{2} \left\| g^{(2i)}(x) x + 2i g^{(2i-1)}(x) \right\|_{L_2(0,1)}. \tag{9}$$

Далее, пусть

$$g(x) \in C^{2i}[0,1], \qquad g^{(2i+1)}(x) \in L_2(0,1),$$
$$g^{(2s)}(1) = 0, \ g^{(2s-1)}(0) = g^{(2s-1)}(1) \quad (i \ge 1, \ s = \overline{0, i}),$$

тогда:

$$\sum_{k=1}^{\infty} (\lambda_k^{2i+1} g_{2k-1})^2 \le \frac{1}{2} \left\| g^{(2i+1)}(x) \right\|_{L_2(0,1)}^2, \tag{10}$$

$$\sum_{k=1}^{\infty} (\lambda_k^{2i+1} g_{2k})^2 \le \frac{1}{2} \left\| g^{(2i+1)}(x) x + (2i+1) g^{(2i)}(x) \right\|_{L_2(0,1)}^2. \tag{11}$$

Обозначим через $B_{2,T}^3$ [7] совокупность всех функций $u(x,t)$ вида

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

рассматриваемых в D_T, где каждая из функций $u_k(t)$ непрерывна на $[0,T]$ и

$$J_T(u) \equiv \left\| u_0(t) \right\|_{C[0,T]} + \left(\sum_{k=1}^{\infty} \left(\lambda_k^3 \left\| u_{2k-1}(t) \right\|_{C[0,T]} \right)^2 \right)^{1/2} +$$

$$+ \left(\sum_{k=1}^{\infty} \left(\lambda_k^3 \left\| u_{2k}(t) \right\|_{C[0,T]} \right)^2 \right)^{1/2} < \infty .$$

Норму на этом множестве определим так:

$$\left\| u(x,t) \right\|_{B_{2,T}^3} = J_T(u).$$

Функция $u(x,t)$, как элемент пространства $B_{2,T}^3$, в частности, обладает следующими свойствами:

$$u(x,t), u_x(x,t), u_{xx}(x,t) \in C(D_T), \ \ u_{xxx}(x,t) \in C([0,T]; L_2(0,1));$$

$$u(1,t) = 0, \ u_x(0,t) = u_x(1,t), \ u_{xx}(1,t) = 0 \quad (0 \le t \le T).$$

Очевидно, что $B_{2,T}^3$ является банаховым пространством.

Так как система (6) образует базис Рисса в $L_2(0,1)$, то каждое решение задачи (1)-(3),(5) будем искать в виде

$$u(x,t)=\sum_{k=0}^{\infty}u_k(t)X_k(x), \tag{12}$$

где

$$u_k(t)=\int_0^1 u(x,t)Y_k(x)dx \qquad (k=0,1,...), \tag{13}$$

причем $X_k(x)$ и $Y_k(x)$ определены соотношениями (8) и (9), соответственно.

Применяя метод разделения переменных для определения искомых функций $u_k(t) \quad (k=0,1,...)$, из (1) и (2) имеем:

$$u_0''(t)=a(t)u_0(t)+f_0(t), \tag{14}$$

$$u_{2k-1}''(t)+\lambda_k^2 u_{2k-1}(t)=a(t)u_{2k-1}(t)+f_{2k-1}(t) \qquad (k=1,2), \tag{15}$$

$$u_{2k}''(t)+\lambda_k^2 u_{2k}(t)=a(t)u_{2k}(t)+f_{2k}(t)+2\lambda_k u_{2k-1}(t) \qquad (k=1,2), \tag{16}$$

$$u_k(0)=\varphi_k, \ \ u_k'(T)=\psi_k \qquad (k=0,1,...), \tag{17}$$

где

$$F_k(t:u,a)=f_k(t)+a(t)u_k(t), \quad f_k(t)=\int_0^1 f(x,t)Y_k(x)dx,$$

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

Решая эту задачу находим:

$$u_0(t)=\varphi_0+t\psi_0+\int_0^t(t-\tau)F_0(\tau;u,a)d\tau \qquad (0\le t\le T), \tag{18}$$

$$u_{2k-1}(t)=\varphi_{2k-1}\cos\lambda_k t+\psi_{2k-1}\frac{1}{\lambda_k}\sin\lambda_k t+$$

$$+\frac{1}{\lambda_k}\int_0^t F_{2k-1}(\tau;u,a)\sin\lambda_k(t-\tau)d\tau \qquad (k=1,2,...;\ 0\le t\le T), \tag{19}$$

$$u_{2k}(t)=\varphi_{2k}\cos\lambda_k t+\psi_{2k}\frac{1}{\lambda_k}\sin\lambda_k t+\frac{1}{\lambda_k}\int_0^t F_{2k}(\tau;u,a)\sin\lambda_k(t-\tau)d\tau-$$

$$-t\varphi_{2k-1}\sin\lambda_k t-\frac{1}{\lambda_k}\left(\frac{1}{\lambda_k}\sin\lambda_k t-t\cos\lambda_k t\right)\psi_{2k-1}-$$

$$-\frac{2}{\lambda_k}\int_0^t\left(\int_0^T F_{2k-1}(\xi;u,a)\sin\lambda_k(\tau-\xi)d\xi\right)\sin\lambda_k(t-\tau)d\tau \quad (k=1,2,...), \tag{20}$$

где

$$F_k(t;u,a)=f_k(t)+a(t)u_k(t) \qquad (k=0,1,...;\ 0\le t\le T).$$

После подстановки выражений $u_k(t)$ $(k=0,1,...)$ в (12), для определения $u(x,t)$ решения задачи (1)-(3), (5) получаем:

$$u(x,t)=\left(\varphi_0+t\psi_0+\int_0^t (t-\tau)F_0(\tau;u,a)d\tau\right)X_0(x)+\sum_{k=1}^{\infty}\left(\varphi_{2k-1}\cos\lambda_k t+\right.$$

$$+\psi_{2k-1}\frac{1}{\lambda_k}\sin\lambda_k t+\frac{1}{\lambda_k}\int_0^t F_{2k-1}(\tau;u,a)\sin\lambda_k(t-\tau)d\tau\Bigg)X_{2k-1}(x)+$$

$$+\sum_{k=1}^{\infty}\left(\varphi_{2k}\cos\lambda_k t+\psi_{2k}\frac{1}{\lambda_k}\sin\lambda_k t+\frac{1}{\lambda_k}\int_0^t F_{2k}(\tau;u,a)\sin\lambda_k(t-\tau)d\tau-\right.$$

$$-t\varphi_{2k-1}\sin\lambda_k t-\frac{1}{\lambda_k}\left(\frac{1}{\lambda_k}\sin\lambda_k t-t\cos\lambda_k t\right)\psi_{2k-1}-$$

$$\left.-\frac{2}{\lambda_k}\int_0^t\left(\int_0^T F_{2k-1}(\xi;u,a)\sin\lambda_k(\tau-\xi)d\xi\right)\sin\lambda_k(t-\tau)d\right)X_{2k}(x)\,. \qquad (21)$$

Таким образом, решение задачи (1)-(3),(5) сведено к решению (21) относительно неизвестной функции $u(x,t)$.

Для изучения вопроса единственности решения задачи (1)-(3),(5) важную роль играет следующая

Лемма 2. Если $u(x,t)$ - любое решение задачи (1)-(3),(5), то функции $u_k(t)$ $(k=0,1,...)$, определенные соотношением (13), удовлетворяют на $[0,T]$ счетной системе (18)-(20).

Замечание. Из леммы 2 следует, что для доказательства единственности решения задачи (1)-(3),(5) достаточно доказать единственность решения (21).

Рассмотрим в пространстве $B_{2,T}^3$ оператор

$$\Phi(u,a)=\tilde{u}(x,t)=\sum_{k=0}^{\infty}\tilde{u}_k(t)X_k(x)\,,$$

где $\tilde{u}_0(t),\tilde{u}_{2k-1}(t),\ \tilde{u}_{2k}(t)$ $(k=1,2,...)$ равны ответственно правым частям (18)-(20).

Теперь, с помощью нетрудных преобразований, находим:

$$\|\tilde{u}_0(t)\|_{C[0,T]}\le|\varphi_0|+T|\psi_0|+T\sqrt{T}\left(\int_0^t|f_0(\tau)|^2d\tau\right)^{1/2}+$$

$$+T^2\|a(t)\|_{C[0,T]}\|u_0(t)\|_{C[0,T]}\,. \qquad (22)$$

$$\left(\sum_{k=1}^{\infty}\left(\lambda_k^3\left\|\tilde{u}_{2k-1}(t)\right\|_{C[0,T]}\right)^2\right)^{\frac{1}{2}}\leq 2\left(\sum_{k=1}^{\infty}\left(\lambda_k^3\left|\varphi_{2k-1}\right|\right)^2\right)^{\frac{1}{2}}+$$

$$+2\left(\sum_{k=1}^{\infty}\left(\lambda_k^2\left|\psi_{2k-1}\right|\right)^2\right)^{\frac{1}{2}}+2\sqrt{T}\left(\int_0^T\sum_{k=1}^{\infty}\left(\lambda_k^2\left|f_{2k-1}(\tau)\right|\right)^2d\tau\right)^{\frac{1}{2}}+$$

$$+2T\left\|a(t)\right\|_{C[0,T]}\left(\sum_{k=1}^{\infty}\left(\lambda_k^3\left\|u_{2k-1}(t)\right\|_{C[0,T]}\right)^2\right)^{\frac{1}{2}}. \tag{23}$$

$$\left(\sum_{k=1}^{\infty}\left(\lambda_k^3\left\|\tilde{u}_{2k}(t)\right\|_{C[0,T]}\right)^2\right)^{\frac{1}{2}}\leq 2\sqrt{2}\left(\sum_{k=1}^{\infty}\left(\lambda_k^3\left|\varphi_{2k}\right|\right)^2\right)^{\frac{1}{2}}+$$

$$+2\sqrt{2}\left(\sum_{k=1}^{\infty}\left(\lambda_k^2\left|\psi_{2k}\right|\right)^2\right)^{\frac{1}{2}}+2\sqrt{2T}\left(\int_0^T\sum_{k=1}^{\infty}\left(\lambda_k^2\left|f_{2k}(\tau)\right|\right)^2d\tau\right)^{\frac{1}{2}}+$$

$$+2\sqrt{2}T\left\|a(t)\right\|_{C[0,T]}\left(\sum_{k=1}^{\infty}\left(\lambda_k^3\left\|u_{2k}(t)\right\|_{C[0,T]}\right)^2\right)^{\frac{1}{2}}+$$

$$+4\sqrt{2}T\left(\sum_{k=1}^{\infty}\left(\lambda_k^3\left|\varphi_{2k-1}\right|\right)^2\right)^{\frac{1}{2}}+2\sqrt{2}(1+2T)\left(\sum_{k=1}^{\infty}\left(\lambda_k^2\left|\psi_{2k-1}\right|\right)^2\right)^{\frac{1}{2}}+$$

$$+4\sqrt{2T}T\left(\int_0^T\sum_{k=1}^{\infty}\left(\lambda_k^2\left|f_{2k-1}(\tau)\right|\right)^2d\tau\right)^{\frac{1}{2}}+$$

$$+4\sqrt{2}T^2\left\|a(t)\right\|_{C[0,T]}\left(\sum_{k=1}^{\infty}\left(\lambda_k^3\left\|u_{2k-1}(t)\right\|_{C[0,T]}\right)^2\right)^{\frac{1}{2}}. \tag{24}$$

Предположим, что данные задачи (1)-(3),(5) удовлетворяют следующим условиям:

1. $\varphi(x)\in C^2[0,1],\ \varphi'''(x)\in L_2(0,1),\ \varphi(1)=\varphi''(1)=0,\ \varphi'(0)=\varphi'(1)$.
2. $\psi(x)\in C^1[0,1],\ \psi''(x)\in L_2(0,1),\ \psi(1)=0,\ \psi'(0)=\psi'(1)$.
3. $f_{xx}(x,t)\in L_2(D_T),\ f(1,t)=0,\ f_x(0,t)=f_x(1,t)\quad (0\leq t\leq T)$.

Тогда, из (22)-(24), с учетом (8)-(11), получим:

$$\left\|\tilde{u}(x,t)\right\|_{B_{2,T}^3}\leq A(T)+B(T)\left\|u(x,t)\right\|_{B_{2,T}^3}, \tag{25}$$

где

$$A(T)=\left\|\varphi(x)\right\|_{L_2(0,1)}+T\left\|\psi(x)\right\|_{L_2(0,1)}+T\sqrt{T}\left\|f(x,t)\right\|_{L_2(D_T)}+$$
$$+(\sqrt{2}+4T)\left\|\varphi'''(x)\right\|_{L_2(0,1)}+4(1+T)\left\|\psi''(x)\right\|_{L_2(0,1)}+$$
$$+2\sqrt{2T}(1+2\sqrt{2}T)\left\|f_{xx}(x,t)\right\|_{L_2(D_T)}+2\left\|\varphi'''(x)x+3\varphi''(x)\right\|_{L_2(0,1)}+$$

$$+2\left\|\psi''(x)+2\psi'(x)\right\|_{L_2(0,1)}+2\sqrt{T}\left\|f_{xx}(x,t)x+2f_x(x,t)\right\|_{L_2(D_T)},$$

$$B(T)=\|a(t)\|_{C[0,T]}(1+4\sqrt{2})T^2+\|a(t)\|_{C[0,T]}(1+\sqrt{2})T .$$

Обозначим через K_R замкнутый шар в пространстве $B_{2,T}^3$ с центром в нуле радиуса R.

Теорема 1. Пусть выполнены условия 1-3. Тогда при достаточно малых значениях T задача (1)-(3),(5) имеет единственное решение.

Доказательство. В пространстве $B_{2,T}^3$ рассмотрим уравнение

$$u=\Phi u, \tag{26}$$

где оператор Φu определены правыми частями (21).

Рассмотрим оператор Φu в шаре $K=K_R$ из $B_{2,T}^3$. Аналогично (25) получаем, что для любых $u,u_1,u_2\in K_R$ справедливы оценки:

$$\|\Phi u\|_{B_{2,T}^3}\le A(T)+B(T)\|u(x,t)\|_{B_{2,T}^3}, \tag{27}$$

$$\|\Phi u_1-\Phi u_2\|_{B_{2,T}^3}\le B(T)\|u_1(x,t)-u_2(x,t)\|_{B_{2,T}^3}. \tag{28}$$

Из (27) и (28), следует, что при достаточно малых значениях T оператор Φ действует в шаре $K=K_R$ и является сжимающим. Поэтому в шаре $K=K_R$ оператор Φ имеет единственную неподвижную точку $\{u\}$, которая является единственным в шаре $K=K_R$ решением (24), т.е. является единственным в шаре $K=K_R$ решением (26).

Функция $u(x,t)$, как элемент пространства $B_{2,T}^3$, непрерывна и имеет непрерывные производные $u_x(x,t)$ и $u_{xx}(x,t)$ в D_T.

Теперь из (14)-(16), соответственно, имеем:

$$\|u_0''(t)\|_{C[0,T]}\le\|a(t)\|_{C[0,T]}\|u_0(t)\|_{C[0,T]}+\left\|\|f(x,t)\|_{C[0,T]}\right\|_{L_2(0,1)}\times$$

$$\times\left(\sum_{k=1}^{\infty}\left(\lambda_k\|u_{2k-1}''(t)\|_{C[0,T]}\right)^2\right)^{1/2}\le\sqrt{2}\left(\sum_{k=1}^{\infty}\left(\lambda_k^3\|u_{2k}(t)\|_{C[0,T]}\right)^2\right)^{1/2}+$$

$$+\left\|\|a(t)u_x(x,t)+f_x(x,t)\|_{C[0,T]}\right\|_{L_2(0,1)}\cdot\left(\sum_{k=1}^{\infty}\left(\lambda_k\|u_{2k}''(t)\|_{C[0,T]}\right)^2\right)^{1/2}\le$$

$$\le\sqrt{3}\left(\sum_{k=1}^{\infty}\left(\lambda_k^3\|u_{2k}(t)\|_{C[0,T]}\right)^2\right)^{1/2}+\sqrt{6}\left\|\|u_{xx}(x,t)\|_{C[0,T]}\right\|_{L_2(0,1)}+$$

$$+\frac{\sqrt{6}}{2}\left\|\|a(t)(u_x(x,t)x+u(x,t))+f_x(x,t)x+f(x,t)\|_{C[0,T]}\right\|_{L_2(0,1)}.$$

Отсюда следует, что $u_{tt}(x,t)$ непрерывна в D_T.

Легко проверить, что уравнение (1) и условия (2),(3),(5) удовлетворяются в обычном смысле. Значит, $\{u(x,t)\}$ является решением задачи (1)-(3),(5) и, в силу леммы 2, это решение единственно. Теорема доказана.

С помощью леммы 1, из последней теоремы вытекает однозначная разрешимость исходной задачи (1)-(4).

Теорема 2. Пусть выполнены все условия теоремы 1 и

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

Тогда при достаточно малых значениях T задача (1)-(4) имеет единственное классическое решение.

Заключение

В работе доказано существование и единственность решения одной краевой задачи для гиперболического уравнения второго порядка с несамосопряженными краевыми условиями. Пользуясь этими фактами доказано существование в единственности классического решения одной краевой задачи для гиперболического уравнения второго порядка с интегральным условием первого рода.

ЛИТЕРАТУРА

1. Самарский А.А. О некоторых проблемах теории дифференциальных уравнений // Дифференциальные уравнения 1980, т.16, №11, с.1925-1935.
2. Cannon J.R. The Solution of the Heat Equation Subject to the Specification of Energy // Quart. Appl. Math., 1963, v.5, 21, p.155-160.
3. Ионкин Н.И. Решение одной краевой задачи теории теплопроводности с неклассическим краевым условием // Дифференциальные уравнения, 1977, т.13, №2, с.294-304.
4. Нахушев А.М. Об одном приближенном методе решения краевых задач для дифференциальных уравнений и его приближения к динамике почвенной влаги и грунтовых вод // Дифференциальные уравнения, 1982, т.18, №1, с.72-81.
5. Мегралиев Я.Т. О разрешимости одной обратной краевой задаче для гиперболического уравнения второго порядка // Проблемы физики, математики и техники, 2013, №4(17), с.63-67.
6. Калиев И.А., Сабитова М.М. Задачи определения температуры и плотности источников тепла по начальной и конечной температурам // Сибирский журнал индустриальной математики, 2009, т.12, 1(37), с.80-87.
7. Мегралиев Я.Т. Об одной обратной краевой задаче для эллип-тического уравнения второго порядка с интегральным условием первого рода // Труды ИММ УрО РАН, 2013, т. 19, №1, с.226-235. +

BİRİNCİ NÖV İNTEQRAL SƏRHƏD ŞƏRTLİ İKİNCİ TƏRTİB HİPERBOLİK TƏNLİK ÜÇÜN BİR SƏRHƏD MƏSƏLƏSİNİN HƏLL OLUNMASI

G.N.İSGƏNDƏROVA

XÜLASƏ

İşdə birinci növ inteqral sərhəd şərtli ikinci tərtib hiperbolik tənlik üçün bir sərhəd məsələsi tədqiq edilmişdir. Verilmiş məsələnin klassik həllinin varlığı və yeganəliyi isbat olunur.

Açar sözlər: sərhəd məsələsi, hiperbolik tənlik, Furye üsulu, klassik həll.

ON SOLVABILITY OF ONE BOUNDARY VALUE PROBLEM FOR A SECOND-ORDER HYPERBOLIC EQUATION WITH INTEGRAL CONDITION OF THE FIRST KIND

G.N.ISGANDAROVA

SUMMARY

A boundary value problem for a second-order hyperbolic equation with integral condition of the first kind is investigated. The existence and uniqueness of a classical solution of the initial problem are proved.

Key words: boundary problem, hyperbolic equation, Fourier method, classic solution.

Поступила в редакцию: 05.03.2015 г.
Подписано к печати: 20.04.2015 г.