

Қоршаған табиғи ортаны ластанудан қорғаудың жоғарғы дәрежесін қамтамасыз ететін, тұрмыстық және өндірістік сарқынды суларды әкету жүйесін қазіргі заман талабына сай дамыту көкесітесті мәселелердің біріне айналып отыр. Сондықтан Қазақстан елді мекендерінің сарқынды суын тазартуға арналған экономикалық, экологиялық тиімді, конструкциясы қарапайым және тазарту тиімділігі жоғары сарқынды суды тазарту ғимараттарын және қондырғыларын жетілдіру қажет.

ӘДЕБИЕТ

Численность постоянного и наличного населения Республики Казахстан. Госкомстат Республики Казахстан. -Алматы.: 2009.

Резюме

Рассматривается состояние системы водоотведения населенных пунктов Алматинской области. Приведены количество населенных пунктов и количество жителей проживающих в Алматинской области. Изучены формирование, состав и свойства сточных вод.

Summary

The condition of water disposal system of populated points in Almaty region is discussed in this article. There is given some details about the quantity of populated points and the quantity of population in Almaty region. There are studied formulation, structure and quality of the sewage water.

Қ.И. Сәтбаев атындағы ҚазҰТУ

Поступила 10.08.2009 г.

УДК 517.956

Р.Б. Сеилханова

КРИТЕРИЙ ЕДИНСТВЕННОСТИ РЕШЕНИЯ ВТОРОЙ ЗАДАЧИ ДАРБУ С ОТХОДОМ ОТ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДЛЯ МНОГОМЕРНОГО УРАВНЕНИЯ ЭЙЛЕРА–ДАРБУ–ПУАССОНА

Для многомерного уравнения Эйлера-Дарбу-Пуассона получен критерий единственности решения второй задачи Дарбу с отходом от характеристики.

В теории уравнений в частных производных гиперболического типа краевые задачи с данными на всей границе служат примером некорректности поставленных задач ([1]).

В работе для многомерного уравнения Эйлера-Дарбу-Пуассона (Э–Д–П) получен критерий единственности решения второй задачи Дарбу с отходом от характеристики.

1. Постановка задачи и результаты. Пусть D_β - конечная область евклидова пространства E_{m+1} точек $(x_1, \dots, x_m, t)$, ограниченная конусами $\beta|x|=t$, $|x|=1-t$ и плоскостью $t=0$, где $|x|$ - длина вектора $x=(x_1, \dots, x_m)$, а $0 < \beta = \text{const} \leq 1$. Части этих поверхностей, образующих границу ∂D_β области D_β , обозначим через S_β, S^1 и S соответственно.

В области D_β рассмотрим уравнение Э-Д-П

$$\Delta_x u - u_{tt} - \frac{\alpha}{t} u_t = 0, \quad (1)$$

где Δ_x - оператор Лапласа по переменным $x_1, \dots, x_m$, $m \geq 2$, α - действительное число.

Через $u_\alpha(x, t)$ обозначим решение уравнения (1) при данном α . В качестве второй задачи Дарбу с отходом от характеристики для уравнения (1) рассмотрим следующую задачу

Задача 1. Найти в области D_β решение уравнения (1) из класса $C(\overline{D_\beta} \setminus S) \cap C^2(D_\beta)$, удовлетворяющее краевым условиям

$$\frac{\partial u_\alpha}{\partial t} \Big|_t = 0, \quad u_\alpha \Big|_{S_\beta} = 0 \quad \text{при } \alpha \geq 0; \quad (2)$$

$$\lim_{t \rightarrow 0} t^\alpha (u_\alpha - u_{\alpha,1})_t = 0, \quad u_\alpha \Big|_{S_\beta} = 0 \quad \text{при } \alpha < 0; \quad (3)$$

где $u_{\alpha,1}(x, t)$ - решение задачи Коши для уравнения (1) с данными

$$u_{\alpha,1}(x, 0) = \tau(x), \quad \frac{\partial}{\partial t} u_{\alpha,1}(x, 0) = 0.$$

В дальнейшем нам удобно перейти от декартовых координат $x_1, \dots, x_m, t$ к сферическим $r, \theta_1, \dots, \theta_{m-1}, t$, $r \geq 0$, $0 \leq \theta_1 < 2\pi$, $0 \leq \theta_i \leq \pi$, $i = 2, \dots, m-1$.

Пусть $\{Y_{n,m}^k(\theta)\}$ - система линейно независимых сферических функций порядка n , $1 \leq k \leq k_n$, $(m-2)!n!k_n = (n+m-3)!(2n+m-2)$, $\theta = (\theta_1, \dots, \theta_{m-1})$, $W_2^l(S)$, $l = 0, 1, \dots$ - пространства Соболева, а $\tilde{S}_\beta = \left\{ (r, \theta) \in S, \quad 0 < r < \frac{1}{1+\beta} \right\}$, H_β - проекция области D_β на плоскость (r, t) .

Имеем место ([2])

Лемма. Пусть $f(r, \theta) \in W_2^l(S)$. Если $l \geq m-1$, то ряд

$$f(r, \theta) = \sum_{n=0}^{\infty} \sum_{k=1}^{k_n} f_n^k(r) Y_{n,m}^k(\theta),$$

а также ряды, полученные из него дифференцированием порядка $p \leq l - m + 1$, сходятся абсолютно и равномерно.

Справедлив следующий критерий единственности решения.

Теорема. Решение задачи 1 $u(x, t) \equiv 0 \Leftrightarrow \beta < 1$.

При $\alpha = 0$ эта теорема получена в [3].

2. Сведение задачи 1 к двумерной задаче. В сферических координатах уравнение (1) имеет вид

$$u_{rr} + \frac{m-1}{r} u_r - \frac{1}{r^2} \delta u - u_{tt} - \frac{\alpha}{t} u_t = 0, \quad (4)$$

где

$$\delta \equiv - \sum_{j=1}^{m-1} \frac{1}{g_j \sin^{m-j-1} \theta_j} \frac{\partial}{\partial \theta_j} \left(\sin^{m-j-1} \theta_j \frac{\partial}{\partial \theta_j} \right), \quad g_1 = 1, \quad g_j = (\sin \theta_1 \dots \sin \theta_{j-1})^2, \quad j > 1.$$

Так как искомое решение $u_\alpha \in C^2(D_\beta)$, то его можно искать в виде ряда

$$u_\alpha(r, \theta, t) = \sum_{n=0}^{\infty} \sum_{k=1}^{k_n} \bar{u}_{\alpha,n}^k(r, t) Y_{n,m}^k(\theta), \quad (5)$$

где $\bar{u}_{\alpha,n}^k(r, t)$ - функции, которые будут определены ниже.

Подставив (5) в (4) и используя ортогональность сферических функций $Y_{n,m}^k(\theta)$ ([2]), получим

$$L_\alpha \bar{u}_{\alpha,n}^k \equiv \bar{u}_{\alpha,nr}^k + \frac{m-1}{r} \bar{u}_{\alpha,nr}^k - \bar{u}_{\alpha,nt}^k - \frac{\alpha}{t} \bar{u}_{\alpha,nt}^k - \frac{\lambda_n}{r^2} \bar{u}_{\alpha,n}^k = 0,$$

$\lambda_n = n(n+m-2)$, $k = \overline{1, k_n}$, $n = 0, 1, \dots$, которое, с помощью замены переменных

$r, t) = r^{\frac{1-m}{2}} u_n^k(r, t)$, сводится к уравнению

$$L_\alpha u_{\alpha, n}^k \equiv u_{\alpha, nrr}^k - u_{\alpha, ntt}^k - \frac{\alpha}{t} u_{\alpha, nt}^k + \frac{[(m-1)(3-m) - 4\lambda_n]}{4r^2} u_{\alpha, n}^k = 0. \quad (6_a)$$

Далее, из краевых условий (2)-(3) для функций $u_n^k(r, t)$, соответственно, будем иметь

$$\frac{\partial u_{\alpha, n}^k(r, 0)}{\partial t} = 0, \quad u_{\alpha, n}^k(r, \beta r) = 0, \quad (7)$$

$$k = \overline{1, k_n}, \quad n = 0, 1, \dots, \quad \alpha \geq 0;$$

$$\lim_{t \rightarrow 0} t^\alpha (u_{\alpha, n}^k - u_{\alpha, n}^{k,1})_t = 0, \quad u_{\alpha, n}^k(r, \beta r) = 0, \quad (8)$$

$$k = \overline{1, k_n}, \quad n = 0, 1, \dots, \quad \alpha < 0;$$

где $u_{\alpha, n}^{k,1}(r, t)$ - решение задачи Коши для уравнения (6_a) с данными

$$u_{\alpha, n}^{k,1}(r, 0) = \tau_n^k(r), \quad \frac{\partial}{\partial t} u_{\alpha, n}^{k,1}(r, 0) = 0.$$

Таким образом, задача I сведена к двумерной задаче Дарбу с отходом от характеристики в сти H_β для уравнения (6_a). Решение этой задачи будем изучать в п. 4.

Наряду с уравнением (6_a) рассмотрим уравнение

$$L_0 u_{0, n}^k \equiv u_{0, nrr}^k - u_{0, ntt}^k - \frac{[(m-1)(3-m) - 4\lambda_n]}{4r^2} u_{0, n}^k = 0, \quad (6_b)$$

которое, с помощью замены переменных $\xi = \frac{r+t}{2}$, $\eta = \frac{r-t}{2}$, сводится к уравнению

$$Mu_{0, n}^k \equiv u_{0, n\xi\eta}^k + \frac{[(m-1)(3-m) - 4\lambda_n]}{4(\xi + \eta)^2} u_{0, n}^k = 0. \quad (9)$$

Решение задачи Коши для (9) с данными

$$u_{0, n}^k(\xi, \xi) \equiv \tau_n^k(\xi), \quad \left(\frac{\partial u_{0, n}^k}{\partial \xi} - \frac{\partial u_{0, n}^k}{\partial \eta} \right) \Big|_{\xi=\eta} = \nu_n^k(\xi), \quad \frac{\varepsilon}{2} \leq \xi \leq \frac{1}{2}$$

имеет вид ([4])

$$u_{0, n}^k(\xi, \eta) = \frac{1}{2} \tau_n^k(\eta) R(\eta, \eta; \xi, \eta) + \frac{1}{2} \tau_n^k(\xi) R(\xi, \xi; \xi, \eta) + \\ + \frac{1}{\sqrt{2}} \int_{\eta}^{\xi} \left[\nu_n^k(\xi_1) R(\xi_1, \xi_1; \xi, \eta) - \tau_n^k(\xi_1) \frac{\partial}{\partial N} R(\xi_1, \eta_1; \xi, \eta) \Big|_{\xi_1=\eta_1} \right] d\xi_1, \quad (10)$$

$$\text{где } \tau_n^k(\xi) = (2\xi)^{\frac{m-1}{2}} \bar{\tau}_n^k(2\xi), \quad \nu_n^k(\xi) = \sqrt{2} (2\xi)^{\frac{m-1}{2}} \bar{\nu}_n^k(2\xi),$$

• **Технические науки**

$$R(\xi_1, \eta_1; \xi, \eta) = P_\mu \left[\frac{(\xi_1 - \eta_1)(\xi - \eta) + 2(\xi\eta + \xi_1\eta_1)}{(\xi_1 + \eta_1)(\xi + \eta)} \right] = P_\mu(z) \quad - \text{ функция Римана для}$$

уравнения $Mu_{0,n}^k = 0$ ([5]), а $P_\mu(z)$ - функция Лежандра,

$$\mu = n + \frac{(m-3)}{2}, \quad \frac{\partial}{\partial N} \bigg|_{\xi_1=\eta_1} = \left(\frac{\partial \xi_1}{\partial N'} \frac{\partial}{\partial \eta_1} + \frac{\partial \eta_1}{\partial N'} \frac{\partial}{\partial \xi_1} \right) \bigg|_{\xi_1=\eta_1},$$

N' - нормаль к прямой $\xi = \eta$ в точке (ξ_1, η_1) , направленная в сторону полуплоскости $\eta \leq \xi$.

3. Функциональная связь между решениями задачи Коши для уравнений (6_a) и (6_o).

Сначала приведем некоторые свойства оператора L_α , которые необходимы для дальнейших исследований.

Если u_α - решение уравнения $L_\alpha u = 0$, то функция

$$u_{2-\alpha} = t^{\alpha-1} u_\alpha \quad (11)$$

является решением уравнения $L_{2-\alpha} u = 0$.

Если u_α - решение уравнения $L_\alpha u = 0$, то функция

$$\frac{1}{t} \frac{\partial u_\alpha}{\partial t} = u_{\alpha+2} \quad (12)$$

будет решением уравнения $L_{2+\alpha} u = 0$.

Оператор L_α обладает свойством

$$L_\alpha u_\alpha = t^{1-\alpha} L_{2-\alpha} (t^{\alpha-1} u_\alpha). \quad (13)$$

Указанные свойства устанавливаются аналогично тому, как они были доказаны для уравнения (1) ([6]).

Из равенства (11) имеем

$$u_{2-\alpha-2p} = t^{\alpha+2p-1} u_{\alpha+2p},$$

к которому применив p раз формулу (12), а затем (11), получим

$$u_{2-\alpha} = \left(\frac{1}{t} \frac{\partial}{\partial t} \right)^p (t^{\alpha+2p-1} u_{\alpha+2p}). \quad (14)$$

Соотношение (14) является фундаментальной формулой ([6]) для решения задачи Коши.

Пусть $p \geq 0$, $q \geq 0$ - наименьшие целые числа, удовлетворяющие неравенствам

$$\alpha + 2p \geq m-1, \quad 2-\alpha + 2q \geq m-1.$$

Утверждение 1. Если $u_{0,n}^{2,k}(r, t)$ - решение задачи Коши для уравнения (6_o), удовлетворяющее условию

$$u_{0,n}^{2,k}(r, 0) = 0, \quad \frac{\partial}{\partial t} u_{0,n}^{2,k}(r, 0) = v_n^k(r), \quad (15)$$

то функция

$$u_{\alpha,n}^{2,k}(r, t) = \gamma_{-\alpha} t^{-\alpha} \int_0^1 u_{0,n}^{2,k}(r, \xi t) (1-\xi^2)^{\frac{\alpha}{2}-1} d\xi \equiv \gamma_{-\alpha} \Gamma\left(-\frac{\alpha}{2}\right) D_{0t^2}^{\frac{\alpha}{2}} u_{0,n}^{2,k}(r, t) \quad (16)$$

при $\alpha < 0$ будет решением уравнения (6_a), удовлетворяющим условию

$$u_{\alpha,n}^{2,k}(r, 0) = 0, \quad \lim_{t \rightarrow 0} t^\alpha \frac{\partial}{\partial t} u_{\alpha,n}^{2,k} = v_n^k(r). \quad (17)$$

Если же $0 < \alpha < 1$, то функция

$$u_{\alpha,n}^{2,k}(r,t) = \gamma_{2-k+2q} \left(\frac{1}{t} \frac{\partial}{\partial t} \right)^q \left[t^{1-k+2q} \int_0^1 u_{0,n}^{1,k}(r,\xi t) (1-\xi^2)^{q-\frac{\alpha}{2}} d\xi \right] \equiv$$

$$\equiv \gamma_{2-\alpha+2q} 2^{q-1} \Gamma(q - \frac{\alpha}{2} + 1) D_{0t^2}^{\frac{\alpha}{2}-1} \left[\frac{u_{0,n}^{1,k}(r,t)}{t} \right] \quad (18)$$

Является решением уравнения (6_а) с начальными данными (17), где $\sqrt{\pi} \Gamma(\frac{\alpha}{2}) \gamma_{\alpha} = 2 \Gamma(\frac{\alpha+1}{2})$, $\Gamma(z)$ -гамма функция, $D_{0t^2}^{\alpha}$ -оператор Римана-Лиувилля ([6]), а $u_{0,n}^{1,k}(r,t)$ - решение уравнения (6_а) с начальными условиями

$$u_{0,n}^{1,k}(r,0) = \frac{\nu_n^k(r)}{(1-\alpha)(3-\alpha)\dots(2q+1-\alpha)}, \quad \frac{\partial}{\partial t} u_{0,n}^{1,k}(r,0) = 0. \quad (15')$$

Утверждение 2. Если $u_{0,n}^{1,k}(r,t)$ - решение задачи Коши для уравнения (6_а), удовлетворяющее условию

$$u_{0,n}^{1,k}(r,0) = \tau_n^k(r), \quad \frac{\partial}{\partial t} u_{0,n}^{1,k}(r,0) = 0, \quad (19)$$

то функция

$$u_{0,n}^{1,k}(r,t) = \gamma_{\alpha} \int_0^1 u_{0,n}^{1,k}(r,\xi t) (1-\xi^2)^{\frac{\alpha}{2}-1} d\xi \equiv 2^{-1} \gamma_{\alpha} \Gamma(\frac{\alpha}{2}) t^{1-\alpha} D_{0t^2}^{-\frac{\alpha}{2}} \left[\frac{u_{0,n}^{1,k}(r,t)}{t} \right] \quad (20)$$

при $\alpha > 0$ есть решение уравнения (6_а), удовлетворяющее условию (19).

Утверждение 3. Если $u_{0,n}^{1,k}(r,t)$ - решение задачи Коши для уравнения (6_а), удовлетворяющее условию (19), то функция

$$u_{1,n}^{1,k}(r,t) = \int_0^1 u_{0,n}^{1,k}(r,\xi t) (1-\xi^2)^{-\frac{1}{2}} \ln[t(1-\xi^2)] d\xi \quad (21)$$

является решением уравнения $L_1 u = 0$ с начальными данными

$$\frac{u_{1,n}^{1,k}}{\ln t} \Big|_{t=0} = \tau_n^k(r). \quad (22)$$

Справедливость приведенных утверждений устанавливается аналогичным образом, как они доказаны для уравнения (1) и волнового уравнения ([7-9]).

Приведем некоторые следствия из утверждений 2, 3.

Сначала рассмотрим случай $\alpha < 0$, $\alpha \neq -(2r+1)$, $r = 0, 1, \dots$. Если $u_{0,n}^{1,k}(r,t)$ - решение задачи Коши для уравнения (6_а) с данными

$$u_{0,n}^{1,k}(r,0) = \frac{\tau_n^k(r)}{(1-\alpha)\dots(\alpha+2p-1)}, \quad \frac{\partial}{\partial t} u_{0,n}^{1,k}(r,0) = 0 \quad (23)$$

то из утверждения 2 следует, что функция

$$u_{\alpha+2p,n}^{1,k}(r,t) = \gamma_{\alpha+2p} \int_0^1 u_{0,n}^{1,k}(r,\xi t) (1-\xi^2)^{\frac{\alpha}{2}+p-1} d\xi$$

является решением уравнения $L_{\alpha+2p}u = 0$, удовлетворяющим начальному условию (23).

Тогда из соотношений (14) и (11) вытекает, что функция

$$u_{\alpha,n}^{1,k}(r,t) = t^{1-\alpha} \left(\frac{1}{t} \frac{\partial}{\partial t} \right)^p (t^{\alpha+2p-1} u_{\alpha+2p,n}^{1,k}) \equiv \gamma_{k+2p} 2^{p-1} \Gamma\left(\frac{\alpha}{2} + p\right) t^{1-\alpha} D_{0t^2}^{-\frac{\alpha}{2}} \left[\frac{u_{0,n}^{1,k}(r,t)}{t} \right] \quad (24)$$

есть решение уравнения (6_{α}) и удовлетворяет условию (19).

Пусть $\alpha = -(2r+1)$. Если $u_{0,n}^{1,k}(r,t)$ - решение задачи Коши для (6_0) с данными (19), то из (11), (14) и из утверждения 3 нетрудно получить, что функция

$$u_{-(2r+1),n}^{1,k}(r,t) = t^{2(r+1)} \left(\frac{1}{t} \frac{\partial}{\partial t} \right)^{r+1} \left[\int_0^1 u_{0,n}^{1,k}(r,\xi t) (1-\xi^2)^{-\frac{1}{2}} \ln(t(1-\xi^2)) d\xi \right] \quad (25)$$

является решением задачи Коши для $L_{-(2r+1)}u = 0$, удовлетворяющим условию (19).

Используя [10, лемма 1.14.2], соотношение (25) можно записать в виде

$$u_{-(2r+1),n}^{1,k}(r,t) = \frac{a}{2} t^{2(r+1)} D_{0t^2}^{\frac{1}{2}+r} \left[\frac{u_{0,n}^{1,k}(r,t)}{t} \right], \quad a = \frac{1}{2} \Gamma'(1) - \frac{\Gamma'(\frac{1}{2})}{\sqrt{\pi}} - \ln t. \quad (26)$$

4. Доказательство теоремы для задачи 1. Пусть $\beta < 1$. Тогда задача 1 сводится ко второй задаче Дарбу для уравнения (6_{α}) с данными

$$\frac{\partial}{\partial t} u_{\alpha,n}^k(r,0) = 0, \quad u_{\alpha,n}^k(r,\beta r) = 0, \quad (27)$$

$$k = \overline{1, k_n}, \quad n = 0, 1, \dots, \quad \alpha \geq 0;$$

$$\lim_{t \rightarrow 0} t^{\alpha} (u_{\alpha,n}^k - u_{\alpha,n}^{k,1})_t = 0, \quad u_{\alpha,n}^k(r,\beta r) = 0, \quad (28)$$

$$k = \overline{1, k_n}, \quad n = 0, 1, \dots, \quad \alpha < 0.$$

Если $\alpha \geq 0$, то из (20) следует, что задача (6_{α}) , (27) сводится к краевой задаче для (6_0) с условием

$$\frac{\partial}{\partial t} u_{0,n}^k(r,0) = 0, \quad u_{0,n}^k(r,\beta r) = 0, \quad (29)$$

которое, как показано в [3], имеет нулевое решение.

При $\alpha < 0$ решение задачи (6_{α}) , (28) будем искать в виде $u_{\alpha,n}^k(r,t) = u_{\alpha,n}^{k,1}(r,t) + u_{\alpha,n}^{k,2}(r,t)$, где $u_{\alpha,n}^{k,2}(r,t)$ - решение задачи Коши для уравнения (6_{α}) с данными

$$\lim_{t \rightarrow 0} t^{\alpha} \frac{\partial}{\partial t} u_{\alpha,n}^{k,2} = 0, \quad u_{\alpha,n}^{k,2}(r,0) = 0,$$

а $u_{\alpha,n}^{k,1}(r,t)$ - решение задачи для (6_{α}) с условиями

$$\frac{\partial}{\partial t} u_{\alpha,n}^{k,1}(r,0) = 0, \quad u_{\alpha,n}^{k,1}(r,\beta r) = -u_{\alpha,n}^{k,2}(r,\beta r). \quad (30)$$

Задача Коши (6_a) , (30), в силу формулы (16), сводится к однородной задаче Коши для (6_0) с данными

$$u_{0,n}^{k,2}(r,0) = 0, \quad \frac{\partial}{\partial t} u_{0,n}^{k,2}(r,0) = 0,$$

которое имеет тривиальное решение, что следует из формулы (12).

Следовательно, из утверждения 1 вытекает, что $u_{\alpha,n}^{k,2}(r,t) \equiv 0$.

Отсюда и в силу формул (24) и (26), задача (6_a) , (31) сводится к краевой задаче для (6_0) с данными (29), имеющей тривиальное решение.

Таким образом, задача (6_a) , (28) имеет нулевое решение. Следовательно, решение задачи 1 при $\beta < 1$ $u(x,t) \equiv 0$.

Теорема в одну сторону доказана.

Пусть теперь решение задачи 1 $u(x,t) \equiv 0$. Покажем, что $\beta < 1$. Предположим противное, т.е. $\beta = 1$. В этом случае, в [11,12] доказано, что задача 1 имеет бесчисленное множество не тривиальных решений. Приходим к противоречию.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бицадзе А.В. Некоторые классы уравнений в частных производных, М.: Наука, 1981 – 448с.
2. Михлин С.Г. Многомерные сингулярные интегралы и интегральные уравнения, М.: Физматгиз, 1962 – 254с.
3. Алдашев С.А. // Известия НАН РК, сер. физ. – мат. наук, 2007, №5, с. 3-6
4. Бицадзе А.В. Уравнения смешанного типа, М: Изд – во АН СССР, 1959 – 164с.
5. Copson E.T. New boundary value problems for the wave equation and equations of mixed type. // J. Rath. Mech. and Anal., 1958, 1, p.324-348.
6. Weinstein A. The Fifth Symposium in applied Math. McGraw – Hill. New York, 1954 – p. 137-147.
7. Терсенов С.А. Введение в теорию уравнений, вырождающихся на границе, Новосибирск: НГУ, 1973 – 144с.
8. Алдашев С.А. // Дифференциальные уравнения, 1976. Т.12, №6-с.3-14.
9. Терсенов С.А. Введение в теорию уравнений параболического типа с меняющимся направлением времени, Новосибирск: ИМ СО АН СССР, 1982 – 167с.
10. Нахушев А.М. Элементы дробного исчисления и их применение, Нальчик: КБНЦ РАН, 2000-298с.
11. Алдашев С.А. Критерий единственности решения задачи Дарбу-Проттера для многомерного уравнения Эйлера-Дарбу-Пуассона. // Математический журнал, Алматы: ИМ МОиН РК, 2003. Т.3, №3(9)-с.12-19.
12. Алдашев С.А. Вырождающиеся многомерные гиперболические уравнения, Ораг:ЗКАТУ, 2007 -139с.

Резюме

Мақалада көп өлшемді гиперболалық Эйлер – Дарбу – Пуассон тендеуіне арналған сипаттамадан ауытқыған екінші Дарбу есебінің біршешімділік критериясы алынған.

Summary

In the work the criterion of the unique decision of the second Darboux problem with deviation from the characteristics for Euler-Darby-Puasson multidimensional equation is received.

Актюбинский университет
имени С.Башиева

Поступила 10.11.2009 г.