

ISSN 2518-1726 (Online),
ISSN 1991-346X (Print)

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ

Х А Б А Р Л А Р Ы

ИЗВЕСТИЯ

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

**ФИЗИКА-МАТЕМАТИКА
СЕРИЯСЫ**



СЕРИЯ

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ



**PHYSICO-MATHEMATICAL
SERIES**

4 (314)

ШІЛДЕ – ТАМЫЗ 2017 Ж.

ИЮЛЬ – АВГУСТ 2017 г.

JULY – AUGUST 2017

1963 ЖЫЛДЫҢ ҚАҢТАР АЙЫНАН ШЫҒА БАСТАҒАН
ИЗДАЕТСЯ С ЯНВАРЯ 1963 ГОДА
PUBLISHED SINCE JANUARY 1963

ЖЫЛЫНА 6 РЕТ ШЫҒАДЫ
ВЫХОДИТ 6 РАЗ В ГОД
PUBLISHED 6 TIMES A YEAR

АЛМАТЫ, ҚР ҰҒА
АЛМАТЫ, НАН РК
ALMATY, NAS RK

Б а с р е д а к т о р ы
ф.-м.ғ.д., проф., ҚР ҰҒА академигі **Ғ.М. Мұтанов**

Р е д а к ц и я а л қ а с ы:

Жұмаділдаев А.С. проф., академик (Қазақстан)
Кальменов Т.Ш. проф., академик (Қазақстан)
Жантаев Ж.Ш. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Өмірбаев У.У. проф. корр.-мүшесі (Қазақстан)
Жүсіпов М.А. проф. (Қазақстан)
Жұмабаев Д.С. проф. (Қазақстан)
Асанова А.Т. проф. (Қазақстан)
Бошқаев К.А. PhD докторы (Қазақстан)
Сұраған Д. корр.-мүшесі (Қазақстан)
Quevedo Hernando проф. (Мексика),
Джунушалиев В.Д. проф. (Қырғыстан)
Вишневский И.Н. проф., академик (Украина)
Ковалев А.М. проф., академик (Украина)
Михалевич А.А. проф., академик (Белорус)
Пашаев А. проф., академик (Әзірбайжан)
Такибаев Н.Ж. проф., академик (Қазақстан), бас ред. орынбасары
Тигиняну И. проф., академик (Молдова)

«ҚР ҰҒА Хабарлары. Физика-математикалық сериясы».

ISSN 2518-1726 (Online), ISSN 1991-346X (Print)

Меншіктенуші: «Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы» РҚБ (Алматы қ.)
Қазақстан республикасының Мәдениет пен ақпарат министрлігінің Ақпарат және мұрағат комитетінде
01.06.2006 ж. берілген №5543-Ж мерзімдік басылым тіркеуіне қойылу туралы куәлік

Мерзімділігі: жылына 6 рет.
Тиражы: 300 дана.

Редакцияның мекенжайы: 050010, Алматы қ., Шевченко көш., 28, 219 бөл., 220, тел.: 272-13-19, 272-13-18,
www.nauka-nanrk.kz / physics-mathematics.kz

© Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы, 2017

Типографияның мекенжайы: «Аруна» ЖК, Алматы қ., Муратбаева көш., 75.

Главный редактор
д.ф.-м.н., проф. академик НАН РК **Г.М. Мутанов**

Редакционная коллегия:

Джумадильдаев А.С. проф., академик (Казахстан)
Кальменов Т.Ш. проф., академик (Казахстан)
Жантаев Ж.Ш. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Умирбаев У.У. проф. чл.-корр. (Казахстан)
Жусупов М.А. проф. (Казахстан)
Джумабаев Д.С. проф. (Казахстан)
Асанова А.Т. проф. (Казахстан)
Бошкаев К.А. доктор PhD (Казахстан)
Сураган Д. чл.-корр. (Казахстан)
Quevedo Hernando проф. (Мексика),
Джунушалиев В.Д. проф. (Кыргызстан)
Вишневский И.Н. проф., академик (Украина)
Ковалев А.М. проф., академик (Украина)
Михалевич А.А. проф., академик (Беларусь)
Пашаев А. проф., академик (Азербайджан)
Такибаев Н.Ж. проф., академик (Казахстан), зам. гл. ред.
Тигиняну И. проф., академик (Молдова)

«Известия НАН РК. Серия физико-математическая».

ISSN 2518-1726 (Online), ISSN 1991-346X (Print)

Собственник: РОО «Национальная академия наук Республики Казахстан» (г. Алматы)

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации и архивов
Министерства культуры и информации Республики Казахстан №5543-Ж, выданное 01.06.2006 г.

Периодичность: 6 раз в год.

Тираж: 300 экземпляров.

Адрес редакции: 050010, г. Алматы, ул. Шевченко, 28, ком. 219, 220, тел.: 272-13-19, 272-13-18,
www.nauka-nanrk.kz / physics-mathematics.kz

© Национальная академия наук Республики Казахстан, 2017

Адрес типографии: ИП «Аруна», г. Алматы, ул. Муратбаева, 75.

E d i t o r i n c h i e f
doctor of physics and mathematics, professor, academician of NAS RK **G.M. Mutanov**

E d i t o r i a l b o a r d:

Dzhumadildayev A.S. prof., academician (Kazakhstan)
Kalmenov T.Sh. prof., academician (Kazakhstan)
Zhantayev Zh.Sh. prof., corr. member. (Kazakhstan)
Umirbayev U.U. prof. corr. member. (Kazakhstan)
Zhusupov M.A. prof. (Kazakhstan)
Dzhumabayev D.S. prof. (Kazakhstan)
Asanova A.T. prof. (Kazakhstan)
Boshkayev K.A. PhD (Kazakhstan)
Suragan D. corr. member. (Kazakhstan)
Quevedo Hernando prof. (Mexico),
Dzhunushaliyev V.D. prof. (Kyrgyzstan)
Vishnevskiy I.N. prof., academician (Ukraine)
Kovalev A.M. prof., academician (Ukraine)
Mikhalevich A.A. prof., academician (Belarus)
Pashayev A. prof., academician (Azerbaijan)
Takibayev N.Zh. prof., academician (Kazakhstan), deputy editor in chief.
Tiginyanu I. prof., academician (Moldova)

News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Physical-mathematical series.

ISSN 2518-1726 (Online), ISSN 1991-346X (Print)

Owner: RPA "National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan" (Almaty)

The certificate of registration of a periodic printed publication in the Committee of information and archives of the Ministry of culture and information of the Republic of Kazakhstan N 5543-Ж, issued 01.06.2006

Periodicity: 6 times a year

Circulation: 300 copies

Editorial address: 28, Shevchenko str., of. 219, 220, Almaty, 050010, tel. 272-13-19, 272-13-18,
www.nauka-nanrk.kz / physics-mathematics.kz

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2017

Address of printing house: ST "Aruna", 75, Muratbayev str, Almaty

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
PHYSICO-MATHEMATICAL SERIES

ISSN 1991-346X

Volume 4, Number 314 (2017), 11– 18

UDC 517.956

A.T. Assanova¹, H.A. Ashirbaev², A.P. Sabalakhova³¹ Institute of Mathematics and Mathematical Modeling, Almaty, Kazakhstan^{2,3} South-Kazakhstan State University after M.O.Auezov, Shymkent, Kazakhstane-mail: anarasanova@list.ru; ashirbaev_1954@mail.ru; sabalakhova@mail.ru**ON THE NONLOCAL PROBLEM FOR A SYSTEM OF THE PARTIAL
INTEGRO-DIFFERENTIAL EQUATIONS OF HYPERBOLIC TYPE**

Abstract. The nonlocal problem with data on the characteristics for the system of integro-differential equations of hyperbolic type second order is considered. The questions of the existence and uniqueness of a classical solution to the nonlocal problem are studied. The considered problem is reduced to an equivalent nonlocal problem with integral condition by introducing a new unknown function instead of a integral term in the system of equations. The problem with parameter consists of a nonlocal problem for a system of hyperbolic equations with parameter and the integral relation. Algorithms for finding an approximate solution of the equivalent problem with parameter are constructed and the conditions for their convergence are proved. Sufficient conditions for the existence of unique solution to the problem with parameter are established. Conditions of existence of unique classical solution to the nonlocal problem for the system of integro-differential equations of hyperbolic type are obtained in the terms of initial data. Earlier, the method of reduced to an equivalent family of problems for partial differential equations is applied to study of this problem. Sufficient conditions for the existence of unique classical solution of this problem are found in the terms of some matrix compiled by the initial data.

This results are partially supported by grant of the Ministry of education and science of the Republic Kazakhstan, No 0822 / ГФ4.

Key words: nonlocal problem, system of partial integro-differential equations, parameter, algorithm, approximate solution, unique solvability.

1. Introduction. Note that the interest of nonlocal problems for partial integro-differential equations of hyperbolic type has grown. Nonlocal problems are called boundary value problems, in which instead of the classical boundary conditions for the partial integro-differential equations it is given specified combination of values of the unknown function on the boundary of the domain and within it. Boundary conditions are set on the characteristics of the system of hyperbolic equations. The existence and uniqueness of the classical solutions to nonlocal problems for system of hyperbolic integro-differential equations are set. In the present work we consider the system of hyperbolic integro-differential equations of second order in a rectangular domain. Boundary conditions are specified as a combination of values from the required solution and their partial derivatives on first order. We investigate the questions of existence and uniqueness of the classical solution to nonlocal problem for system of hyperbolic integro-differential equations and its applications. For solve to considered problem we use a method of introduction additional functional parameters. The original problem is reduced to an equivalent problem consisting from Goursat problem for system of hyperbolic equations with functional parameters and integral relations. Sufficient conditions of the unique solvability to investigated problem are established in the terms of initial data. Algorithms of finding solution to the nonlocal problem are constructed. The applicability of the obtained results in an optimal control problems are showed.

2. Statement of problem. On the domain $\Omega = [0, T] \times [0, \omega]$ we consider the nonlocal problem with data on the characteristics for system of partial integro-differential equations of hyperbolic type of second order

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t \partial x} = A(t, x) \frac{\partial u}{\partial x} + B(t, x) \frac{\partial u}{\partial t} + C(t, x)u + \int_0^\theta \left[K_1(t, \xi) \frac{\partial u(t, \xi)}{\partial \xi} + K_2(t, \xi) \frac{\partial u(t, \xi)}{\partial t} + K_3(t, \xi)u(t, \xi) \right] d\xi + f(t, x), \quad (t, x) \in \Omega, \quad (1)$$

$$u(t, 0) = \psi(t), \quad t \in [0, T], \quad (2)$$

$$P_2(x) \frac{\partial u(0, x)}{\partial x} + P_1(x) \frac{\partial u(t, x)}{\partial t} \Big|_{t=0} + P_0(x)u(0, x) + L_2(x) \frac{\partial u(\theta, x)}{\partial x} + L_1(x) \frac{\partial u(t, x)}{\partial t} \Big|_{t=\theta} + L_0(x)u(\theta, x) + S_2(x) \frac{\partial u(T, x)}{\partial x} + S_1(x) \frac{\partial u(t, x)}{\partial t} \Big|_{t=T} + S_0(x)u(T, x) = \varphi(x), \quad x \in [0, \omega], \quad (3)$$

where $u(t, x) = \text{col}(u_1(t, x), u_2(t, x), \dots, u_n(t, x))$, the $n \times n$ -matrices $A(t, x)$, $B(t, x)$, $C(t, x)$, $K_1(t, x)$, $K_2(t, x)$, $K_3(t, x)$ and n -vector-function $f(t, x)$ are continuous on Ω , the n -vector-function $\psi(t)$ is continuously differentiable on $[0, T]$, the $n \times n$ -matrices $P_i(x)$, $L_i(x)$, $S_i(x)$, and n -vector-function $\varphi(x)$ are continuous on $[0, \omega]$, $i = 0, 1, 2$, $0 \leq \theta \leq \min(T, \omega)$. The initial data satisfy the condition of approval.

A function $u(t, x) \in C(\Omega, R^n)$ having partial derivatives $\frac{\partial u(t, x)}{\partial x} \in C(\Omega, R^n)$,

$\frac{\partial u(t, x)}{\partial t} \in C(\Omega, R^n)$, $\frac{\partial^2 u(t, x)}{\partial t \partial x} \in C(\Omega, R^n)$ is called a classical solution to problem (1)-(3) if for all $(t, x) \in \Omega$ it satisfies the system (1), boundary conditions (2) and (3).

In the present paper we investigate the questions of existence and uniqueness of the classical solutions to the nonlocal problem for system of hyperbolic integro-differential equations (1)-(3) and the approaches of constructing its approximate solutions. For this goals, we applied the method of introduction additional functional parameters proposed in [1-18] for the solve of nonlocal boundary value problems for systems of hyperbolic equations with mixed derivative. Considered problem is provided to nonlocal problem with integral condition for system of hyperbolic equations including additional function. Hence, this problem is reduced to an equivalent problem, consisting of Goursat problem for the system of hyperbolic equations with functional parameters and Cauchy problem for system of ordinary differential equations with respect to the entered parameters by introducing new unknown functions. The algorithm of finding the approximate solution of the investigated problem is proposed and its convergence proved. Sufficient conditions of the existence of unique classical solution to problem (1)-(3) are obtained in the terms of initial data. The applicability of the obtained results in the optimal control problems is showed.

3. *Reduction to nonlocal problem with integral condition for system of hyperbolic equations including special function.* We introduce an additional special function

$$\mu(t) = \int_0^\theta \left[K_1(t, \xi) \frac{\partial u(t, \xi)}{\partial \xi} + K_2(t, \xi) \frac{\partial u(t, \xi)}{\partial t} + K_3(t, \xi)u(t, \xi) \right] d\xi$$

and write the problem (1)-(3) in the following form

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t \partial x} = A(t, x) \frac{\partial u}{\partial x} + B(t, x) \frac{\partial u}{\partial t} + C(t, x)u + \mu(t) + f(t, x), \quad (t, x) \in \Omega, \quad (4)$$

$$u(t, 0) = \psi(t), \quad t \in [0, T], \quad (5)$$

$$P_2(x) \frac{\partial u(0, x)}{\partial x} + P_1(x) \frac{\partial u(t, x)}{\partial t} \Big|_{t=0} + P_0(x)u(0, x) + L_2(x) \frac{\partial u(\theta, x)}{\partial x} + L_1(x) \frac{\partial u(t, x)}{\partial t} \Big|_{t=\theta} + L_0(x)u(\theta, x) + S_2(x) \frac{\partial u(T, x)}{\partial x} + S_1(x) \frac{\partial u(t, x)}{\partial t} \Big|_{t=T} + S_0(x)u(T, x) = \varphi(x), \quad x \in [0, \omega], \quad (6)$$

$$\mu(t) = \int_0^\theta \left[K_1(t, \xi) \frac{\partial u(t, \xi)}{\partial \xi} + K_2(t, \xi) \frac{\partial u(t, \xi)}{\partial t} + K_3(t, \xi) u(t, \xi) \right] d\xi, \quad t \in [0, T]. \quad (7)$$

4. *Scheme of the method and algorithm.* Let $\lambda(x) = u(0, x)$. In the problem (4)-(7) we change the function $u(t, x)$ by $u(t, x) = \tilde{u}(t, x) + \lambda(x)$ and proceed to the following equivalent problem

$$\frac{\partial^2 \tilde{u}}{\partial t \partial x} = A(t, x) \frac{\partial \tilde{u}}{\partial x} + B(t, x) \frac{\partial \tilde{u}}{\partial t} + C(t, x) \tilde{u} + A(t, x) \dot{\lambda}(x) + C(t, x) \lambda(x) + \mu(t) + f(t, x), \quad (8)$$

$$\tilde{u}(t, 0) + \lambda(0) = \psi(t), \quad t \in [0, T], \quad (9)$$

$$\tilde{u}(0, x) = 0, \quad x \in [0, \omega], \quad (10)$$

$$\begin{aligned} & [P_2(x) + L_2(x) + S_2(x)] \dot{\lambda}(x) + [P_0(x) + L_0(x) + S_0(x)] \lambda(x) + \\ & + P_1(x) \frac{\partial \tilde{u}(t, x)}{\partial t} \Big|_{t=0} + L_2(x) \frac{\partial \tilde{u}(\theta, x)}{\partial x} + L_1(x) \frac{\partial \tilde{u}(t, x)}{\partial t} \Big|_{t=\theta} + L_0(x) \tilde{u}(\theta, x) + S_2(x) \frac{\partial \tilde{u}(T, x)}{\partial x} + \\ & + S_1(x) \frac{\partial \tilde{u}(t, x)}{\partial t} \Big|_{t=T} + S_0(x) \tilde{u}(T, x) = \varphi(x), \quad x \in [0, \omega]. \end{aligned} \quad (11)$$

$$\mu(t) = \int_0^\theta \left[K_1(t, \xi) \frac{\partial \tilde{u}(t, \xi)}{\partial \xi} + K_2(t, \xi) \frac{\partial \tilde{u}(t, \xi)}{\partial t} + K_3(t, \xi) \tilde{u}(t, \xi) + K_1(t, \xi) \dot{\lambda}(\xi) + K_3(t, \xi) \lambda(\xi) \right] d\xi. \quad (12)$$

A triple functions $(\tilde{u}(t, x), \lambda(x), \mu(t))$, where the function $\tilde{u}(t, x) \in C(\Omega, R^n)$ has partial derivatives $\frac{\partial \tilde{u}(t, x)}{\partial x} \in C(\Omega, R^n)$, $\frac{\partial \tilde{u}(t, x)}{\partial t} \in C(\Omega, R^n)$, $\frac{\partial^2 \tilde{u}(t, x)}{\partial t \partial x} \in C(\Omega, R^n)$, the function $\lambda(x) \in C([0, \omega], R^n)$ has derivative $\dot{\lambda}(x) \in C([0, \omega], R^n)$, the function $\mu(t) \in C([0, T], R^n)$ determine from relations (12) for all $t \in [0, T]$, is called a solution to problem (8)-(12) if for all $(t, x) \in \Omega$ it satisfies of the system of hyperbolic equations with parameters (8), the boundary conditions (9), (10), the functional relation (11) and the integral condition (12).

From the compatibility condition at the point (0,0) of initial data is yield: $\lambda(0) = \psi(0)$. Then the condition (9) may be rewrite in the following form

$$\tilde{u}(t, 0) = \psi(t) - \psi(0), \quad t \in [0, T]. \quad (13)$$

The problem (8), (10), (13) at fixed $\lambda(x)$, $\mu(t)$ is the Goursat problem with respect to $\tilde{u}(t, x)$ on Ω . The relation (11) allows us to determine the unknown functional parameter $\lambda(x)$. The integral condition (12) allows us to determine the unknown function $\mu(t)$ for all $t \in [0, T]$.

We introduce new unknown functions $\tilde{v}(t, x) = \frac{\partial \tilde{u}(t, x)}{\partial x}$, $\tilde{w}(t, x) = \frac{\partial \tilde{u}(t, x)}{\partial t}$. Goursat problem (8), (10), (13) is equivalent to a three systems integral equations

$$\begin{aligned} \tilde{v}(t, x) = & \int_0^t \{ A(\tau, x) \tilde{v}(\tau, x) + B(\tau, x) \tilde{w}(\tau, x) + C(\tau, x) \tilde{u}(\tau, x) + \\ & + A(\tau, x) \dot{\lambda}(x) + C(\tau, x) \lambda(x) + \mu(\tau) + f(\tau, x) \} d\tau, \end{aligned} \quad (14)$$

$$\begin{aligned} \tilde{w}(t, x) = & \psi(t) + \int_0^x \{ A(t, \xi) \tilde{v}(t, \xi) + B(t, \xi) \tilde{w}(t, \xi) + C(t, \xi) \tilde{u}(t, \xi) + \\ & + A(t, \xi) \dot{\lambda}(\xi) + C(t, \xi) \lambda(\xi) + \mu(t) + f(t, \xi) \} d\xi. \end{aligned} \quad (15)$$

$$\begin{aligned} \tilde{u}(t, x) = & \psi(t) - \psi(0) + \int_0^t \int_0^x \{ A(\tau, \xi) \tilde{v}(\tau, \xi) + B(\tau, \xi) \tilde{w}(\tau, \xi) + C(\tau, \xi) \tilde{u}(\tau, \xi) + \\ & + A(\tau, \xi) \dot{\lambda}(\xi) + C(\tau, \xi) \lambda(\xi) + \mu(\tau) + f(\tau, \xi) \} d\xi d\tau. \end{aligned} \quad (16)$$

In the relation (11) instead of the functions $\tilde{v}(\theta, x)$, $\tilde{v}(T, x)$, we substitute the appropriate expressions of the integral relation under $t = \theta$, $t = T$, respectively. Then we obtain

$$\begin{aligned}
 & \left[P_2(x) + L_2(x) + L_2(x) \int_0^\theta A(\tau, x) d\tau + S_2(x) + S_2(x) \int_0^T A(\tau, x) d\tau \right] \dot{\lambda}(x) = \\
 & = - \left[P_0(x) + L_0(x) + S_0(x) + L_2(x) \int_0^\theta C(\tau, x) d\tau + S_2(x) \int_0^T C(\tau, x) d\tau \right] \lambda(x) - \\
 & - L_2(x) \int_0^\theta \mu(\tau) d\tau - S_2(x) \int_0^T \mu(\tau) d\tau - P_1(x) \tilde{w}(0, x) - L_1(x) \tilde{w}(\theta, x) - S_1(x) \tilde{w}(T, x) - \\
 & - L_2(x) \int_0^\theta \{A(\tau, x) \tilde{v}(\tau, x) + B(\tau, x) \tilde{w}(\tau, x) + C(\tau, x) \tilde{u}(\tau, x)\} d\tau - L_0(x) \tilde{u}(\theta, x) - \\
 & - S_2(x) \int_0^T \{A(\tau, x) \tilde{v}(\tau, x) + B(\tau, x) \tilde{w}(\tau, x) + C(\tau, x) \tilde{u}(\tau, x)\} d\tau - S_0(x) \tilde{u}(T, x) - \\
 & - L_2(x) \int_0^\theta f(\tau, x) d\tau - S_2(x) \int_0^T f(\tau, x) d\tau + \varphi(x), \quad x \in [0, \omega]. \quad (17)
 \end{aligned}$$

From the compatibility condition follows the initial condition

$$\lambda(0) = \psi(0). \quad (18)$$

The unknown functional parameter $\lambda(x)$ will be determined from Cauchy problem for system of ordinary differential equations (17), (18). The unknown special function $\mu(t)$ will be determined from integral relation (12).

If we know the functional parameter $\lambda(x)$, the special function $\mu(t)$, then from integral systems (14)-(16) find the functions $\tilde{u}(t, x)$, $\tilde{v}(t, x)$, $\tilde{w}(t, x)$. Conversely, if we know functions $\tilde{u}(t, x)$, $\tilde{v}(t, x)$, $\tilde{w}(t, x)$, then from Cauchy problem (17), (18) and integral condition (12) we find the functional parameter $\lambda(x)$ and special function $\mu(t)$. Since the functions $\tilde{u}(t, x)$, $\tilde{v}(t, x)$, $\tilde{w}(t, x)$ and $\lambda(x)$, $\mu(t)$ are unknown together for finding of the solution to problem (8)--(12) we use an iterative method. The solution to problem (8)--(12) is the triple functions $(\tilde{u}^*(t, x), \lambda^*(x), \mu^*(t))$ we defined as a limit of sequence of triples $(\tilde{u}^{(m)}(t, x), \lambda^{(m)}(x), \mu^{(m)}(t, x))$, $m = 0, 1, 2, \dots$, according to the following algorithm:

Step 0. 1) Let the matrix $D_1(x) = P_2(x) + L_2(x) + L_2(x) \int_0^\theta A(\tau, x) d\tau + S_2(x) + S_2(x) \int_0^T A(\tau, x) d\tau$ is invertible for all $x \in [0, \omega]$. Suppose in the right-hand part of the system (17) $\mu(t) = 0$, $\tilde{u}(t, x) = \psi(t) - \psi(0)$, $\tilde{v}(t, x) = 0$, $\tilde{w}(t, x) = \psi(t)$, from Cauchy problem (17), (18) we find the initial approximation $\lambda^{(0)}(x)$ for all $x \in [0, \omega]$:

$$\begin{aligned}
 \lambda^{(0)}(x) &= \psi(0) - \int_0^x D_1^{-1}(\xi) D_2(\xi) \lambda^{(0)}(\xi) d\xi - \\
 &- \int_0^x D_1^{-1}(\xi) [P_1(\xi) \psi(0) + L_1(\xi) \psi(\theta) + S_1(\xi) \psi(T) + L_0(\xi) \{\psi(\theta) - \psi(0)\} + S_0(\xi) \{\psi(T) - \psi(0)\}] d\xi - \\
 &- \int_0^x D_1^{-1}(\xi) L_2(\xi) \int_0^\theta \{B(\tau, \xi) \psi(\tau) + C(\tau, \xi) [\psi(\tau) - \psi(0)]\} d\tau d\xi -
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& - \int_0^x D_1^{-1}(\xi) S_2(\xi) \int_0^T \{B(\tau, \xi) \dot{\psi}(\tau) + C(\tau, \xi) [\psi(\tau) - \psi(0)]\} d\tau d\xi - \\
& - \int_0^x D_1^{-1}(\xi) \left[L_2(\xi) \int_0^\theta f(\tau, \xi) d\tau + S_2(\xi) \int_0^T f(\tau, \xi) d\tau - \varphi(\xi) \right] d\xi,
\end{aligned}$$

where $D_2(x) = P_0(x) + L_0(x) + S_0(x) + L_2(x) \int_0^\theta C(\tau, x) d\tau + S_2(x) \int_0^T C(\tau, x) d\tau$.

2) From the system of integral equations (14)–(16) under $\mu(t) = 0$, $\lambda(x) = \lambda^{(0)}(x)$, $\dot{\lambda}(x) = \dot{\lambda}^{(0)}(x)$ we find the functions $\tilde{u}^{(0)}(t, x)$, $\tilde{v}^{(0)}(t, x)$, $\tilde{w}^{(0)}(t, x)$ for all $(t, x) \in \Omega$:

$$\begin{aligned}
\tilde{v}^{(0)}(t, x) &= \int_0^t \{A(\tau, x) \tilde{v}^{(0)}(\tau, x) + B(\tau, x) \tilde{w}^{(0)}(\tau, x) + C(\tau, x) \tilde{u}^{(0)}(\tau, x) + \\
& + A(\tau, x) \dot{\lambda}^{(0)}(x) + C(\tau, x) \lambda^{(0)}(x) + f(\tau, x)\} d\tau, \\
\tilde{w}^{(0)}(t, x) &= \dot{\psi}(t) + \int_0^x \{A(t, \xi) \tilde{v}^{(0)}(t, \xi) + B(t, \xi) \tilde{w}^{(0)}(t, \xi) + C(t, \xi) \tilde{u}^{(0)}(t, \xi) + \\
& + A(t, \xi) \dot{\lambda}^{(0)}(\xi) + C(t, \xi) \lambda^{(0)}(\xi) + f(t, \xi)\} d\xi,
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\tilde{u}^{(0)}(t, x) &= \psi(t) - \psi(0) + \int_0^t \int_0^x \{A(\tau, \xi) \tilde{v}^{(0)}(\tau, \xi) + B(\tau, \xi) \tilde{w}^{(0)}(\tau, \xi) + C(\tau, \xi) \tilde{u}^{(0)}(\tau, \xi) + \\
& + A(\tau, \xi) \dot{\lambda}^{(0)}(\xi) + C(\tau, \xi) \lambda^{(0)}(\xi) + f(\tau, \xi)\} d\xi d\tau.
\end{aligned}$$

From integral relation (12) under $\tilde{u}(t, x) = \tilde{u}^{(0)}(t, x)$, $\tilde{v}(t, x) = \tilde{v}^{(0)}(t, x)$, $\tilde{w}(t, x) = \tilde{w}^{(0)}(t, x)$, $\lambda(x) = \lambda^{(0)}(x)$, $\dot{\lambda}(x) = \dot{\lambda}^{(0)}(x)$ we find the initial approximation $\mu^{(0)}(t)$ for all $t \in [0, T]$:

$$\mu^{(0)}(t) = \int_0^\theta [K_1(t, \xi) \tilde{v}^{(0)}(t, \xi) + K_2(t, \xi) \tilde{w}^{(0)}(t, \xi) + K_3(t, \xi) \tilde{u}^{(0)}(t, \xi) + K_1(t, \xi) \dot{\lambda}^{(0)}(\xi) + K_3(t, \xi) \lambda^{(0)}(\xi)] d\xi.$$

Step 1. 1) Suppose in the right-hand part of the system (17) $\mu(t) = \mu^{(0)}(t)$, $\tilde{u}(t, x) = \tilde{u}^{(0)}(t, x)$, $\tilde{v}(t, x) = \tilde{v}^{(0)}(t, x)$, $\tilde{w}(t, x) = \tilde{w}^{(0)}(t, x)$, from Cauchy problem (17), (18) we find the first approximation $\lambda^{(1)}(x)$ for all $x \in [0, \omega]$:

$$\begin{aligned}
\lambda^{(1)}(x) &= \psi(0) - \int_0^x D_1^{-1}(\xi) D_2(\xi) \lambda^{(1)}(\xi) d\xi - \\
& - \int_0^x D_1^{-1}(\xi) L_2(\xi) d\xi \int_0^\theta \mu^{(0)}(\tau) d\tau - \int_0^x D_1^{-1}(\xi) S_2(\xi) d\xi \int_0^T \mu^{(0)}(\tau) d\tau - \\
& - \int_0^x D_1^{-1}(\xi) [P_1(\xi) \tilde{w}^{(0)}(0, \xi) + L_1(\xi) \tilde{w}^{(0)}(\theta, \xi) + S_1(\xi) \tilde{w}^{(0)}(T, \xi) + L_0(\xi) \tilde{u}^{(0)}(\theta, \xi) + S_0(\xi) \tilde{u}^{(0)}(T, \xi)] d\xi - \\
& - \int_0^x D_1^{-1}(\xi) L_2(\xi) \int_0^\theta \{A(\tau, \xi) \tilde{v}^{(0)}(\tau, \xi) B(\tau, \xi) \tilde{w}^{(0)}(\tau, \xi) + C(\tau, \xi) \tilde{u}^{(0)}(\tau, \xi)\} d\tau d\xi - \\
& - \int_0^x D_1^{-1}(\xi) S_2(\xi) \int_0^T \{A(\tau, \xi) \tilde{v}^{(0)}(\tau, \xi) B(\tau, \xi) \tilde{w}^{(0)}(\tau, \xi) + C(\tau, \xi) \tilde{u}^{(0)}(\tau, \xi)\} d\tau d\xi - \\
& - \int_0^x D_1^{-1}(\xi) \left[L_2(\xi) \int_0^\theta f(\tau, \xi) d\tau + S_2(\xi) \int_0^T f(\tau, \xi) d\tau - \varphi(\xi) \right] d\xi.
\end{aligned}$$

2) From the system of integral equations (14)--(16) under $\mu(t) = \mu^{(0)}(t)$, $\lambda(x) = \lambda^{(1)}(x)$, $\dot{\lambda}(x) = \dot{\lambda}^{(1)}(x)$ we find the functions $\tilde{u}^{(1)}(t, x)$, $\tilde{v}^{(1)}(t, x)$, $\tilde{w}^{(1)}(t, x)$ for all $(t, x) \in \Omega$:

$$\begin{aligned}\tilde{v}^{(1)}(t, x) &= \int_0^t \left\{ A(\tau, x) \tilde{v}^{(1)}(\tau, x) + B(\tau, x) \tilde{w}^{(1)}(\tau, x) + C(\tau, x) \tilde{u}^{(1)}(\tau, x) + \right. \\ &\quad \left. + A(\tau, x) \dot{\lambda}^{(1)}(x) + C(\tau, x) \lambda^{(1)}(x) + \mu^{(0)}(\tau) + f(\tau, x) \right\} d\tau, \\ \tilde{w}^{(1)}(t, x) &= \dot{\psi}(t) + \int_0^x \left\{ A(t, \xi) \tilde{v}^{(1)}(t, \xi) + B(t, \xi) \tilde{w}^{(1)}(t, \xi) + C(t, \xi) \tilde{u}^{(1)}(t, \xi) + \right. \\ &\quad \left. + A(t, \xi) \dot{\lambda}^{(1)}(\xi) + C(t, \xi) \lambda^{(1)}(\xi) + \mu^{(0)}(t) + f(t, \xi) \right\} d\xi, \\ \tilde{u}^{(1)}(t, x) &= \psi(t) - \psi(0) + \int_0^t \int_0^x \left\{ A(\tau, \xi) \tilde{v}^{(1)}(\tau, \xi) + B(\tau, \xi) \tilde{w}^{(1)}(\tau, \xi) + C(\tau, \xi) \tilde{u}^{(1)}(\tau, \xi) + \right. \\ &\quad \left. + A(\tau, \xi) \dot{\lambda}^{(1)}(\xi) + C(\tau, \xi) \lambda^{(1)}(\xi) + \mu^{(0)}(\tau) + f(\tau, \xi) \right\} d\xi d\tau.\end{aligned}$$

From integral relation (12) under $\tilde{u}(t, x) = \tilde{u}^{(1)}(t, x)$, $\tilde{v}(t, x) = \tilde{v}^{(1)}(t, x)$, $\tilde{w}(t, x) = \tilde{w}^{(1)}(t, x)$, $\lambda(x) = \lambda^{(1)}(x)$, $\dot{\lambda}(x) = \dot{\lambda}^{(1)}(x)$ we find the first approximation $\mu^{(1)}(t)$ for all $t \in [0, T]$:

$$\mu^{(1)}(t) = \int_0^\theta \left[K_1(t, \xi) \tilde{v}^{(1)}(t, \xi) + K_2(t, \xi) \tilde{w}^{(1)}(t, \xi) + K_3(t, \xi) \tilde{u}^{(1)}(t, \xi) + K_1(t, \xi) \dot{\lambda}^{(1)}(\xi) + K_3(t, \xi) \lambda^{(1)}(\xi) \right] d\xi.$$

And so on.

Step m . 1) Suppose in the right-hand part of the system (17) $\mu(t) = \mu^{(m-1)}(t)$, $\tilde{u}(t, x) = \tilde{u}^{(m-1)}(t, x)$, $\tilde{v}(t, x) = \tilde{v}^{(m-1)}(t, x)$, $\tilde{w}(t, x) = \tilde{w}^{(m-1)}(t, x)$, from Cauchy problem (17), (18) we find the m -th approximation $\lambda^{(m)}(x)$ for all $x \in [0, \omega]$:

$$\begin{aligned}\lambda^{(m)}(x) &= \psi(0) - \int_0^x D_1^{-1}(\xi) D_2(\xi) \lambda^{(m)}(\xi) d\xi - \int_0^x D_1^{-1}(\xi) \left[L_2(\xi) \int_0^\theta \mu^{(m-1)}(\tau) d\tau + S_2(\xi) \int_0^T \mu^{(m-1)}(\tau) d\tau \right] d\xi - \\ &\quad - \int_0^x D_1^{-1}(\xi) \left[P_1(\xi) \tilde{w}^{(m-1)}(0, \xi) + L_1(\xi) \tilde{w}^{(m-1)}(\theta, \xi) + S_1(\xi) \tilde{w}^{(m-1)}(T, \xi) + L_0(\xi) \tilde{u}^{(m-1)}(\theta, \xi) + S_0(\xi) \tilde{u}^{(m-1)}(T, \xi) \right] d\xi - \\ &\quad - \int_0^x D_1^{-1}(\xi) L_2(\xi) \int_0^\theta \left\{ A(\tau, \xi) \tilde{v}^{(m-1)}(\tau, \xi) + B(\tau, \xi) \tilde{w}^{(m-1)}(\tau, \xi) + C(\tau, \xi) \tilde{u}^{(m-1)}(\tau, \xi) \right\} d\tau d\xi - \\ &\quad - \int_0^x D_1^{-1}(\xi) S_2(\xi) \int_0^T \left\{ A(\tau, \xi) \tilde{v}^{(m-1)}(\tau, \xi) + B(\tau, \xi) \tilde{w}^{(m-1)}(\tau, \xi) + C(\tau, \xi) \tilde{u}^{(m-1)}(\tau, \xi) \right\} d\tau d\xi - \\ &\quad - \int_0^x D_1^{-1}(\xi) \left[L_2(\xi) \int_0^\theta f(\tau, \xi) d\tau + S_2(\xi) \int_0^T f(\tau, \xi) d\tau - \varphi(\xi) \right] d\xi, \quad x \in [0, \omega].\end{aligned}$$

2) From the system of integral equations (14)--(16) under $\mu(t) = \mu^{(m-1)}(t)$, $\lambda(x) = \lambda^{(m)}(x)$, $\dot{\lambda}(x) = \dot{\lambda}^{(m)}(x)$ we find the functions $\tilde{u}^{(m)}(t, x)$, $\tilde{v}^{(m)}(t, x)$, $\tilde{w}^{(m)}(t, x)$ for all $(t, x) \in \Omega$:

$$\begin{aligned}\tilde{v}^{(m)}(t, x) &= \int_0^t \left\{ A(\tau, x) \tilde{v}^{(m)}(\tau, x) + B(\tau, x) \tilde{w}^{(m)}(\tau, x) + C(\tau, x) \tilde{u}^{(m)}(\tau, x) + \right. \\ &\quad \left. + A(\tau, x) \dot{\lambda}^{(m)}(x) + C(\tau, x) \lambda^{(m)}(x) + \mu^{(m-1)}(\tau) + f(\tau, x) \right\} d\tau, \\ \tilde{w}^{(m)}(t, x) &= \dot{\psi}(t) + \int_0^x \left\{ A(t, \xi) \tilde{v}^{(m)}(t, \xi) + B(t, \xi) \tilde{w}^{(m)}(t, \xi) + C(t, \xi) \tilde{u}^{(m)}(t, \xi) + \right.\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& + A(t, \xi) \dot{\lambda}^{(m)}(\xi) + C(t, \xi) \lambda^{(m)}(\xi) + \mu^{(m-1)}(t) + f(t, \xi) \Big\} d\xi, \\
\tilde{u}^{(m)}(t, x) = & \psi(t) - \psi(0) + \int_0^t \int_0^x \{ A(\tau, \xi) \tilde{v}^{(m)}(\tau, \xi) + B(\tau, \xi) \tilde{w}^{(m)}(\tau, \xi) + C(\tau, \xi) \tilde{u}^{(m)}(\tau, \xi) + \\
& + A(\tau, \xi) \dot{\lambda}^{(m)}(\xi) + C(\tau, \xi) \lambda^{(m)}(\xi) + \mu^{(m-1)}(\tau) + f(\tau, \xi) \} d\xi d\tau.
\end{aligned}$$

From integral relation (12) under $\tilde{u}(t, x) = \tilde{u}^{(m)}(t, x)$, $\tilde{v}(t, x) = \tilde{v}^{(m)}(t, x)$, $\tilde{w}(t, x) = \tilde{w}^{(m)}(t, x)$, $\lambda(x) = \lambda^{(m)}(x)$, $\dot{\lambda}(x) = \dot{\lambda}^{(m)}(x)$ we find the m -th approximation $\mu^{(m)}(t)$ for all $t \in [0, T]$:

$$\begin{aligned}
\mu^{(m)}(t) = & \int_0^\theta [K_1(t, \xi) \tilde{v}^{(m)}(t, \xi) + K_2(t, \xi) \tilde{w}^{(m)}(t, \xi) + K_3(t, \xi) \tilde{u}^{(m)}(t, \xi)] d\xi + \\
& + \int_0^\theta [K_1(t, \xi) \dot{\lambda}^{(m)}(\xi) + K_3(t, \xi) \lambda^{(m)}(\xi)] d\xi, \quad m = 1, 2, 3, \dots
\end{aligned}$$

5. The main result.

Let $a = \max_{(t,x) \in \Omega} \|A(t, x)\|$, $b = \max_{(t,x) \in \Omega} \|B(t, x)\|$, $c = \max_{(t,x) \in \Omega} \|C(t, x)\|$, $H = a + b + c$,

$$\alpha_0 = \max_{x \in [0, \omega]} \|[D_1(x)]^{-1}\|, \quad \alpha = \max_{x \in [0, \omega]} \|[D_1(x)]^{-1} D_2(x)\|,$$

$$a_1 = \max_{x \in [0, \omega]} \|P_1(x)\| + \max_{x \in [0, \omega]} \|L_1(x)\| + \max_{x \in [0, \omega]} \|S_1(x)\| + \max_{x \in [0, \omega]} \|L_0(x)\| + \max_{x \in [0, \omega]} \|S_0(x)\|,$$

$$b_1 = \max_{x \in [0, \omega]} \|L_2(x)\| \max(T, \omega) [e^{H(\theta+\omega)} - e^{H\omega}] + \max_{x \in [0, \omega]} \|S_2(x)\| \max(T, \omega) [e^{H(T+\omega)} - e^{H\omega}],$$

$$a_2 = \theta \max_{x \in [0, \omega]} \|L_2(x)\| + T \max_{x \in [0, \omega]} \|S_2(x)\|, \quad b_2 = \max(T, \omega) e^{H(T+\omega)} (a + c + 1),$$

$$c_1 = \theta \left[(b_2 + 1) \left(\max_{(t,x) \in \Omega} \|K_1(t, x)\| + \max_{(t,x) \in \Omega} \|K_3(t, x)\| \right) + b_2 \max_{(t,x) \in \Omega} \|K_2(t, x)\| \right].$$

The following theorem gives conditions of realizability and convergence of the constructed algorithm and the conditions of the existence of unique solution to problem (8)--(12).

Theorem 1. *Suppose that*

i) *the matrix $D_1(x)$ is invertible for all $x \in [0, \omega]$;*

ii) *the inequality fulfilled*

$$q(T, \omega) = \max([\alpha e^{\alpha\omega} \omega + 1] \alpha_0 (a_2 c_1 + (a_1 + b_1) b_2), e^{\alpha\omega} \omega \alpha_0 (a_2 c_1 + (a_1 + b_1) b_2), c_1) < 1.$$

Then the problem for system of hyperbolic equations with parameters (8)--(12) has a unique solution.

Theorem 2. *Suppose that the conditions i) - ii) of Theorem 1 are fulfilled.*

Then the nonlocal problem for system of partial integro-differential equations (1)-(3) has a unique classical solution.

The proof of the theorem is similar to the scheme of the proof of theorem [12, p. 26].

REFERENCES

- [1] *Asanova A.T., Dzhumabaev D.S.* Unique solvability of the boundary value problem for systems of hyperbolic equations with data on the characteristics // Computational Mathematics and Mathematical Physics. **2002**. Vol. 42. No 11. P. 1609-1621.
- [2] *Asanova A.T., Dzhumabaev D.S.* Correct solvability of a nonlocal boundary value problem for systems of hyperbolic equations // Doklady Mathematics. **2003**. Vol. 68. No 1. P. 46-49.
- [3] *Asanova A.T., Dzhumabaev D.S.* Unique solvability of nonlocal boundary value problems for systems of hyperbolic equations // Differential Equations. **2003**. Vol. 39. No 10. P. 1414-1427.
- [4] *Asanova A.T., Dzhumabaev D.S.* Periodic solutions of systems of hyperbolic equations bounded on a plane // Ukrainian Mathematical Journal. **2004**. Vol. 56. No 4. P. 682-694.
- [5] *Asanova A.T., Dzhumabaev D.S.* Well-posed solvability of nonlocal boundary value problems for systems of hyperbolic equations // Differential Equations. **2005**. Vol. 41. No 3. P. 352-363.
- [6] *Asanova A.T.* A nonlocal boundary value problem for systems of quasilinear hyperbolic equations // Doklady Mathematics. **2006**. Vol. 74. No 3. P. 787-791.
- [7] *Asanova A.T.* On the unique solvability of a family of two-point boundary-value problems for systems of ordinary differential equations // Journal of Mathematical Sciences. **2008**. Vol. 150. No 5. P. 2302-2316.

- [8] *Asanova A.T.* On the unique solvability of a nonlocal boundary value problem with data on intersecting lines for systems of hyperbolic equations // *Differential Equations*. **2009**. Vol. 45. No 3. P. 385-394.
- [9] *Asanova A.T.* On a boundary-value problem with data on noncharacteristic intersecting lines for systems of hyperbolic equations with mixed derivative // *Journal of Mathematical Sciences (United States)*. **2012**. Vol. 187. No 4. P. 375-386.
- [10] *Asanova A.T.* On a nonlocal boundary-value problem for systems of impulsive hyperbolic equations // *Ukrainian Mathematical Journal*. **2013**. Vol. 65. No 3. P. 349-365.
- [11] *Asanova A.T., Dzhumabaev D.S.* Well-posedness of nonlocal boundary value problems with integral condition for the system of hyperbolic equations // *Journal of Mathematical Analysis and Applications*. **2013**. Vol. 402. No 1. P. 167-178.
- [12] *Asanova A.T.* On a solvability of the nonlocal problem with integral conditions for system of the equations of hyperbolic type // *Mathematical journal*. **2014**. Vol. 14. No 2 (52). P. 21-35. [in Russian]
- [13] *Asanova A.T.* Well-posed solvability of a nonlocal boundary-value problem for systems of hyperbolic equations with impulse effects // *Ukrainian Mathematical Journal*. **2015**. Vol. 67. No 3. P. 333-346.
- [14] *Asanova A.T.* On solvability of nonlinear boundary value problems with integral condition for the system of hyperbolic equations // *Electronic Journal of Qualitative Theory of Differential Equations*. **2015**. No 63. P. 1-13.
- [15] *Asanova A.T., Imanchiev A.E.* On conditions of the solvability of nonlocal multi-point boundary value problems for quasi-linear systems of hyperbolic equations // *Eurasian Mathematical Journal*. **2015**. Vol. 6. No 4. P. 19-28.
- [16] *Asanova A.T.* Multipoint problem for a system of hyperbolic equations with mixed derivative // *Journal of Mathematical Sciences (United States)*. **2016**. Vol. 212. No 3. P. 213-233.
- [17] *Asanova A.T.* Criteria of solvability of nonlocal boundary-value problem for systems of hyperbolic equations with mixed derivatives // *Russian Mathematics*. **2016**. Vol. 60. No 1. P. 1-17.
- [18] *Asanova A.T.* On the solvability of nonlocal boundary value problem for the systems of impulsive hyperbolic equations with mixed derivatives // *Journal of Discontinuity, Nonlinearity and Complexity*. **2016**. Vol. 5. No 2. P. 153-165.

ӘОЖ: 517.956

А.Т. Асанова¹, Х.А. Аширбаев², А.П. Сабалахова³

¹Математика және математикалық модельдеу институты, Алматы қ., Қазақстан;

^{2,3}М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті, Шымкент қ., Қазақстан

ГИПЕРБОЛАЛЫҚ ТЕКТЕС ДЕРБЕС ТУЫНДЫЛЫ ИНТЕГРАЛДЫҚ-ДИФФЕРЕНЦИАЛДЫҚ ТЕНДЕУЛЕР ЖҮЙЕСІ ҮШІН БЕЙЛОКАЛ ЕСЕП ТУРАЛЫ

Аннотация. Екінші ретті гиперболалық тектес интегралдық-дифференциалдық теңдеулер жүйесі үшін бейлокал есеп қарастырылады. Бейлокал есептің классикалық шешімінің бар болуы мен жалғыздығы мәселелері зерттелген. Интегралдық қосылғыштың орнына жаңа белгісіз функция енгізу жолымен зерттеліп отырған есеп пара-пара интегралдық шарты бар бейлокал есепке келтірілген. Параметрі бар есеп гиперболалық теңдеулер жүйесі үшін параметрі бар бейлокал есептен және интегралдық қатынастан тұрады. Параметрі бар пара-пара есептің жуық шешімін табу алгоритмдері тұрғызылған және олардың жинақтылығы дәлелденген. Параметрі бар есептің жалғыз шешімінің бар болуының жеткілікті шарттары тағайындалған. Гиперболалық тектес интегралдық-дифференциалдық теңдеулер жүйесі үшін бейлокал есептің жалғыз классикалық шешімінің бар болуының шарттары бастапқы берілімдер терминінде алынған. Қарастырылып отырған есепті зерттеу үшін бұрын дербес туындылы дифференциалдық теңдеулер үшін есептер әулетіне келтіру әдісі пайдаланылған болатын. Зерттеліп отырған есептің жалғыз классикалық шешімінің бар болуының шарттары бастапқы берілімдер арқылы тұрғызылатын матрица терминінде табылған.

Түйін сөздер: бейлокал есеп, дербес туындылы интегралдық-дифференциалдық теңдеулер жүйесі, параметр, алгоритм, жуық шешім, бірмәнді шешімділік.

А.Т. Асанова, Х.А. Аширбаев, А.П. Сабалахова

О НЕЛОКАЛЬНОЙ ЗАДАЧЕ ДЛЯ СИСТЕМЫ ИНТЕГРО-ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ В ЧАСТНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ГИПЕРБОЛИЧЕСКОГО ТИПА

Аннотация. Рассматривается нелокальная задача с данными на характеристиках для системы интегро-дифференциальных уравнений гиперболического типа второго порядка. Исследуются вопросы существования и единственности классического решения нелокальной задачи. Путем введения новой неизвестной функции вместо интегральной слагаемой исследуемая задача сведена к эквивалентной нелокальной задаче с интегральным условием. Задача с параметром состоит из нелокальной задачи для системы гиперболических уравнений с параметром и интегрального соотношения. Построены алгоритмы нахождения приближенного решения эквивалентной задачи с параметром и доказана их сходимость. Установлены достаточные условия существования единственного решения задачи с параметром. Получены условия существования единственного классического решения нелокальной задачи для системы интегро-дифференциальных уравнений гиперболического типа в терминах исходных данных. Ранее к исследованию рассматриваемой задачи был применен метод сведения к эквивалентному семейству задач для дифференциальных уравнений в частных производных. Были найдены достаточные условия существования единственного классического решения исследуемой задачи в терминах некоторой матрицы, составляемой по исходным данным.

Ключевые слова: нелокальная задача, система интегро-дифференциальных уравнений в частных производных, параметр, алгоритм, приближенное решение, однозначная разрешимость.

МАЗМҰНЫ

<i>Сайдуллаева Н.С., Қабылбеков К.А., Пазылова Д.Т., Тагаев Н.С., Каликулова А.О.</i> Электр тізбегінің сыртқы кедергісінде бөлінетін қуатты зерттеуге арналған компьютерлік зертханалық жұмысты орындауды ұйымдастыру.....	5
<i>Асанова А.Т., Аширбаев Х.А., Сабалахова А.П.</i> Гиперболалық тектес дербес туындылы интегралдық-дифференциалдық тендеулер жүйесі үшін бейлокал есеп туралы.....	11
<i>Сайдуллаева Н.С., Қабылбеков К.А., Пазылова Д.Т., Аширбаев Х.А., Каликулова А.О.</i> Компьютерлік зертханалық жұмыстарды орындау үшін бірмәнді емес есептер мен берілгендері түгел емес есептерді құрастыру.....	19

Аспан механикасының, жұлдыздар жүйесінің және ядролық астрофизика мәселелері

<i>Дубовиченко С.Б., Буркова Н.А., Джазаиров-Кахраманов А.В., Ткаченко А.С., Бейсенов Б.У., Мукаева А.Р.</i> Радиациялық ${}^3\text{He}^4\text{He}$ басып алу астрофизикалық S-факторы.....	25
<i>Ибраимова А.Т.</i> Жұлдызды шоғырлардың сандық үлгілеріндегі жарқырағыштылық кескіні.....	32
<i>Гайсина В.Н., Денисюк Э.К., Валиуллин Р.Р., Кусакин А.В., Шомшекова С.А., Рева И.В., NGC 5548</i> Айнымалы сейферт ғаламы.....	41
<i>Демченко Б.И., Воропаев В.А., Комаров А.А., Серебрянский А.В., Усольцева Л.А., Акниязов Ч.Б., KAZSAT-2 және KAZSAT-3</i> Қазақстандық байланыс серіктері үшін әлеуетті қауіпті геотұрақты серіктер	50
<i>Акниязов Ч.Б.</i> Ғарыштық қоқыс бұлтындағы объекттердің соқтығысу ықтималдылығын анықтауды болжауға арналған қысқа және ұзақ мерзімді әдіс.....	57
<i>Серебрянский А.В., Кругов М.А., Валиуллин Р.Р., Комаров А.А., Демченко Б.И., Усольцева Л.А., Акниязов Ч.Б.,</i> Қазақстандағы ассы-түрген обсерваториясының жаңа оптикалық кешені	66
<i>Демченко Б.И., Комаров А.А., Кругов М.А., Рева И.В., Серебрянский А.В., Усольцева Л.А.,</i> 2016 жылы Тянь-шань және ассы-түрген обсерваторияларында геостационар серіктерді бақылау нәтижелері.....	74

Жұлдыздардың және тұмандықтардың зерттеулері

<i>Кондратьева Л.Н., Рспаев Ф.К., Кругов М.А., PC 12 және M1-46</i> планеталық тұмандықтардың спектрлік зерттеулері.....	81
<i>Павлова Л.А., Вильковиский Э.Я.</i> Жас жұлдыздарда X-гау эмиссиялар құрылуының негізгі механизмдері	90
<i>Павлова Л.А., Вильковиский Э.Я.</i> Хебигтің AeBe қос жұлдыздарынан X-гау эмиссияларды бақылау	96
<i>Павлова Л.А.</i> Жас жұлдыздар қабаттарындағы айнымалылықтың құрылымдарын және механизмдерін зерттеу.....	102
<i>Тереженко В.М., «Жұлдыздардың спектродетекциялық каталогы» O-B-жұлдыздар үшін</i> бақыланатын және есептелген жұлдыздар шамасын және түстерінің көрсеткіштерін салыстыру.....	110
<i>Шестакова Л.И., Рева И.В., Кусакин А.В. WD1145+017</i> ақ ергежей маңындағы планетоидтардың транзиттік өтуі және олардың термиялық эволюциясы.....	117
<i>Серебрянский А.В., Шестакова Л.И., Рева И.В. WD1145 + 017</i> ақ ергежейдің жарқырау қисығының талдауы.....	123
<i>Айманова Г.К., Серебрянский А.В., Рева И.В. SDSS 1507 + 52</i> катаклизмалық айнымаланың фотометрлік зерттеулері.....	129
<i>Тереженко В.М.,</i> Фотометрлік мәліметтер бойынша энергияның спектрлік таралуының абсолютизациясы.....	136
<i>Шестакова Л.И., Демченко Б.И.,</i> Соңғы спектрлік кластардағы жұлдыздар жанында сублимациялану процесінде шаң-тозаңды бөлшектердің орбиталық эволюциясы.....	143
<i>Шомшекова С.А., Рева И.В., Кондратьева Л.Н., Тянь-Шань</i> Астрономиялық Обсерваториясындағы 1-метрлік телескопқа арналған фотометрлік жүйені стандарттау.....	155

Күннің және күн жүйесі денелерінің физикасы

<i>Минасянц Г.С., Минасянц Т.М.,</i> Жеделдетілген протондар қуатына корональ шығарулардың соққы толқынының әсері.....	162
<i>Вдовиченко В.Д., Кириенко Г.А.,</i> 2004-2016 жылдары Юпитердің солтүстік және оңтүстік жартышарларында аммиактың жұту жолында асимметрияны зерттеу.....	170
<i>Каримов А.М., Лысенко П.Г., Тейфель В.Г., Филиппов В.А.</i> Юпитердің галилейлік серіктеріндегі өзара бірігулерді және тұтылуды зерттеу (халықаралық бағдарлама РНЕМУ-15).	179
<i>Тейфель В.Г., Каримов А.М., Лысенко П.Г., Филиппов В.А., Харитонова Г.А., Хоженец А.П.,</i> Юпитер: көпжылдық бақылаулар бойынша бес негізгі ендік белдіктерінде молекулалық жұтудың вариациясы.....	185
<i>Вдовиченко В.Д., Кириенко Г.А., Лысенко П.Г.</i> 2016 жылы экватор бойында және юпитердің орталық меридианында аммиак және метанның жұту вариациясы. 8 Жұту жолағы үшін салыстырмалы талдау.....	192
<i>Вдовиченко В.Д., Кириенко Г.А., Лысенко П.Г.</i> Юпитер дискісі бойынша аммиакты және метанды жұтудың кеңістікті-уақыттық вариациясы параметрлерінің корреляциялық өзара байланысы және олардың күн қарқындылығы индексімен байланысы	204
<i>Серебрянский А.В., Усольцева Л.А., Комаров А.А., Рева И.В.</i> Атмосфералық экстинкцияның лездік мәндері және ауысуы коэффициенттері.....	209

* * *

<i>Ақылбаев М.И., Бесбаев Г.А., Шалданбаев А.Ш.</i> Коэффициенті айнымалы, бірінші ретті кәдімгі дифференциалдық теңдеудің сингуляр әсерленген Коши есебін спектралді таралым әдісі арқылы шешу.....	215
<i>Құдайберген А.Д., Байгісова Қ.Б., Жетпісбаев Қ.У., Алжамбекова Г.Т., Сәрсембаева Б.Д.</i> Нанокұрылымдардың ЖТАӨ қасиеттеріне әсері.....	223
<i>Бесбаев Г.А., Шалданбаев А.Ш., Ақылбаев М.И.</i> Коэффициенттері тұрақты екінші ретті кәдімгі дифференциалдық теңдеудің сингуляр әсерленген Кошилік есебін шешудің операторлық әдісі туралы.....	230
<i>Жақып-тегі К.Б.</i> Гуктың заңы анизотроптық денелердің серпілімдік теориясында.....	241
<i>Қабылбеков К.А., Аширбаев Х.А., Абдрахманова Х.К., Джумагалиева А.И., Қыдырбекова Ж.Б.</i> MATLAB бағдарламалық пакетін қолданып «Тікбұрыш екі диэлектрик жазықтық ішінде орналасқан ұзын, зарядталған өткізгіштен құралған жүйенің электр өрісін модельдеу» атты зертханалық жұмысты орындауды ұйымдастыру	252
<i>Қабылбеков К.А., Саидахметов П.А., Омашова Г.Ш., Тоқжигитова А.А., Абдикерова Ж.Р.</i> Айнымалы ток тізбегіндегі индуктивті катушканың реактивті кедергісінің тоқ жиілігіне тәуелдігін зерттеуге арналған компьютерлік зертханалық жұмысты ұйымдастыру.....	259
<i>Нысанбаева С.Қ., Тұрлыбекова Г.Қ., Майлина Х.Р., Манабаев Н.К., Омаров Т.К., Мырзашиева Ф.Т.</i> Акустикалық интерферометрде конденсирленген орталардағы ультрадыбыстық жұтылу коэффициентін зерттеу.....	266
<i>Сэрээтэр Гульбахыт, Дюсембина Ж.К.</i> Модульдік оқыту технологиясын математика сабағында қолдану.....	274

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Сайдуллаева Н.С., Кабылбеков К.А., Пазылова Д.Т., Тагаев Н.С., Каликулова А.О.</i> Организация выполнения компьютерной лабораторной работы по исследованию мощности выделяемой на внешней нагрузке электрической цепи.....	5
<i>Асанова А.Т., Аширбаев Х.А., Сабалахова А.П.</i> О Нелокальной задаче для системы интегро-дифференциальных уравнений в частных производных гиперболического типа.....	11
<i>Сайдуллаева Н.С., Кабылбеков К.А., Пазылова Д.Т., Аширбаев Х.А., Каликулова А.О.</i> Конструирование неоднозначных задач и задач с недостающими данными для выполнения компьютерных лабораторных работ	19

Проблемы небесной механики, динамики звездных систем и ядерной астрофизики

<i>Дубовиченко С.Б., Буркова Н.А., Джазаиров-Кахраманов А.В., Ткаченко А.С., Бейсенов Б.У., Мукаева А.Р.,</i> Астрофизический S-фактор радиационного $^3\text{He}^4\text{He}$ захвата.....	25
<i>Ибраимова А.Т.,</i> Профили светимости в численных моделях звездных скоплений.....	32
<i>Гайсина В.Н., Денисюк Э.К., Валиуллин Р.Р., Кусакин А.В., Шомшекова С.А., Рева И.В.,</i> Переменность сейфертовской галактики NGC 5548.....	41
<i>Демченко Б.И., Воропаев В.А., Комаров А.А., Серебрянский А.В., Усольцева Л.А., Акниязов Ч.Б.,</i> Геостационарные спутники, потенциально опасные для Казахских спутников связи KAZSAT-2 и KAZSAT-3.....	50
<i>Акниязов Ч.Б.,</i> Коротко-временной и долговременной подход для прогноза определения вероятности столкновения объектов в облаке космического мусора.....	57
<i>Серебрянский А.В., Кругов М.А., Валиуллин Р.Р., Комаров А.А., Демченко Б.И., Усольцева Л.А., Акниязов Ч.Б.,</i> Новый оптический комплекс на обсерватории Ассы-Турген в Казахстане.....	66
<i>Демченко Б.И., Комаров А.А., Кругов М.А., Рева И.В., Серебрянский А.В., Усольцева Л.А.,</i> Результаты наблюдений геостационарных спутников в Тянь-Шанской и Ассы-Тургенской обсерваториях в 2016 году.....	74

Исследование звезд и туманностей

<i>Кондратьева Л.Н., Рспаев Ф.К., Кругов М.А.,</i> Спектральные исследования планетарных туманностей PC 12 и M1-46.....	81
<i>Павлова Л.А., Вильковиский Э.Я.,</i> Основные механизмы формирования X-гау эмиссии в молодых звездах.....	90
<i>Павлова Л.А., Вильковиский Э.Я.,</i> Наблюдения X-гау эмиссии от двойных звезд AeVe Хербига.....	96
<i>Павлова Л.А.,</i> Исследование структуры и механизмов переменности в оболочках молодых звезд.....	102
<i>Тереженко В.М.,</i> Сравнение наблюдаемых и вычисленных звездных величин и показателей цвета для O-B-звезд «Спектрофотометрического каталога звезд».....	110
<i>Шестакова Л.И., Рева И.В., Кусакин А.В.,</i> Транзитные прохождения планетоидов около белого карлика WD1145+017 и их термическая эволюция.....	117
<i>Серебрянский А.В., Шестакова Л.И., Рева И.В.,</i> Анализ кривой блеска белого карлика WD1145+017.....	123
<i>Айманова Г.К., Серебрянский А.В., Рева И.В.,</i> Фотометрические исследования катаклизмической переменной SDSS 1507 + 52	129
<i>Тереженко В.М.,</i> Абсолютизация спектрального распределения энергии звезд по фотометрическим данным.....	136
<i>Шестакова Л.И., Демченко Б.И.,</i> Орбитальная эволюция пылевых частиц в процессе сублимации около звезд поздних спектральных классов.....	143
<i>Шомшекова С.А., Рева И.В., Кондратьева Л.Н.,</i> Стандартизация фотометрической системы 1-метрового телескопа ТШАО.....	155

Физика Солнца и тел солнечной системы

<i>Минасянц Г.С., Минасянц Т.М.,</i> Влияние ударной волны корональных выбросов на энергию ускоренных протонов. . .	162
<i>Вдовиченко В.Д., Кириенко Г.А.,</i> Исследование асимметрии в ходе поглощения аммиака в северном и южном полушариях Юпитера в 2004-2016 годах.....	170
<i>Каримов А.М., Лысенко П.Г., Тейфель В.Г., Филиппов В.А.,</i> Наблюдения взаимных соединений и затмений галилеевых спутников Юпитера (Международная программа RHEMU-15).....	179
<i>Тейфель В.Г., Каримов А.М., Лысенко П.Г., Филиппов В.А., Харитонова Г.А., Хоженец А.П.,</i> Юпитер: вариации молекулярного поглощения в пяти основных широтных поясах по многолетним наблюдениям.....	185
<i>Вдовиченко В.Д., Кириенко Г.А., Лысенко П.Г.,</i> Вариации поглощения аммиака и метана вдоль экватора и центрального меридиана юпитера в 2016 году. Сравнительный анализ для 8 полос поглощения.....	192
<i>Вдовиченко В.Д., Кириенко Г.А., Лысенко П.Г.,</i> Корреляционные взаимосвязи параметров пространственно-временных вариаций аммиачного и метанового поглощения по диску Юпитера и их связь с индексом солнечной активности.....	204
<i>Серебрянский А.В., Усольцева Л.А., Комаров А.А., Рева И.В.,</i> Коэффициенты перехода и мгновенные значения атмосферной экстинкции.....	209

* * *

<i>Ақылбаев М.И., Бесбаев Г.А., Шалданбаев А.Ш.</i> Решение сингулярно возмущенной задачи Коши для обыкновенного дифференциального уравнения первого порядка с переменным коэффициентом, методом отклоняющегося аргумента.....	215
<i>Кудайберген А.Д., Байгисова К.Б., Жетписбаев К.У., Алджамбекова Г.Т., Сарсембаева Б.Д.</i> Влияние наноструктуры на свойства ВТСП	223
<i>Бесбаев Г.А., Шалданбаев А.Ш., Ақылбаев М.И.</i> Решение сингулярно возмущенной задачи Коши, для обыкновенного дифференциального уравнения второго порядка с постоянными коэффициентами, операторным методом.....	230
<i>Джакупов К.Б.</i> Закон Гука в теории упругости анизотропных тел	241
<i>Кабылбеков К.А., Аширбаев Х.А., Абдрахманова Х.К., Джумагалиева А.И., Кыдырбекова Ж.Б.</i> Организация выполнения лабораторной работы «Моделирование электрического поля системы, состоящей из диэлектрического угольника и длинного заряженного проводника» с использованием пакета программ MATLAB.....	252
<i>Кабылбеков К.А., Саидахметов П.А., Омашова Г.Ш., Токжигитова А.А., Абдикерова Ж.Р.</i> Организация выполнения компьютерной лабораторной работы по исследованию зависимости реактивного сопротивления катушки индуктивности от частоты переменного тока.....	259
<i>Нысанбаева С.К., Турлыбекова Г.К., Майлина Х.Р., Манабаев Н.К., Омаров Т.К., Мырзаешева Ф.Т.</i> Исследование коэффициента ультразвукового поглощения в конденсированных средах на акустическом интерферометре	266
<i>Сэрээтэр Гульбахыт, Дюсембина Ж.К.</i> Технология модульного обучения на уроках математики.....	274

CONTENTS

<i>Saidullayeva N.S., Kabyrbekov K.A., Pazylova D.T., Tagaev N.S., Kalikulova A.O.</i> Organization of computer lab work to study the power of an electrical circuit oozed on an exterior loading.....	5
<i>Assanova A.T., Ashirbaev H.A., Sabalakhova A.P.</i> On the nonlocal problem for a system of the partial integro-differential equations of hyperbolic type.....	11
<i>Saidullayeva N.S., Kabyrbekov K.A., Pazylova D.T., Ashirbaev Kh.A., Kalikulova A.O.</i> Designing the ambiguous tasks and tasks with missing data for performance of computer laboratory works.....	19

Problems of celestial mechanics, dynamics of stellar systems and nuclear astrophysics

<i>Dubovichenko S. B., Burkova N.A., Dzhezairov-Kakhramanov A.V., Tkachenko A.S., Beisenov B.U., Mukaeva A.R.</i> Astrophysical S-factor for the radiative $^3\text{He}^4\text{He}$ capture.....	25
<i>Ibraimova A.T.</i> Luminosity profiles in numerical models of star clusters.....	32
<i>Gaisina V., Denissyuk E., Valiullin R., Kusakin A., Shomshekova S., Reva I.</i> Variability of Seyfert galaxy NGC 5548.....	41
<i>Demchenko B. I., Komarov A. A., Serebryansky A. V., Voropaev V. A., Usoltseva L. A., Akniyazov C. B.</i> Geostationary satellites, potentially dangerous for Kazakhstan communication satellites KAZSAT-2 AND KAZSAT-3.....	50
<i>Akniyazov C. B.</i> Short- and long- term approach collision probability of the objects in space debris cloud.....	57
<i>Serebryanskiy A., Krugov M., Valiullin R., Komarov A., Demchenko B., Usoltseva L., Akniyazov Ch.</i> The new optical complex at assy-turgen observatory in Kazakhstan.....	66
<i>Demchenko B. I., Komarov A. A., Krugov M.A., Reva I.V., Serebryansky A.V., Usoltseva L. A.</i> Results of observations of geostationary satellites at Tien Shan and Assy- Turgen astronomical observatory in 2016	74

The study of stars and nebulae

<i>Kondratyeva L., Rspaev F., Krugov M.</i> Spectral study of the planetary nebulae PC 12 and M1-46.....	81
<i>Pavlova L.A., Vil'koviskij E.Ya.</i> The main formation mechanisms of X-Ray emission of the young stars.....	90
<i>Pavlova L.A., Vilkoviskij E.Ya.</i> Observations of X-ray emission from binaries herbig AeBe stars.....	96
<i>Pavlova L.A.</i> Investigating of the structure and mechanisms variability in envelopes of young stars.....	102
<i>Tereschenko V. M.</i> The comparison of the observed and calculated magnitudes and color-indexes for O-B-stars of "Spectrophometrical catalogue of stars".....	110
<i>Shestakova L.I., Pesa H.B., Kysakun A.B.</i> Transit passages of planetoids near white dwarf WD1145 + 017 and their thermal evolution.....	117
<i>Serebryanskiy A.V., Shestakova L.I., Reva I.V.</i> Analysis of light curves of the white DWARF	123
<i>Aimanova G. K., Serebryanskiy A. V., Reva I.V.</i> Photometric studies of the cataclysmic variable SDSS 1507 + 52.....	129
<i>Tereschenko V. M.</i> The absolutization of spectral energy distribution of stars on spectral and photometric data	136
<i>Shestakova L.I., Demchenko B.I.</i> Orbital evolution of dust particles in the sublimation process around stars of late spectral classes	143
<i>Shomshekova S. A., Reva I. V., Kondratyeva L.N.</i> Standardization of the photometric system of the 1-meter telescope on TShAO.....	155

Physics of the Sun and solar system bodies

<i>Minasyants G.S., Minasyants T.M.</i> Effect of the shock wave of coronal ejection on the energy of accelerated protons.....	162
<i>Vdovichenko V.D., Kirienko G.A.</i> Ammonia absorption asymmetry along the latitudes of the northern and southern hemispheres of Jupiter from 2004-2016 observations	170
<i>Karimov A.M., Lysenko P.G., Tejfel V.G., Filippov V.A.</i> The observations of the Jipiter galilean satellites mutual occultations and eclipses (PHEMU-15 international program).....	179
<i>Tejfel V.G., Karimov A.M., Lysenko P.G., Filippov V.A., Kharitonova G.A., Khozhenetz A.P.</i> Jupiter: variations of the molecular absorption at five main latitudinal belts from longtime observations.....	185
<i>Vdovichenko V.D., Kirienko G.A., Lysenko P.G.</i> The variations of ammonia and methane absorption along the jovian equator and central meridian in 2016. Comparative analysis of the eight absorption bands.....	192
<i>Vdovichenko V.D., Kirienko G.A., Lysenko P.G.</i> Mutual correlations of the parameters of the methane and ammonia absorption spatial-temporal variations over jovian disk and their connections with the solar activity index	204
<i>Serebryanskiy A., Usoltseva L., Komarov A., Reva I.</i> The trasformation coefficients and instantaneous values of atmospheric extinction.....	209

* * *

<i>Akylbaev M.I., Besbayev G.A., Shaldanbaev A.Sh.</i> Solution of a singularly perturbed Cauchy problem, for an ordinary differential equation of the first order with a variable coefficient, by the method of a deviating argument.....	215
<i>Kudaibergen A.D., Baigisova K.B., Zhetpisbayev K.U., Aldzhambekova G.T., Sarsembayeva B.D.</i> Effect of nanostructures on HTSC properties	223
<i>Besbayev G.A., Shaldanbaev A.Sh., Akylbayev M.I.</i> Solution of a singularly perturbed Cauchy problem, for an ordinary differential equation of the second order with constant coefficients, by the operator method.....	230
<i>Jakupov K.B.</i> Hook's law in the theory of elasticity of anisotropic bodies.....	241
<i>Kabyrbekov K. A., Ashirbaev H.A., Abdrahmanova H. K., Dzhumagalieva A.I., Kydybekova Zh.B.</i> Managing the implementation of laboratory work "Simulation of the electric field of a system consisting of dielectric triangles and long conductor charged" with using MATLAB software package	252
<i>Kabyrbekov K.A., Saidahmetov P.A., Omashova G.Sh., Tokzhigitova A.A., Abdikerova Zh.R.</i> The organization of performance of computer laboratory operation on examination of dependence of condensance of inductance coils from frequency of the alternating current.....	259
<i>Nysanbaeva S.K., Turlybekova G.K., Maylina Kh.R., Manabaev N.K., Omarov T.K., Myrzacheva F.T.</i> Research of the ultrasonic absorption coefficient in condensed states on acoustic interferometer.....	266
<i>Sereeter G., Dyusembina Zh.K.</i> Using modular technology at math lesson.....	274

**Publication Ethics and Publication Malpractice
in the journals of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan**

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Submission of an article to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan implies that the described work has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. In particular, translations into English of papers already published in another language are not accepted.

No other forms of scientific misconduct are allowed, such as plagiarism, falsification, fraudulent data, incorrect interpretation of other works, incorrect citations, etc. The National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan follows the Code of Conduct of the Committee on Publication Ethics (COPE), and follows the COPE Flowcharts for Resolving Cases of Suspected Misconduct (http://publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf). To verify originality, your article may be checked by the Cross Check originality detection service <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

The authors are obliged to participate in peer review process and be ready to provide corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. All authors of a paper should have significantly contributed to the research.

The reviewers should provide objective judgments and should point out relevant published works which are not yet cited. Reviewed articles should be treated confidentially. The reviewers will be chosen in such a way that there is no conflict of interests with respect to the research, the authors and/or the research funders.

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.

The Editorial Board of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan will monitor and safeguard publishing ethics.

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайтах:

www.nauka-nanrk.kz

<http://www.physics-mathematics.kz>

ISSN 2518-1726 (Online), ISSN 1991-346X (Print)

Редакторы *М. С. Ахметова, Д.С. Аленов, Т.А. Апендиев*
Верстка на компьютере *А.М. Кульгинбаевой*

Подписано в печать 27.07.2017.
Формат 60x881/8. Бумага офсетная. Печать – ризограф.
17,8 п.л. Тираж 300. Заказ 4.

Национальная академия наук РК
050010, Алматы, ул. Шевченко, 28, т. 272-13-18, 272-13-19