Вестник КРАУНЦ. Физ.-мат. науки. 2017. № 1(17). С. 14-21. ISSN 2079-6641

DOI: 10.18454/2079-6641-2017-17-1-14-21

УДК 517.958

ОБ ОДНОЙ КРАЕВОЙ ЗАДАЧЕ ДЛЯ УРАВНЕНИЯ ТРЕТЬЕГО ПОРЯДКА ПАРАБОЛО-ГИПЕРБОЛИЧЕСКОГО ТИПА В ВОГНУТОЙ ШЕСТИУГОЛЬНОЙ ОБЛАСТИ

М. Мамажонов[1], Х. М. Шерматова[2]

[1] Кокандский педагогический институт имени Мукимий, 113000, г. Коканд, Республика Узбекистан, ул. Амира Темура, 37.
[2] Ферганский государственный университет, 150100, г. Фергана, Республика Узбекистан, ул. Мураббийлар,19.
E-mail: hilola-1978@mail.ru

При изучении задач математической физики применяются методы дифференциальных и интегральных уравнений. Настоящая статья является примером применения этих методов к решению одной краевой задачи для уравнения третьего порядка параболо-гиперболического типа в вогнутой шестиугольной области.

Ключевые слова: уравнения параболо-гиперболического типа, вогнутая шестиугольная область, прямоугольник, треугольник, интегральные и дифференциальные уравнения

MSC 35R06

ON A BOUNDARY-VALUE PROBLEM FOR THE THIRD ORDER OF A PARABOLO-HYPERBOLIC TYPE IN A VAGINATED SIXTY-DIMENSIONAL REGION

M. Mamazhonov[1] , Kh. M. Shermatova[2]

[1] Kokand Pedagogical Institute named after Mukimiy. 113000„ Kokand, Republic of Uzbekistan, Amir Temur str., 37.
[2] Fergana State University. 150100, Fergana, Republic of Uzbekistan, Murabhillar str., 19.
E-mail: hilola-1978@mail.ru

In the study of problems of mathematical physics, the methods of differential and integral equations are used. This paper is an example of the application of these methods to the solution of a single boundary-value problem for a third-order parabolic-hyperbolic equation in a concave hexagonal domain.

Keywords: equations of parabolic-hyperbolic type, concave hexagonal region, rectangle, triangle, integral and differential equations.

В настоящей работе ставится и исследуется одна краевая задача в области D для уравнения

$$\frac{\partial}{\partial y}(Lu) = 0 \tag{1}$$

где $Lu = \begin{cases} u_{1xx} - u_{1y}, & (x,y) \in D_1, \\ u_{ixx} - u_{iyy}, & (x,y) \in D_i \ (i = 2,3), \end{cases}$, $u(x,y) = u_i(x,y)$, $(x,y) \in D_i$ $(i = 1,2,3)$,

$$D = D_1 \cup D_2 \cup D_3 \cup J_1 \cup J_2, D_1 = \left\{(x,y) \in R^2 : \ 0 < x < 1, \ 0 < y < 1\right\},$$

$$D_2 = \left\{(x,y) \in R^2 : \ -1 < y < 0, \ 0 < x < y+1\right\}, D_3 = \left\{(x,y) \in R^2 : \ -1 < x < 0, \ 0 < y < 1\right\},$$

$$J_1 = \left\{(x,y) \in R^2 : \ y = 0, \ 0 < x < 1\right\}, J_2 = \left\{(x,y) \in R^2 : \ x = 0, \ 0 < y < 1\right\},$$

то есть D_1 –– прямоугольник с вершинами в точках $A(0;0)$,$B(1;0)$, $B_0(1,1)$, $A_0(0,1)$, D_2 – треугольник с вершинами в точках $A(0;0)$, $B(1;0)$, $C(0,-1)$, D_3 – прямоугольник с вершинами в точках $A(0;0)$, $D(-1,0)$, $D_0(-1,1)$, $A_0(0,1)$, J_1 – открытый отрезок с вершинами в точках $A(0;0)$,$B(1;0)$, J_2 – открытый отрезок с вершинами в точках $A(0;0)$, $A_0(0,1)$.

Кроме того область D_2 представим в виде $D_2 = D_{21} \cup D_{22} \cup AE_1$, здесь D_{21} - треугольник с вершинами в точках $A(0;0)$, $B(1;0)$, $E_1\left(\frac{1}{2}, -\frac{1}{2}\right)$, D_{22} – треугольник с вершинами в точках $A(0;0)$, $C(0;-1)$, $E_1\left(\frac{1}{2}, -\frac{1}{2}\right)$, AE_1 – открытый отрезок с вершинами в точках $A(0;0)$, $E_1\left(\frac{1}{2}, -\frac{1}{2}\right)$, то есть

$$D_{21} = \left\{(x,y) \in R^2 : \ -\frac{1}{2} < y < 0, \ -y < x < y+1\right\},$$

$$D_{22} = \left\{(x,y) \in R^2 : \ 0 < x < \frac{1}{2}, \ x-1 < y < -x\right\},$$

$$AE_1 = \left\{(x,y) \in R^2 : \ 0 < x < \frac{1}{2}, \ y = -x\right\}.$$

Для уравнения (1) ставится следующая

Задача 1. *Требуется найти функцию $u(x,y)$, удовлетворяющую следующим условиям:*

1) *непрерывна в замкнутой области $\overline{D}$;*

2) *удовлетворяет уравнению (1) в области D при $x \neq 0$, $y \neq 0$;*

3) *удовлетворяет следующим краевым условиям:*

$$u_1(1,y) = \phi_1(y), \ \ 0 \le y \le 1, \tag{2}$$

$$u_3(-1,y) = \phi_2(y), \ \ 0 \le y \le 1, \tag{3}$$

$$u_3(x,0) = f_1(x), \ \ -1 \le x \le 0, \tag{4}$$

$$u_{3y}(x,0) = f_2(x), \ \ -1 \le x \le 0, \tag{5}$$

$$u_{3yy}(x,0)=f_3(x),\ \ -1\le x\le 0, \tag{6}$$

$$u_2|_{BC}=\psi_1(x),\ 0\le x\le 1, \tag{7}$$

$$\left.\frac{\partial u_2}{\partial n}\right|_{BC}=\psi_2(x),\ 0\le x\le 1, \tag{8}$$

4) и удовлетворяет следующим непрерывным условиям склеивания на отрезках J_1 и J_2:

$$u_1(x,0)=u_2(x,0)=\tau_1(x),\ 0\le x\le 1, \tag{9}$$

$$u_{1y}(x,0)=u_{2y}(x,0)=\nu_1(x),\ 0\le x\le 1, \tag{10}$$

$$u_{1yy}(x,0)=u_{2yy}(x,0)=\mu_1(x),\ 0\le x\le 1, \tag{11}$$

$$u_1(0,y)=u_3(0,y)=\tau_2(y),\ 0\le y\le 1, \tag{12}$$

$$u_{1x}(0,y)=u_{3x}(0,y)=\nu_2(y),\ 0\le y\le 1, \tag{13}$$

Здесь ϕ_i $(i=1,2)$, ψ_j $(j=1,2)$, f_k $(k=1,2,3)$ – заданные достаточно гладкие функции, n – внутренняя нормаль к прямой $x-y=1$, а $\tau_1,\nu_1,\mu_1,\tau_2,\nu_2$ – неизвестные пока достаточно гладкие функции, кроме того выполняются следующие условия согласования: $\tau_1(0)=\tau_2(0)=f_1(0),\nu_1(0)=\tau_2'(0)=f_2(0),\mu_1(0)=f_3(0),\tau_1(1)=\phi_1(0)$.

Здесь мы укажем лишь способ решения задачи 1. Для решения поставленной задачи 1 перепишем уравнения (1) в виде:

$$u_{1xx}-u_{1y}=\omega_1(x),\ \ (x,y)\in D_1, \tag{14}$$

$$u_{ixx}-u_{iyy}=\omega_i(x),\ \ (x,y)\in D_i\ \ (i=2,3), \tag{15}$$

где $\omega_i(x)$ $(i=1,2,3)$ – неизвестные пока достаточно гладкие функции.

Введем обозначения: при $i=2$, $u_2(x,y)=u_{2j}(x,y),\omega_2(x)=\omega_{2j}(x)$ в $D_3(j=1,2)$, $D_2=D_{21}\cup D_{22}$.

В области D_{21} записываем решение уравнения (15) $(i=2)$, удовлетворяющее условиям (9), (10):

$$u_{21}(x,y)=\frac{\tau_1(x+y)+\tau_1(x-y)}{2}+\frac{1}{2}\int\limits_{x-y}^{x+y}\nu_1(t)\,dt-\frac{1}{2}\int\limits_0^y d\eta\int\limits_{x-y+\eta}^{x+y-\eta}\omega_{21}(\xi)\,d\xi. \tag{16}$$

Подставляя (16) в условие (8), после некоторых вычислений, находим функцию $\omega_{21}(x)$ в промежутке $\frac{1}{2}\le x\le 1$:

$$\omega_{21}(x)=-\sqrt{2}\psi_2'(x),\ \frac{1}{2}\le x\le 1. \tag{17}$$

Теперь переходим в область D_{22}. Введем следующие обозначения:

$$u_{22}(0,y)=\tau_3(y),u_{22x}(0,y)=\nu_3(y),-1\leq y\leq 0, \tag{18}$$

где $\tau_3(y)$ и $\nu_3(y)$ – неизвестные пока достаточно гладкие функции, подлежащие определению. Запишем решение уравнения (15) $(i=2)$ удовлетворяющее условиям (18):

$$u_{22}(x,y)=\frac{\tau_3(y+x)+\tau_3(y-x)}{2}+\frac{1}{2}\int\limits_{y-x}^{y+x}\nu_3(t)\,dt+\int\limits_0^x(x-\eta)\,\omega_{22}(\eta)\,d\eta \tag{19}$$

Подставляя (19) в условие (7) после некоторых выкладок, находим функцию :

$$\omega_{22}(x)=-\sqrt{2}\psi_2'(x),0\leq x\leq\frac{1}{2}. \tag{20}$$

Теперь переходя в уравнениях $u_{21xx}(x,y)-u_{21yy}(x,y)=\omega_{21}(x)$ и $u_{22xx}(x,y)-u_{22yy}(x,y)=\omega_{22}(x)$ к пределу при $y\to -x$, находим функцию $\omega_{21}(x)$ в промежутке $0\leq x\leq\frac{1}{2}$:

$$\omega_{21}(x)=\omega_2 2x=-\sqrt{2}\psi_2'(x),0\leq x\leq\frac{1}{2}.$$

Учитывая последнее равенство и (17), имеем

$$\omega_2 1x=-\sqrt{2}\psi_2'(x),0\leq x\leq 1. \tag{21}$$

Теперь подставляя (16) в (7), после некоторых выкладок имеем первое соотношение между неизвестными функциями $\tau_1(x)$ и $\nu_1(x)$:

$$\tau_1'(x)+\nu_1(x)=\alpha_1(x),\ 0\leq x\leq 1, \tag{22}$$

где

$$\alpha_1(x)=\psi_1'\left(\frac{x+1}{2}\right)-\sqrt{2}\left[\psi_2(x)-\psi_2\left(\frac{x+1}{2}\right)\right].$$

Далее, дифференцируя уравнение (14) по y и в полученном уравнении переходя к пределу при $y\to 0$, в силу условий (10) и (11), имеем

$$\nu_1''(x)-\mu_1(x)=0,\ 0\leq x\leq 1. \tag{23}$$

Теперь переходя в уравнении $u_{21xx}(x,y)-u_{21yy}(x,y)=\omega_{21}(x)$ к пределу при $y\to 0$, силу условий (9) и (10), получим

$$\tau_1''(x)-\mu_1(x)=-\sqrt{2}\psi_2'(x),\ 0\leq x\leq 1. \tag{24}$$

Исключая из (23) дан (24) функцию и интегрируя полученное уравнение от 1 до x дважды, получим второе соотношение между неизвестными функциями $\tau_1(x)$ и $\nu_1(x)$:

$$\tau_1(x)-\nu_1(x)=-\sqrt{2}\int\limits_1^x\psi_2(t)\,dt+a(x-1)+b,\ 0\leq x\leq 1. \tag{25}$$

где a и b пока неизвестные постоянные.

Исключая из (22) и (25) функцию $\nu_1(x)$, приходим к уравнению:

$$\tau_1'(x)+\tau_1(x)=\alpha_1(x)-\sqrt{2}\int\limits_1^x\psi_2(t)\,dt+a(x-1)+b,\ 0\le x\le 1.$$

Решая последнее уравнение при условиях $\tau_1(1)=\phi_1(0)$, $\tau_1'(1)=\phi'(0)-\sqrt{2}\psi_2(1)$ $\tau_1(1)=\phi_1''(0)-\sqrt{2}\psi_2'(1)$ находим функцию $\tau_1(x)$ и тем самым, функции $\nu_1(x)$ и $u_{21}(x,y)$.

Теперь подставляя (19) в условия $u_{22}(x,-x)=u_{21}(x,-x)$ и (7), имеем соотношения между $\tau_3(y)$ и $\nu_3(y)$:

$$\tau_3'(y)-\nu_3(y)=\int\limits_1^{-\frac{y}{2}}\omega_{22}(\eta)\,d\eta-\psi_3'\left(-\frac{y}{2}\right),\ -1\le y\le 0. \tag{26}$$

$$\tau_3'(y)-\nu_3(y)=\psi_1'\left(\frac{y+1}{2}\right)+\sqrt{2}\left[\psi_2\left(\frac{y+1}{2}\right)-\psi_2(0)\right],\ -1\le y\le 0. \tag{27}$$

Из соотношений (26) и (28) находим функции $\tau_3(y)$ и $\nu_3(y)$. Тогда и функция $u_{22}(x,y)$ станет известной. Таким образом, мы нашли функцию $u_2(x,y)$ в области D_2.

Теперь переходим в область D_3 . Сначала рассмотрим следующую вспомогательную задачу:

$$\begin{cases} u_{3xx}-u_{3yy}=\Omega_3(x), \\ u_3(x,0)=F_1(x),\ u_{3y}(x,0)=F_2(x),\ u_{3yy}(x,0)=F_3(x),\ -2\le x\le 1, \\ u_3(-1,y)=\phi_2(y),\ u_3(0,y)=\tau_2(y),\ 0\le y\le 1, \end{cases} \tag{28}$$

где функции $F_1(x), F_2(x), F_3(x)$ и Ω определяются следующим образом: в промежутке $-1\le x\le 0$ они определяются так: $F_1(x)=f_1(x), F_2(x)=f_2(x), F_3(x)=f_3(x), \Omega_3(x)=\omega_3(x)$, а в промежутках $-2\le x\le -1$ и $0\le x\le 1$ они пока неизвестны.

Решение этой задачи ищем в виде

$$u_3(x,y)=u_{31}(x,y)+u_{32}(x,y)+u_{33}(x,y) \tag{29}$$

где $u_{31}(x,y)$ – решение задачи

$$\begin{cases} u_{31xx}-u_{31yy}=0, \\ u_{31}(x,0)=F_1(x),\ u_{31y}(x,0)=0,\ -2\le x\le 1, \\ u_{31}(-1,y)=0,\ u_{31}(0,y)=0,\ 0\le y\le 1, \end{cases} \tag{30}$$

$u_{32}(x,y)$ – решение задачи

$$\begin{cases} u_{32xx}-u_{32yy}=0, \\ u_{32}(x,0)=0,\ u_{32y}(x,0)=F_2(x),\ -2\le x\le 1, \\ u_{32x}(-1,y)=\varphi_2(y),\ u_3(0,y)=\tau_2(y),\ 0\le y\le 1, \end{cases} \tag{31}$$

, а $u_{33}(x,y)$ – решение задачи

$$\begin{cases} u_{33xx}-u_{33yy}=\Omega_3(x),\ -2\le x\le 1, \\ u_{33}(x,0)=0,\ u_{33y}(x,0)=0,\ u_{33yy}(x,0)=F_3(x)-F''{}_1(x),\ -2\le x\le 1, \\ u_{33}(-1,y)=0,\ u_{33}(0,y)=0,\ 0\le y\le 1, \end{cases} \tag{32}$$

Методом продолжения находим решения систем (30), (31), (32). Они имеют вид:

$$u_{31}(x,y)=\frac{F_1(x+y)+F_1(x-y)}{2}, \tag{33}$$

где $F_1(x)=\begin{cases} -f_1(-2-x)\,, & -2\le x\le -1, \\ f_1(x)\,, & -1\le x\le 0, \\ -f_1(-x)\,, & 0\le x\le 1, \end{cases}$

$$u_{32}(x,y)=\frac{1}{2}\int\limits_{x-y}^{x+y}F_2(t)\,dt, \tag{34}$$

где $F_2(x)=\begin{cases} 2\varphi'_2(-1-x)-f_2(-2-x)\,, & -2\le x\le -1, \\ f_2(x)\,, & -1\le x\le 0, \\ 2\tau'_2(x)-f_2(-x)\,, & 0\le x\le 1, \end{cases}$

$$u_{33}(x,y)=-\frac{1}{2}\int\limits_0^y d\eta\int\limits_{x-y+\eta}^{x+y-\eta}\Omega_3(\xi)\,d\xi, \tag{35}$$

где $\Omega_3(x)=-u_{33yy}(x,0)=F_1''(x)-F_3(x)$, $F_3(x)=\begin{cases} -f_3(-2-x)\,, & -2\le x\le -1, \\ f_3(x)\,, & -1\le x\le 0, \\ -f_3(-x)\,, & 0\le x\le 1. \end{cases}$

Подставляя (33), (34), (35) в (29), имеем

$$u_3(x,y)=\frac{F_1(x+y)+F_1(x-y)}{2}+\frac{1}{2}\int\limits_{x-y}^{x+y}F_2(t)\,dt-\frac{1}{2}\int\limits_0^y d\eta\int\limits_{x-y+\eta}^{x+y-\eta}\left[F''_1(\xi)-F_3(\xi)\right]d\xi. \tag{36}$$

Дифференцируя (36) и полагая в полученной формуле $x=0$, получим первое соотношение между функциями $\tau_2(y)$ и $\nu_2(y)$:

$$\nu_2(y)=\tau_2'(y)+\beta_1(y)\,, \tag{37}$$

где

$$\beta_1(y)=f_1'(-y)-f_2(-y)+\int\limits_0^y\left[f''_1(\eta-y)-f_3(\eta-y)\right]d\eta.$$

Теперь переходим в область D_1. Переходя в уравнении (14) к пределу при $x\to+0$, находим функцию $\omega_1(x)$:

$$\omega_1(x)=\tau_1''(x)-\nu_1(x)\,.$$

Для нахождения функции $\tau_2(y)$ и $\nu_2(y)$ мы должны получить еще одно соотношение между этими функциями. Для этого запишем решение уравнения (14), удовлетворяющее условиям (2), (9), (12):

$$u_1(x,y)=\frac{1}{2\sqrt{\pi}}\left[\int\limits_0^y\tau_2(\eta)\,G_\xi(x,y;0,\eta)\,d\eta-\int\limits_0^y\phi_1(\eta)\,G_\xi(x,y;1,\eta)\,d\eta+\right. \tag{38}$$

$$+\int\limits_0^1 \tau_1(\xi)\,G(x,y;\xi,0)\,d\xi-\int\limits_0^y d\eta\int\limits_0^1 \omega_1(\xi)\,G(x,y;\xi,\eta)\,d\xi\Bigg],$$

где $\left.\begin{matrix} G(x,y;\xi,\eta) \\ N(x,y;\xi,\eta)\end{matrix}\right\}=\dfrac{1}{\sqrt{y-\eta}}\sum\limits_{n=-\infty}^{+\infty}\left\{\exp\left[-\dfrac{(x-\xi-2n)^2}{4(y-\eta)}\right]\mp\exp\left[-\dfrac{(x+\xi-2n)^2}{4(y-\eta)}\right]\right\}$ – функции Грина первой и второй краевых задач для уравнения (14).

Дифференцируя (38) и полагая в полученной формуле $x=0$, получим второе соотношение между функциями $\tau_2(y)$ и $\nu_2(y)$:

$$\nu_2(y)=\frac{1}{2\sqrt{\pi}}\left[-\int\limits_0^y \tau'_2(\eta)N(0,y;1,\eta)\,d\eta+\int\limits_0^y \phi'_1(\eta)N(0,y;1,\eta)\,d\eta+\int\limits_0^1 \tau'_1(\xi)N(0,y;\xi,0)\,d\xi+\right.$$

$$\left.+\omega_1(1)\int\limits_0^y N(0,y;1,\eta)\,d\eta-\omega_1(0)\int\limits_0^y N(0,y;0,\eta)\,d\eta-\int\limits_0^y d\eta\int\limits_0^1 \omega'_1(\xi)N(0,y;\xi,\eta)\,d\xi\right].$$

Исключая из последнего уравнения и (37) функцию $\nu_2(y)$, получим

$$\tau'_2(y)+\int\limits_0^y K(y,\eta)\,\tau'_2(\eta)\,d\eta=g(y), \tag{39}$$

где

$$K(y,\eta)=\frac{1}{2\sqrt{\pi}}N(0,y;0,\eta),$$

$$g(y)=-\beta_1(y)+\frac{1}{2\sqrt{\pi}}\left[\int\limits_0^y \phi'_1(\eta)N(0,y;1,\eta)\,d\eta+\int\limits_0^1 \tau'_1(\xi)N(0,y;\xi,0)\,d\xi+\right.$$

$$\left.+\omega_1(1)\int\limits_0^y N(0,y;1,\eta)\,d\eta-\omega_1(0)\int\limits_0^y N(0,y;0,\eta)\,d\eta-\int\limits_0^y d\eta\int\limits_0^1 \omega'_1(\xi)N(0,y;\xi,\eta)\,d\xi\right].$$

Уравнение (39) является уравнением Вольтерра второго рода относительно $\tau'_2(y)$, его ядро $K(y,\eta)$ имеет слабую особенность $\left(\frac{1}{2}\right)$, правая часть $g(y)$ – непрерывна. Поэтому это уравнение допускает единственное решение в классе непрерывных функций. Решая его, находим $\tau'_2(y)$ и тем самым, функции $\nu_2(y)$, $F_2(x)$, $u_3(x,y)$, $u_1(x,y)$. Таким образом мы нашли решение поставленной задачи единственным образом.

Замечание. Отметим, что в работах [1, 2, 3, 4, 5] был рассмотрен ряд краевых задач для уравнений третьего и четвертого порядков параболо-гиперболического типа в различных областях, как с характеристической, так и с нехарактеристической линией изменения типа.

Список литературы

[1] Джураев Т. Д., Сопуев А., Мамажанов М., *Краевые задачи для уравнений параболо-гиперболического типа*, Фан, Ташкент, 1986, 220 с. [Dzhuraev T. D., Sopuev A., Mamazhanov M., Kraevye zadachi dlja uravnenij parabolo-giperbolicheskogo tipa, Fan, Tashkent, 1986, 220].

[2] Джураев Т. Д., Мамажанов М., *Дифференц. уравнения*, **22**:1 (1986), 25-31. [Dzhuraev T. D., Mamazhanov M., Differenc. uravnenija, 22:1 (1986), 25-31].

[3] Мамажонов М., Шерматова Х. М., Мукадасов Х., "Постановка и метод решения некоторых краевых задач для одного класса уравнений третьего порядка параболо-гиперболического типа", *Вестник КРАУНЦ. Физико-математические науки*, 2014, № 1(8), 7-13. [Mamazhonov M., Shermatova H. M., Mukadasov H., "Postanovka i metod reshenija nekotoryh kraevyh zadach dlja odnogo klassa uravnenij tret'ego porjadka parabolo-giperbolicheskogo tipa", Vestnik KRAUNC. Fiziko-matematicheskie nauki, 2014, №1(8), 7-13.].

[4] Мамажонов М., Мамадалиева Х. Б., "Постановка и изучение некоторых краевых задач для уравнения третьего порядка параболо-гиперболического типа вида в пятиугольной области", *Вестник КРАУНЦ. Физико-математические науки*, 2016, № 1(12), 32-40 Mamazhonov M., Mamadalieva Kh.B. Statement and study of some boundary value problems for third order parabolic-hyperbolic equation of type (Lu)/x = 0 in a pentagonal domain. Bulletin KRASEC. Physical and Mathematical Sciences. 2016. vol. 12. no 1. 27-34.

[5] Мамажонов М., Мамажонов С. М., Мамадалиева Х. Б. О некоторых краевых задачах для одного уравнения третьего порядка параболо-гиперболического типа в пятиугольной области, *Вестник КРАУНЦ. Физико-математические науки*, 2016, № 2(13), 34-42. [Mamazhonov M., Mamazhonov S. M., Mamadalieva H. B. O nekotoryh kraevyh zadachah dlja odnogo uravnenija tret'ego porjadka parabolo-giperbolicheskogo tipa v pjatiugol'noj oblasti, Vestnik KRAUNC. Fiziko-matematicheskie nauki, 2016, №2(13), 34-42].

Список литературы (ГОСТ)

[1] Джураев Т.Д., Сопуев А., Мамажанов М. Краевые задачи для уравнений параболо-гиперболического типа. Ташкент: Фан, 1986. 220 с.

[2] Джураев Т.Д., Мамажанов М. // Дифференц. уравнения. 1986. Т. 22. №1. С. 25-31.

[3] Мамажонов М., Шерматова Х.М., Мукадасов Х. Постановка и метод решения некоторых краевых задач для одного класса уравнений третьего порядка параболо-гиперболического типа // Вестник КРАУНЦ. Физико-математические науки. 2014. №1(8). С. 7-13.

[4] Мамажонов М., Мамадалиева Х.Б. Постановка и изучение некоторых краевых задач для уравнения третьего порядка параболо-гиперболического типа вида в пятиугольной области // Вестник КРАУНЦ. Физико-математические науки. 2016. №1(12). С. 32-40.

[5] Мамажонов М., Мамажонов С.М., Мамадалиева Х.Б. О некоторых краевых задачах для одного уравнения третьего порядка параболо-гиперболического типа в пятиугольной области // Вестник КРАУНЦ. Физико-математические науки. 2016. №2(13). С. 34-42.

Для цитирования: Мамажонов М., Шерматова Х. М. Об одной краевой задаче для уравнения третьего порядка параболо-гиперболического типа в вогнутой шестиугольной области // *Вестник КРАУНЦ. Физ.-мат. науки*. 2017. № 1(17). С. 14-21. DOI: 10.18454/2079-6641-2017-17-1-14-21

For citation: Mamazhonov M., Shermatova Kh. M. On a boundary-value problem for the third order of a parabolo-hyperbolic type in a vaginated sixty-dimensional region, *Vestnik KRAUNC. Fiz.-mat. nauki*. 2017, **17**: 1, 14-21. DOI: 10.18454/2079-6641-2017-17-1-14-21

Поступила в редакцию / Original article submitted: 25.12.2016