

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний технічний університет
"Харківський політехнічний інститут"

ВІСНИК

НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
"ХПІ"

Серія: Інформатика та моделювання

№ 42 (1318) 2018

Збірник наукових праць

Видання засновано у 1961 році

Харків
НТУ "ХПІ", 2018

Вісник Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут". Збірник наукових праць. Серія: Інформатика та моделювання. – Харків: НТУ "ХПІ". – 2018. – № 42 (1318). – 203 с.

Державне видання

**Свідоцтво Держкомітету з інформаційної політики України
КВ № 5256 від 2 липня 2001 року**

Збірник виходить українською, російською та англійською мовами.

Вісник Національного технічного університету "ХПІ" внесено до "Переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук", затвердженого наказом Міністерства освіти і науки України № 1328 (додаток 8) від 21.12.2015 р.

Серія "Інформатика та моделювання" Вісника НТУ "ХПІ" включена у наукометричні бази Copernicus (Польща), Elibrary (РІНЦ), DOAJ (Швеція), Google Scholar і базу даних Ulrich's Periodicals Directory (New Jersey, USA).

Головний редактор

Сокол Є. І., д-р техн. наук, чл.-кор. НАН України, НТУ "ХПІ", Україна

Заст. головного редактора

Марченко А. П., д-р техн. наук, проф., НТУ "ХПІ", Україна

Секретар

Горбунов К. О., доц., НТУ "ХПІ", Україна

Редакційна колегія серії:

Відповідальний редактор: Дмитрієнко В. Д., д-р техн. наук, проф.

Відповідальний секретар: Леонов С. Ю., д-р техн. наук, проф.

Члени редколегії:

О.П. Арсенєва, д-р техн. наук, проф.;

Є.Г. Жиляков, д-р техн. наук, проф.;

О.Ю. Заковоротний, д-р техн. наук, проф.;

М.І. Корсунов, д-р техн. наук, проф.;

Г.А. Кучук, д-р техн. наук, проф.;

О.С. Логунова, д-р техн. наук, проф.;

Р.П. Мигущенко, д-р техн. наук, проф.;

А.І. Поворознюк, д-р техн. наук, проф.;

Г.А. Самігуліна, д-р техн. наук, проф. (Казахстан);

О.А. Серков, д-р техн. наук, проф.;

Г.М. Сучков, д-р техн. наук, проф.;

Г.Є. Філатова, д-р техн. наук, доц.;

А.Г. Трифонов, д-р техн. наук, проф. (Білорусь);

Х. Гамзаєв, д-р техн. наук, проф. (Азербайджан);

Б.А. Худаяров, д-р техн. наук, проф. (Узбекистан);

I. Zanevsky, PhD, prof. (Polska);

D. Sakara, PhD, prof. (Switzerland);

Jiri Jaromir Klemes, Dr., Prof (Czech Republic);

Issa Shehabat, Dr., Assistant Professor (Jordan);

David J. Kukulka, PhD (USA).

Рекомендовано до друку Вченою радою НТУ "ХПІ"

Протокол № 10 від 22.12.2018 р.

ISSN 2079-0031 (Print)

ISSN 2411-0558 (Online)

© Національний технічний університет "ХПІ", 2018

**Розміщення Вісника НТУ "ХПІ"
серія "Інформатика та моделювання"**

в міжнародних наукометричних базах, репозитаріях та пошукових системах

1. Serial registries: ISSN, Ulrich's Periodical Directory (USA).

2. Abstracting systems: Copernicus (Poland), eLibrary (Russia), CiteFactor, SIS (Scientific Indexing Services), Open Academic Journals Index (Russia), UIF (Universal Impact Factor), Directory of Research Journals Indexing (India).

3. Web-based search systems: Google Scholar, Academic Index.

4. Electronic Libraries: Cyberleninka (Russia), Bielefeld Academic Search Engine (Germany), Open Journal Systems (Ukraine), Національна бібліотека ім. Вернадського (Ukraine), Науково-технічна бібліотека НТУ "ХПІ" (Ukraine), Text Archive (Russia).

5. Journal databases: Directory of open access journals (Sweden), OCLC WorldCat (USA), Research Bible (Japan), Genamics Journal Seek (USA), SHERPA/ROMEO, Academic Database Assessment Tool.

6. University Libraries: **USA:** Walden University, Beardsley Library Journals, University at Albany, University of Texas, WRLC Catalogs, University Oregon, Monterey Bay Library, University of Kentucky, University of Georgia, Indiana University, Harvard Library, New York University, Northwestern University, San Jose State University, Library & Technology Services, Mercyhurst College Library System, Poudre River Public Library District, Virtual Science Library, Journal index, Jean and Alexander Heard Library. **UK:** Birmingham Public Library, British Library, Social Services Knowledge Scotland, Linking Service, University of Strathclyde Glasgow, SUPrimo Library, University of Glasgow, Royal Holloway University of London, University of Cambridge, University of Essex, University of Nottingham, One Search, UCL Library Services. **Canada:** University of New Brunswick, Trinity Western University, University of Saskatchewan, University of Ottawa, University of Regina, University of Windsor, Laurentian University. **Australia:** Latrobe University Library, The Grove Library, State Library, SL On Search, Griffith University, UniSA. **Sweden:** IBRIS – Nationally bibliotheca system, Hogskolan Dalarna, Sodertorns hogskola, Stockholms University Library, Chalmers Bibliotheca. **Netherlands:** Quality Open Access Market, University of Leiden. **Mexico:** University Mexico, CCG-IBT Bibliotheca. **Other countries:** Universia (Spain), Babord+ (France), SLU (Sweden), Cerge EL (Czech Republic), BON (Portugal), AUT Library (New Zealand), Polska Bibliografia Naukowa (Poland), State National Technical Library (Ukraine), Scientific Library named by Govorov (Russia, St. Petersburg), Universiteits bibliotheek Gent (Belgium), E-Resources Subject Access (China).

Електронна адреса сайту Вісника НТУ "ХПІ" серії "Інформатика та моделювання" www.pit.net.ua

Математические методы и модели

УДК 517.956.6

DOI: 10.20998/2411-0558.2018.42.01

А. А. АБДУЛЛАЕВ, асс., ТИИИМСХ, Ташкент,

Н. М. САФАРБАЕВА, ст. преп., ТИИИМСХ, Ташкент

ОБ ОДНОЙ КРАЕВОЙ ЗАДАЧЕ ДЛЯ УРАВНЕНИЯ СМЕШАННОГО ТИПА ВТОРОГО РОДА

Стационарные процессы различной физической природы (колебания, теплопроводность, диффузия, электростатика и т.д.) описываются уравнениями эллиптического типа. В частности, в некоторых моделях, таких, как гидро и газовой динамики рассматриваются эллиптические уравнения. В данной работе изучается нелокальная краевая задача с условием Пуанкаре для уравнения эллиптического-гиперболического типа второго рода, т.е. для уравнения, где линия вырождения является характеристикой. Библиогр.: 8 назв.

Ключевые слова: нелокальная краевая задача; условия Пуанкаре; уравнения эллиптического-гиперболического типа второго рода.

Постановка проблемы. Уравнения смешанного типа благодаря приложениям при решении многих важных вопросов прикладного характера в газовой динамике, магнитной гидродинамике, в теории электронного рассеивания, теории бесконечно малых изгибов поверхностей, в прогнозировании уровня грунтовых вод являются одними из основных направлений развития теории дифференциальных уравнений в частных производных. Локальные и нелокальные краевые задачи для уравнения смешанного типа второго рода мало изучены. Доказать однозначную разрешимость таких краевых задач для уравнения второго рода не всегда удаётся. В данной работе впервые изучается нелокальная краевая задача с условием Пуанкаре для уравнения эллиптического-гиперболического типа второго рода, т.е. для уравнения, где линия вырождения является характеристикой.

Анализ литературы. В [1] доказано однозначная разрешимость нелокальной краевой задачи для уравнения эллиптического типа второго рода, в [2] доказано единственность локальной краевой задачи для уравнения эллиптического-гиперболического типа второго рода, в [3] изучены смешанные задачи для уравнения первого рода с двумя линиями вырождения, а в работе [4] получено обобщенное решение видоизменённой задачи Коши для уравнения гиперболического типа второго рода. В [5] доказана однозначная разрешимость нелокальной краевой задачи с конормальной производной для уравнения смешанного эллиптического-гиперболического типа с двумя внутренними линиями и различными порядками вырождения первого рода. В работах [6 – 8]

исследованы смешанные краевые задачи для парабола-гиперболического типов третьего порядка второго рода.

Цель статьи – доказать однозначную разрешимость нелокальной краевой задачи с условием Пуанкаре для уравнения эллиптико-гиперболического типа второго рода.

Рассмотрим уравнение

$$\operatorname{sign} y |y|^m u_{xx} + u_{yy} = 0, \quad -1 < m < 0 \quad (1)$$

в области $D = D_1 \cup D_2$, где D_1 – ограничена кривой σ при $y > 0$ с концами в точках $A(0,0)$, $B(1,0)$ и отрезком AB ($y=0$), а D_2 – при $y < 0$ ограничена тем же отрезком AB и характеристиками уравнения (1).

Задача. Требуется найти функцию $u(x, y)$, обладающую следующими свойствами:

1) $u(x, y) \in C(\bar{D})$ – является регулярным решением уравнения (1) в области D_1 , а в области D_2 – обобщенным решением из класса R_2 [1];

2) выполняется условие склеивания

$$-u_y(x, -0) = u_y(x, +0); \quad (2)$$

3) удовлетворяет следующим граничным условиям:

$$\{a(s)A_s[u] + b(s)u\}_{\sigma} = \varphi(s), \quad 0 < s < l, \quad (3)$$

$$D_{0x}^{1-\beta} u[\theta_0(x)] = c(x)u(x, 0) + f(x), \quad 0 < x < 1, \quad (4)$$

где s – длина дуги σ , отсчитываемой от точки $B(1,0)$, а $a(s)$, $b(s)$, $\varphi(s)$, $c(x)$, $f(x)$ – заданные функции, причём

$$a(s)b(s) \geq 0, \quad 0 \leq s \leq 1, \quad a(s), b(s), \varphi(s) \in C[0, l],$$

а $f(x)$ – может иметь особенность порядка меньше чем -2β , где

$$\beta = \frac{m}{2(m+2)}.$$

Единственность решения задачи доказывается методом интегралов энергии [1]. Переходим к исследованию существования решения поставленной задачи.

Решение задачи в области D_1 удовлетворяющее условию (3) и $u|_{y=0} = \tau(x)$, ($0 \leq x \leq 1$) имеет вид [2]:

$$u(x, y) = \int_0^1 \tau(\xi) \frac{\partial}{\partial \eta} G_2(\xi, 0; x, y) d\xi + \int_0^l \frac{\varphi(s)}{a(s)} G_2(\xi, \eta; x, y) ds, \quad (5)$$

где $G_2(\xi, \eta; x, y)$ – функция Грина данной задачи в области D_1 , а в области D_2 , решая видоизмененную задачу Коши для гиперболического уравнения, получим обобщенное решение из класса R_2 [3]:

$$u(\xi, \eta) = \int_0^\xi (\eta - \zeta)^{-\beta} (\xi - \zeta)^{-\beta} T(\zeta) d\zeta + \int_\xi^\eta (\eta - \zeta)^{-\beta} (\zeta - \xi)^{-\beta} N(\zeta) d\zeta, \quad (6)$$

где

$$N(\zeta) = \frac{1}{2\pi \cos \pi\beta} T(\zeta) - \gamma_2 v(\zeta), \quad (7)$$

$\gamma_2 = [2(1-2\beta)]^{2\beta-1} \frac{\Gamma(2-2\beta)}{\Gamma^2(1-\beta)}$, а $T(\zeta)$ определяется из следующего определения.

Определение. Функция $u(\xi, \eta)$, определённая формулой (6), называется обобщенным решением задачи Коши для уравнения (1) в области D_2 из класса R_2 [4], в котором $\tau(x)$ имеет вид:

$$\tau(x) = \int_0^x (x-t)^{-2\beta} T(t) dt,$$

где $v(x)$ и $T(x)$ – непрерывные и интегрируемые функции в интервале $(0;1)$.

Из равенств (5) и (6) получаем следующие функциональные соотношения между $\tau(x)$ и $v(x)$:

$$\begin{aligned}
 v(x) = & \frac{k_2}{2\beta(2\beta-1)} \left[\frac{d}{dx} \int_0^x \frac{\tau'(t)}{(x-t)^{-2\beta}} dt + \frac{d}{dx} \int_x^1 \frac{\tau'(t)}{(t-x)^{-2\beta}} dt \right] - \\
 & - k_2 \int_0^1 \frac{\tau(t) dt}{(t+x-2xt)^{2-2\beta}} + \int_0^1 \tau(t) \frac{\partial^2 H_2(t,0;x,0)}{\partial \eta \partial y} dt + \\
 & + \int_0^l \chi(s) \frac{\partial q_2(\xi, \eta; x, 0)}{\partial y} ds + \frac{k_2}{\beta(2\beta-1)} x^{2\beta} \tau'(0)
 \end{aligned} \tag{8}$$

и

$$\begin{aligned}
 \tau'(x) = & -2\beta\gamma_3 \int_0^x (x-t)^{-2\beta-1} v(t) dt - \\
 & - 2\beta\gamma_3 \int_0^x (x-t)^{-2\beta-1} dt \int_0^t R(t,z) v(z) dz + F_0'(x),
 \end{aligned} \tag{9}$$

где $F_0(x) = \frac{1}{\Gamma(1-\beta)} \int_0^x (x-t)^{-2\beta} t^\beta f(t) dt + \frac{\lambda}{\Gamma(1-\beta)} \int_0^x (x-t)^{-2\beta} dt \int_0^t R(t,z) t^\beta f(z) dz$,

а $R(t, z)$ – есть резольвента следующего интегрального уравнения

$$T(x) = \lambda_1 \int_0^x K(x,t) T(t) dt + F(x),$$

где $\lambda_1 = \frac{2 \cos \pi\beta}{\Gamma(1-\beta)}$, $K(x,t) = (x-t)^{-2\beta} x^\beta c(x)$, $F(x) = \frac{x^\beta f(x)}{\Gamma(1-\beta)} + \gamma_3 v(x)$,

$\gamma_3 = 2\pi\gamma_2 \cos \pi\beta$.

Существование решения задачи для уравнения (1) в силу (5) и (6) эквивалентно разрешимости систем (8) и (9). Подставляя (8) в (9) после некоторых вычислений, с учётом условия склеивания (2) и $x^{2\beta} \tau'(x) = \rho(x)$, получим сингулярное интегральное уравнение с ядром типа Коши. Применяя известный метод регуляризации, получим интегральное уравнение Фредгольма второго рода, эквивалентное поставленной задаче, разрешимость которого следует из единственности решение сформулированной задачи.

Выводы: В статье представлены новые математические результаты, связанные с изучением нелокальной краевой задачи с условием Пуанкаре для уравнения эллиптико-гиперболического типа второго рода. Показано, что сформулированная в работе задача имеет единственное решение. Этот результат может использоваться при моделировании газо- и гидродинамических процессов.

Список литературы:

1. *Islomov B.I.* On a problem for an elliptic type equation of the second kind with a conormal and integral condition / *B.I. Islomov, A.A. Abdullayev* // *Journal Nanosystems: physics, chemistry, mathematics*. – 2018. – Vol 9 (3). – P. 307-318.
2. *Abdullayev A.A.* On uniqueness of a boundary value problem for an equation of elliptichyperbolic type of the second kind / *A.A. Abdullayev* // *Bulletin of the Institute of Mathematics*. – 2018. – Vol 5. – P. 30-35.
3. *Салахитдинов М.С.* Уравнения смешанного типа с двумя линиями вырождения / *М.С. Салахитдинов, Б.И. Исломов*. – Ташкент: "Мумтоз суз", 2010. – 264 с.
4. *Мамадалиев Н.К.* О представлении, решения видоизмененной задачи Коши / *Н.К. Мамадалиев* // *Сибирский математический журнал РАН*. – 2000. – Т. 41. – № 5. – С. 1087-1097.
5. *Салахитдинов М.С.* Нелокальная краевая задача с конормальной производной для уравнения смешанного типа с двумя внутренними линиями и различными порядками вырождения / *М.С. Салахитдинов, Б.И. Исломов* // *Изв. вузов. Математика*. – 2011. – № 1. – С. 49-58.
6. *Salakhitdinov M.S.* A nonlocal boundary-value problem with the Bitsadze-Samarskii condition for a parabolic-hyperbolic equation of the second kind / *M.S. Salakhitdinov, N.B. Islamov* // *Russian Mathematics*. – 2015. – Vol. 59. – №. 6. – P. 34-42.
7. *Baltaeva U.I.* Solvability of the analogs of the problem Tricomi for the mixed type loaded equations with parabolic-hyperbolic operators / *U.I. Baltaeva* // *Boundary Value Problems*. – 2014. – Vol 211. – P. 1-12.
8. *Islomov B.* Boundary Value Problems for the Classical and Mixed Integrodifferential Equations with Riemann-Liouville Operators / *B. Islomov, U.I. Baltaeva* // *International Journal of Partial Differential Equations*. – 2013, Article ID 157947, 7 pages <http://dx.doi.org/10.1155/2013/157947> (accepted 30 July 2013).

References:

1. *Islomov, B.I. and Abdullayev, A.A.* (2018), "On a problem for an elliptic type equation of the second kind with a conormal and integral condition", *Journal Nanosystems: physics, chemistry, mathematics*, Vol 9 (3), pp. 307-318.
2. *Abdullayev, A.A.* (2018), "On uniqueness of a boundary value problem for an equation of elliptichyperbolic type of the second kind", *Bulletin of the Institute of Mathematics*, Vol 5, pp. 30-35.
3. *Salakhitdinov, M.S., and Islomov, B.I.* (2010), *Equations of mixed type with two lines of degeneracy*, "Mumtoz suz", Tashkent, 264 p.
4. *Mamadaliev, N.K.* (2000), "On the representation, solving the modified Cauchy problem", *Siberian Mathematical Journal of the Russian Academy of Sciences*, Vol. 41, No. 5, pp. 1087-1097.
5. *Salakhitdinov, M.S, and Islomov, B.I.* (2011), "Nonlocal boundary value problem with a conormal derivative for a mixed type equation with two internal lines and different orders of degeneracy", *Izv. universities. Mathematics*, No. 1, pp. 49-58.

6. Salakhitdinov, M.S. and Islamov, N.B. (2015), "A nonlocal boundary-value problem with the Bitsadze-Samarskii condition for a parabolic-hyperbolic equation of the second kind", *Russian Mathematics*, Vol. 59, No. 6, pp. 34-42.
7. Baltaeva, U.I. (2014) , "Solvability of the analogs of the problem Tricomi for the mixed type loaded equations with parabolic-hyperbolic operators", *Boundary Value Problems*, Vol. 211, pp. 1-12.
8. Islomov, B. and Baltaeva, U.I. (2013), "Boundary Value Problems for the Classical and Mixed Integrodifferential Equations with Riemann-Liouville Operators", *International Journal of Partial Differential Equations*, Vol. 2013, Article ID 157947, 7 pages <http://dx.doi.org/10.1155/2013/157947> (accepted 30 July 2013).

Статью представил доктор техн. наук, проф. Б.А. Худаяров, зав. кафедры "Высшая математика", Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства.

Поступила (received) 20.10.2018

Abdullayev Akmaljon Abdjalilovich,
Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers
Higher mathematics,
Str. Kari Niyaziy, 39, Tashkent, Uzbekistan, 100000,
Tel: +99893 397-12-39, e-mail: akmal09.07.85@mail.ru
ORCID ID: 0000-0002-4542-1226

Safarbayeva Nigora Mustafayevna
Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers
Higher mathematics,
Str. Kari Niyaziy, 39, Tashkent, Uzbekistan, 100000,
Tel: +99893 584-12-59, e-mail: n.safarbayev@tiiame.uz
ORCID ID: 0000-0002-4542-1227

ЗМІСТ

Розміщення Вісника НТУ "ХПІ" серії "Інформатика та моделювання" в міжнародних наукометричних базах, репозитаріях та пошукових системах 3

Математические методы и модели

Абдуллаев А.А., Сафарбаева Н.М. Об одной краевой задаче для уравнения смешанного типа второго рода 5

Дашкевич А.А. Снижение размерности данных на основе разбиения пространства на регулярную сетку 12

Дмитриенко В.Д., Заковоротный А.Ю., Мезенцев Н.В., Главчев Д.М. Исследование метода поиска функций преобразования нелинейных систем к эквивалентным линейным в геометрической теории управления 20

Мороз В.В., Кондратюк А.В. Варіаційні методи оцінки руху в задачах комп'ютерного зору 36

Павленко В.Д., Павленко С.В., Ломовой В.И. Вычислительные методы построения моделей Вольтерра нелинейных динамических систем в частотной области 48

Рахматуллаев А.Х., Хидоятова М.А. Некоторые свойства ковариантного функтора $P: \text{comp} \rightarrow \text{comp}$ вероятностных мер, действующего на категории стратифицируемых пространств 64

Сіряк Р.В., Скарга-Бандурова І.С. Модель обробки потокових даних для розпізнавання окремих одиниць жестової мови 73

Tikhonov V.I., Tykhonova O.V. Cognitive tensor model of a system based on Von Neumann classes 82

Худаяров Б.А., Тураев Ф.Ж., Комилова Х.М. Численное моделирование колебаний трубы с потоком жидкости 98

Компьютерная инженерия

Гавриленко С.Ю., Челак В.В., Давыдов В.В. Разработка системы фиксации аномальных состояний компьютера 109

Автоматизация и компьютерно-интегрированные технологии

Бобух А.О., Переверзева А.М. Розробка алгоритму структурної ідентифікації технології виробництва кальцинованої соди	123
Вахобов В.В. О выборе параметров минимаксного плана последовательного приёмочного контроля	131
Деркач М.В., Скарга-Бандурова І.С., Хишев В.О. Налаштування моделі прогнозування часу прибуття громадського транспорту на зупинки міста	138
Дмитриенко В.Д., Леонов С.Ю., Бречко В.А. Моделирование многослойной, многонаправленной и древовидной ассоциативной памяти	148
Самигулина Г.А., Лукманова Ж.С. Когнитивная Smart-технология дистанционного обучения современному оборудованию промышленной автоматизации	160
Тітова А.Ю., Іванов Д.Є. Розробка моделі аналізу складних даних на основі класифікації machine learning	171

Информационные технологии

Білобородова Т.О., Скарга-Бандурова І.С. Комплексний підхід до обробки різномірних медичних даних з відсутніми значеннями	180
Зубарєв Д.О., Скарга-Бандурова І.С. Аналіз ефективності навчання CNN за принципом "вчитель-учень" з використанням непідготовленого image-dataset	188

НАУКОВЕ ВИДАННЯ
ВІСНИК НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
"ХПІ"

Збірник наукових праць
Серія
Інформатика та моделювання
№ 42 (1318)

Науковий редактор д.т.н. Дмитрієнко В.Д.
Технічний редактор д.т.н. Леонов С.Ю.
Відповідальний за випуск к.т.н. Шайда В.П.

АДРЕСА РЕДКОЛЕГІЇ: 61002, Харків, вул. Кірпічова, 2, НТУ "ХПІ".
Кафедра обчислювальної техніки та програмування,
тел. (057) 7076198, E-mail: serleomail@gmail.com

Обл. вид. № 28 – 18

Підп. до друку 21.12.2018 р. Формат 70x100/16. Папір офсетний.
Гарнітура Таймс. Умов. друк. арк. 9,8. Облік. вид. арк. 10,0.
Наклад 300 прим.
Ціна договірна

НТУ "ХПІ", 61002, Харків, вул. Кірпічова, 2,

Видавничий центр НТУ "ХПІ"
Свідоцтво ДК № 116 від 10.07.2000 р.

Виготовлено у ТОВ ВПП "Контраст".
Україна, 61166, м. Харків, пр. Науки, 40, оф. 221.
Св-во: ДК №1778 від 05.05.2004.