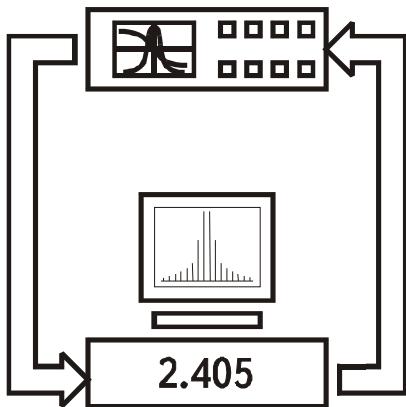
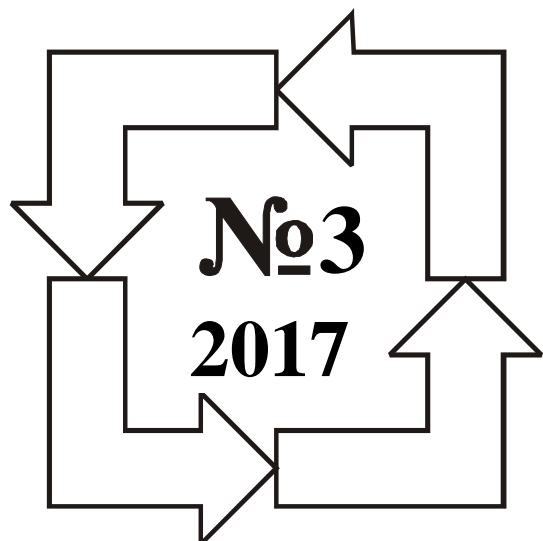


ISSN 2219-9365



МІЖНАРОДНИЙ
НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ
ЖУРНАЛ

ВИМІРЮВАЛЬНА
ТА
ОБЧИСЛЮВАЛЬНА
ТЕХНІКА
В
ТЕХНОЛОГІЧНИХ
ПРОЦЕСАХ



ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ

Міжнародний науково-технічний журнал

Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах

Заснований в травні 1997 р.

Виходить 4 рази на рік

Хмельницький, 2017, №3 (59)

Засновники: Хмельницький національний університет

Українська технологічна академія, м. Київ

Видавець: Українська технологічна академія

Затверджене як фахове видання постановою президії ВАК України від 10.02.2010 № 1-05/1

Включено у РИНЦ (дог. № 212-04/2013)

http://elibrary.ru/title_about.asp?id=37653

Index Copernicus

<http://jml2012.indexcopernicus.com/+++++,p24781565,3.html>

Google Scholar

http://scholar.google.com.ua/citations?user=nwN_nusAAAAJ&hl=uk

Національна бібліотека України

ім. В.І. Вернадського

<http://nbuv.gov.ua/j-tit/vott>

д.т.н., проф. I.B. Троцишин

Головний редактор

д.т.н., проф. В.Т. Кондратов

Заступник головного редактора та

голова редакційної колегії

Відповідальний секретар

Редакційна колегія:

Бубулис Алгімантас, д.т.н., проф. (Литва); Вільям Кей Джі, д.т.н., проф., (Республіка Корея); Водотовка В.І., д.т.н., проф.; Дивак М.П., д.т.н., проф.; Дудикевич В.Б., д.т.н., проф.; Жултовський Богдан, д.т.н., проф. (Польща); Здоренко В.Г., д.т.н., проф.; Злєпко С.М., д.т.н., проф.; Каплун В.Г., д.т.н., проф.; Кичак В.М., д.т.н., проф.; Коробко Є.В., д.т.н., проф. (Білорусія); Косенков В.Д., к.т.н., проф.; Кузьмін І.В., д.т.н., проф.; Лепіх Я.І., д.ф-м.н., проф.; Мансуров Тофік Магомедович, д.т.н., проф. (Азербайджан); Мельник А.О., д.т.н., проф.; Натріашвілі Тамаз Мамієвич, д.т.н., проф. (Грузія); Павлов С.В., д.т.н., проф.; Підченко С.К., д.т.н., проф. ; Попов Валентин, д. природничих н., проф. (Німеччина); Пунченко О.П., д.філ.н., проф.; Ройзман В.П., д.т.н., проф.; Романюк В.В., д.т.н., проф; Романюк О.Н., д.т.н., проф.; Ротштейн О.П., д.т.н., проф. (Ізраїль); Себко В.В., д.т.н., проф.; Сопрунюк П.М., д.т.н., проф.; Стахов О.П., д.т.н., проф. (Канада), Стенцель Й.І., д.т.н., проф.; Сурду М.М., д.т.н., проф.; Туз Ю.М., д.т.н., проф.; Шарпан О.Б., д.т.н., проф.; Шевченко К.Л., д.т.н., проф.

Технічний редактор I.B. Троцишин

Адреса редакції: редакція журналу "Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах", (кімн. 4-402), Хмельницький національний університет, вул. Інститутська 11, м. Хмельницький, 29016, Україна.

Тел: (+380) 97-684-3429.

E-mail: vottp.tiv@gmail.com

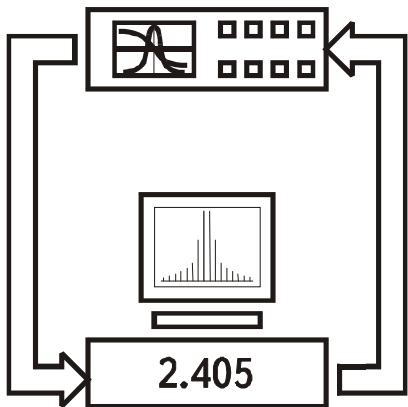
web: <http://fetronics.ho.com.ua>

Зареєстровано Міністерством юстиції України
Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації
Серія КВ №16040-4512ПР від 16 грудня 2009 року.

© Українська технологічна академія, 2017

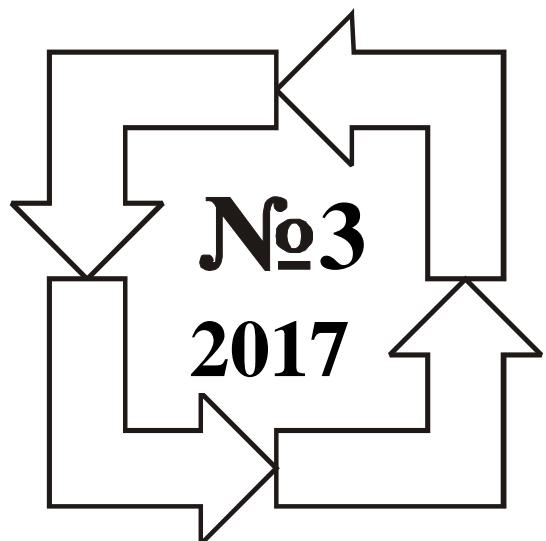
© Редакція "Вимірювальна та обчислювальна
техніка в технологічних процесах", 2017

ISSN 2219-9365



*INTERNATIONAL
SCIENTIFIC-TECHNICAL
MAGAZINE*

**MEASURING
AND
COMPUTING
DEVICES
IN
TECHNOLOGICAL
PROCESSES**



KHMELNITSKY

International scientific-technical magazine

**MEASURING AND COMPUTING DEVICES
IN TECHNOLOGICAL PROCESSES**

Founded in 1997 May

Published 4 times in a year

Khmelnitsky, 2017, №3 (59)

Founders Khmelnitsky national university, Khmelnitsky, Ukraine
 Ukrainian Technological Academy, Kyiv, Ukraine

Publisher Ukrainian Technological Academy

Approved as a professional publication the decision
of Higher Attestation Commission
at 10.02.2010, № 1-05/1
http://vak.org.ua/docs//prof_journals/journal_list/whole.pdf

Included in Russian Index
of Scientific Citations
according to the contract № 212-04/2013
http://elibrary.ru/title_about.asp?id=37653

Approved as a professional publication
Included in Russian Index of Scientific
Citations (№ 212-04/2013)
Index Copernicus
Google Scholar
National library of Ukraine named after
V.I. Vernadsky (Kyiv, Ukraine)

The decision of Higher Attestation Commission, 10.02.2010, № 1-05/1
http://elibrary.ru/title_about.asp?id=37653
<http://jml2012.indexcopernicus.com/+++++,p24781565,3.html>
http://scholar.google.com.ua/citations?user=nwN_nusAAAAJ&hl=uk
<http://nbuv.gov.ua/j-tit/vott>

Chief Editor Ivan V. Trotsishin, prof., doctor of science
Deputy Editor and Chairman of Editorial Board V.T. Kondratov, prof., doctor of science
Executive Secretary

Editorial board:

Algimantas Bubulis, prof. (Lithuania); Vilyam Kay Dzhi, prof., (Republic of Korea); Vodotovka V.I., prof.; Divak M.P., prof.; Dudikevich V.B., prof.; Kaplun V.G., prof.; Kychak V.M., prof.; Korobko E.V., prof. (Belarus); Kosenkov V.D., prof.; Kuzmin I.V., prof.; Lepih YA.I., prof.; Mansurov Tofik Magomedovich, prof. (Azerbaijan); Melnik S.A., prof.; Natriashvili Tamaz Mamievich, prof. (Georgia); Pavlov S.V., prof.; Pidchenko S.K., prof.; Popov Valentin, prof. (Germany); Punchenko O.P., prof.; Roizman V.P., prof.; Romaniuk V.V., prof.; Romanyuk O.N., prof.; Rothstein Oleksandr Petrovich, prof. (Israel); Soprunyauk P.M., prof.; Sebko V.V. prof., Stakhov Olexiy Petrovic, prof. (Canada), Stenzel Y.I., prof.; Surdu M.M., prof.; Tuz Yu.M., prof.; Sharpan O.B., prof., Shevchenko K.L., prof.; Zhultovsky Bogdan, prof. (Poland); Zdorenko V.G. prof., Zlepko S.M., prof.

Technical editor I. V. Trotsishin

Address of editorial office: *editorial office of magazine "Measuring and Computing Devices in Technological Processes", Khmelnitsky national university, Ukraine, 29016, Khmelnitsky, 11 Institutska str., (4-402 room),*

phone: (+380) 97-684-3429 (Russian, Ukrainian)

E-mail: vottp.tiv@gmail.com (Russian, Ukrainian, English)

web: <http://fetronics.ho.com.ua>

Subscribed by Ministry of Justice of Ukraine

Certificate about governmental registration of publishing means of mass information

Series "KV" №16040-4512PR, December ,16, 2009.

© Ukrainian Technological Academy, 2017
© Magazine "Measuring and Computing
Devices in Technological Processes", 2017

ЗМІСТ

ДО 25-РІЧЧЯ З ДНЯ ЗАСНУВАННЯ УКРАЇНСЬКОЇ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ АКАДЕМІЇ (1992-2017)	7
ЗАГАЛЬНІ ПИТАННЯ МЕТРОЛОГІЇ, ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ	
В.Т. КОНДРАТОВ. ФУНДАМЕНТАЛЬНА МЕТРОЛОГІЯ: ТЕОРИЯ СТРУКТУРНОГО АНАЛІЗА УРАВНЕНИЙ ИЗБЫТОЧНЫХ И СВЕРХИЗБЫТОЧНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ. СООБЩЕНИЕ 7. ТОНКАЯ СТРУКТУРА УИИ И УЧЗ (С УЧЕТОМ ПОГРЕШНОСТЕЙ И ПОПРАВОК)	15
В.А. ВІШИНСКИЙ, М.Л. ТЕРЕНТЬЄВ. ОБ ОДНОМ АЛГОРИТМЕ СТРУКТУРИРОВАННЯ НАТУРАЛЬНОГО РЯДА ЦЕЛЫХ ЧИСЕЛ	35
В.А. ВІШИНСКИЙ. КРИЗИС СОВРЕМЕННОЙ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ.....	39
ОПТИЧНІ ТА ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ВИМІРЮВАННЯ	
О.Б. ШАНДИБА. ОПТИМІЗАЦІЯ КАСКАДНОЇ СИСТЕМИ РЕПУЛЬПАЦІЙНИХ АПАРАТІВ ДЛЯ ПРОМИВАННЯ ДИСПЕРСНИХ МАТЕРІАЛІВ	50
ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНІ ТА РАДІОТЕХНІЧНІ ВИМІРЮВАННЯ	
ВАРУЖАН ПАВЛІКОВИЧ АРАКЕЛЯН. НОВЫЙ МЕТОД РАСЧЕТА ВТОРИЧНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ	54
О.Ю. ОЛЕЙНИК, Ю.К. ТАРАНЕНКО. ВИБРОСТЕРЖНЕВЫЕ ЧАСТОТНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ТЕМПЕРАТУРЫ	58
ВО ЗУЙ ФУК, Ю.Ф. ЗИНЬКОВСКИЙ. АППРОКСИМАЦІЯ ВОЛЬТ-АМПЕРНИХ ХАРАКТЕРИСТИК В РЕЖИМЕ ОБЛУЧЕНИЯ ПОЛУПРОВОДНИКА	64
П.І. БОРЩОВ, А.С. ЛЕВІЦЬКИЙ. ЄМНІСНІ ВИМІРЮВАЧІ ЗУСИЛЬ В СТЯЖНИХ ПРИЗМАХ ОСЕРДЯ СТАТОРА ПОТУЖНИХ ТУРБОГЕНЕРАТОРІВ	69
А.О. СЕМЕНОВ. ГЕНЕРАТОР ДЕТЕРМІНОВАНОГО ХАОСУ КИЯШКО-ПІКОВСЬКОГО-РABIНОВИЧА НА ОСНОВІ БІПОЛЯРНОЇ ТРАНЗИСТОРНОЇ СТРУКТУРИ З ВІД'ЄМНИМ ОПОРОМ ...	76
Г.Г. БОРТНИК, А.В. КОВАЛЕНКО, С.О. БОЛДИНЮК. ЦИФРОВИЙ АНАЛІЗАТОР СПЕКТРА РАДІОСИГНАЛІВ	83
ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ ТА ОБЧИСЛЮВАЛЬНІ СИСТЕМИ І КОМПЛЕКСИ В ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСАХ	
А.В. РУДІК. СИНТЕЗ ТА МОДЕлювання ЦИФРОВИХ ФІЛЬТРІВ ПРОГРАМНИМИ ЗАСОБАМИ MATLAB	87
I.В. АБРАМЧУК, О.Н. РОМАНЮК, Н.П. ВЕЛИЧКО. ВИКОРИСТАННЯ МАТЕМАТИЧНИХ ПАКЕТІВ ПРИКЛАДНИХ ПРОГРАМ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ МОТИВАЦІЇ ВИВЧЕННЯ МАТЕМАТИКИ У ВНЗ	94
Н.Л. БАРЧЕНКО. ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ АГЕНТА-МЕНЕДЖЕРА ЕРГОНОМІЧНОЇ ПІДТРИМКИ ЕЛЕКТРОННОГО НАВЧАННЯ	100
Я.В. ЛІТВІНЕНКО. МЕТОД ІНТЕРПОЛЯЦІЇ КУБІЧНИМ СПЛАЙНОМ ДИСКРЕТНОЇ ФУНКЦІЇ РИТМУ ЦИКЛІЧНОГО СИГНАЛУ ІЗ ВИЗНАЧЕНОЮ СЕГМЕНТНОЮ СТРУКТУРОЮ	105
Г.М. КЛЕЩОВ. РЕАЛІЗАЦІЯ МЕТОДОЛОГІЙ МЕТРОЛОГІЧНИХ МЕТОДІВ В КІБЕР - ІНТЕГРОВАНОЇ ІНФОРМАЦІЙНО - ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМІ	113
S. I. VYATKIN, A. N. ROMANYUK, B.L. VOIT. PERTURBATION FUNCTIONS AND OPERATIONS IN GEOMETRIC MODELING	117
Б.П. ТОПОРІВСЬКИЙ, О.О. ГАГАРІН. АКТУАЛЬНІ МЕХАНІЗМИ ДОСЛДЖЕННЯ ТА ДОБУВАННЯ ІНФОРМАЦІЇ З WEB-ДОКУМЕНТІВ ТА СЕРВІСІВ	121
БІОМЕДИЧНІ ВИМІРЮВАННЯ І ТЕХНОЛОГІЇ	
Ю. Ю. ГОНЧАРЕНКО, О. М. МИРОШНИК, О. А. ВЫСОТЕНКО, Т. В. КАЧУР, А. С. РЫЖКИН ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ЗАЩИТЫ ЛЮДЕЙ ОТ ПОРАЖАЮЩИХ ФАКТОРОВ РАДИОАКТИВНОГО И ХИМИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ	127
A.V. TOLBATOV, S.V. TOLBATOV, O.O. TOLBAKOVA, V.A. TOLBATOV FUNCTIONAL MODELING – МЕТОДОЛОГІЧНА БАЗА ДЛЯ ІНВЕСТИГАЦІЇ БІЗНЕС-ПРОЦЕССІВ В ІНДУСТРІАЛЬНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ	132
К.О. САЧІК, М.Ф. БОГОМОЛОВ, Я.В. САВЕНКО. ОТПОЕЛЕКТРОННА СИСТЕМА ДІСТАНЦІЙНОГО ВИМІРЮВАННЯ ХАРАКТЕРИСТИК БІОЛОГІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ	137

УДК 621.03.9

Ю.Ю. ГОНЧАРЕНКО, О.М. МИРОШНИК,
О.А. ВЫСОТЕНКО, Т.В. КАЧУР, А.С. РЫЖКИН

Государственное предприятие «Институт геохимии окружающей среды НАН Украины»

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ЗАЩИТЫ ЛЮДЕЙ ОТ ПОРАЖАЮЩИХ ФАКТОРОВ РАДИОАКТИВНОГО И ХИМИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ

В работе приводится теоретическое решение задачи защиты людей от поражающих факторов радиоактивного и химического загрязнения атмосферы во временных укрытиях на открытой местности, которые могут произойти во время техногенных аварий на охраняемых объектах критической инфраструктуры. Показано, что полученная математическая модель состоит из трех зависимостей, первая из которых описывает потенциал простого слоя воздушного потока, образующегося в процессе нагнетания воздуха в локальный объем, вторая - показывает разницу между функцией плотности простого воздушного потока и матрицей его приближенного интегрального представления, а третья описывает коэффициенты разложения, определяемые с заданной точностью.

Ключевые слова: защита людей, математическая модель, воздушный поток, локальный объем, радиоактивное и химическое загрязнение атмосферы.

YU. YU. GONCHARENKO, O.M. MIROSHNIK,
O.A. VYSOTENKO, T.V. KACHUR, A.S. RYZHKIN
State Institution «Institute of Environmental Geochemistry of the NAS of Ukraine»

THEORETICAL SOLUTION OF THE PROTECTION OF PEOPLE FROM THE DAMAGING FACTORS OF THE RADIOACTIVE AND THE CHEMICAL POLLUTION OF THE ATMOSPHERE

The paper provides a theoretical solution to the problem of developing a mathematical model for protecting people from the damaging factors of radioactive and chemical pollution of the atmosphere in temporary shelters in open areas that can occur during technogenic accidents at protected critical infrastructure sites. It reduces to the problem of air injection in a local volume and the movement of air flow in a local volume. These problems belong to the class of boundary problems of mathematical physics, which are solved by the method of expansion in non-orthogonal functions. To do this, we take a multidimensional multiply connected domain bounded by a multilayer surface and a system of vector functions, each of which is linearly independent and complete in the space under consideration and square integrable vector-functions on the used surface. Then we can consider an approximate solution of the problem, which tends to an exact solution under the condition that this problem is correct. In the case of incorrect boundary-value problems, a reasonable approximation is used to solve this problem. In other words, the solution of this boundary value problem is representable as the "simple layer potential" of the representation function, which can be expanded in a system of nonorthogonal functions with arbitrarily high accuracy. That is, the solution of the problem of air injection and air flow movement in a local volume is represented by a system of equations in which the first dependence describes the potential of a simple airflow layer formed during the air injection process into the local volume, the second shows the difference between the simple airflow density function and the matrix its approximate integral representation, and the third describes the expansion coefficients determined by the accuracy of the solution of the problem.

Keywords: Protection of people, mathematical model, air flow, local volume, radioactive and chemical pollution of the atmosphere.

Введение

Последние десятилетия Украина остается в статусе страны техногенных аварий и катастроф [1, 2], которые сопровождаются загрязнением атмосферы и распространением опасных и токсичных химических соединений. Пожары, происходящие в Чернобыльской зоне и других «мертвых» лесных массивах, приводят не только к химическому, но и к радиоактивному загрязнению воздушной среды.

Как показывает мировой опыт, в качестве грязных бомб террористы могут использовать радиоактивные и отправляющие вещества, которые взрывной волной выбрасываются в атмосферу и ветром разносятся на большие расстояния [3-5]. С этой точки зрения защита объектов критической инфраструктуры сужается до защиты персонала от поражения токсичными и радиоактивными веществами, распыленными в атмосфере. Временными укрытиями на открытой местности в интересах защиты людей от поражающих факторов радиоактивного и химического загрязнения атмосферы могут быть палатки, оснащенные малогабаритными фильтровентиляционными установками, работающими от переносных источников электропитания, изготовленные из легких полимерных материалов, не пропускающих радиоактивные и отправляющие вещества.

Исходя из сказанного выше, решение задачи защиты людей от поражающих факторов радиоактивного и химического загрязнения атмосферы во временных укрытиях на открытой местности, возникающих при техногенных авариях и катастрофах на охраняемых объектах критической инфраструктуры, является актуальной научной задачей. Для ее теоретического решения можно использовать классическую теорию поля и векторный анализ [6-9].

Основная часть

Теоретическое решение задачи защиты людей от поражающих факторов радиоактивного и химического загрязнения атмосферы сводится к формализации процесса нагнетания воздуха в локальном объеме и движения воздушного потока в нем. Эти задачи относятся к классу граничных задач математической физики, которые решаются методом разложения по неортогональным функциям.

Пусть G – многомерная многосвязная область в \mathbf{R}^n , ограниченная поверхностью Γ . Рассмотрим общую граничную задачу

$$Lu(x)=0, \quad x \in G, \quad (1)$$

$$lu(x)|_{\Gamma}=y(y), \quad y \in G, \quad (2)$$

тогда использование метода разложения по неортогональным функциям решения граничной задачи (1), (2) заключается в следующем.

Пусть $\{y_k(x)\}_{k=1}^{\infty}$ – система вектор-функций y_k , удовлетворяющих следующим трем условиям:

каждая функция $y_k(x)$ удовлетворяет уравнению (1);

для каждой функции $y_k(x)$ на Γ определена новая функция $ly_k(y)$, где l – оператор, описанный в граничном условии (2);

система функций $\{ly_k(y)\}_{k=1}^{\infty}$ является линейно независимой и полной в пространстве $L_2(\Gamma)$ интегрируемых в квадрате вектор-функций на Γ .

Найдем коэффициенты a_k наилучшего (в смысле $L_2(\Gamma)$) разложения функции $y(y)$ по первым N функциям системы $\{ly_k(y)\}_{k=1}^{\infty}$:

$$y(y) \approx \sum_{k=1}^N a_k^{(N)} ly_k(y), \quad (3)$$

тогда

$$u^{(N)}(x) = \sum_{k=1}^N a_k^{(N)} y_k(x) \quad (4)$$

можно считать приближенным решением задачи (1), (2), которое при $N \rightarrow \infty$ стремится к точному решению u при условии корректности этой задачи. В случае некорректных граничных задач используют разумное приближение для решения этой задачи.

Пусть имеется некоторое интегральное представление решения задачи (1), (2):

$$u(x) = \int_{\Gamma} y(y) H(x, y) dS_y + F_1(x), \quad (5)$$

где $H(x, y) = [H_1(x, y), \dots, H_m(x, y)]$ – ядро (функция Грина, Неймана, Кельвина и другие) удовлетворяет неравенству

$$\int_{\Gamma} [H_i(x, y)]^j dS_y < \infty, \quad (i=1,2,\dots,m). \quad (6)$$

Для любой точки $x \in G$, $F_1(x)$ – известная функция. Ввиду того, что приближенное решение (4) удовлетворяет граничной задаче

$$Lu^{(N)}(x) = 0, \quad x \in G,$$

$$lu^{(N)}(x)|_{\Gamma} = \sum_{k=1}^N a_k^{(N)} ly_k(y),$$

то, применяя для него интегральное представление (5), получим:

$$u^{(N)}(x) = \int_{\Gamma} \sum_{k=1}^N a_k^{(N)} ly_k(y) H(x, y) dS_y + F_2. \quad (7)$$

Вычитая последнее равенство из (5), получаем

$$|u(x) - u^{(N)}(x)| \leq \left| \int_{\Gamma} \left[y(y) - \sum_{k=1}^N a_k^{(N)} ly_k(y) \right] H(x, y) dS_y \right| + |F_1 - F_2|. \quad (8)$$

Применив к первому слагаемому в правой части (8) неравенство Коши-Буняковского, получим, что точное решение $u(x)$ задачи (1), (2) отличается от приближенного решения $u^{(N)}(x)$ на $|F_1 - F_2|$, что является естественным для соответствующих граничных задач, и на член, стремящийся к нулю при $N \rightarrow \infty$.

Следовательно, основная трудность решения задачи заключается в выборе системы функций $\{y_k(x)\}_{k=1}^{\infty}$, удовлетворяющих условиям (1)-(3).

Пусть условие полноты в $L_2(\Gamma)$ можно заменить полнотой системы функций $\{y_k(x)\}_{k=1}^{\infty}$ в подпространстве $\overline{L_2(\Gamma)}$ пространства $L_2(\Gamma)$, элементы которого обеспечивают хотя бы одно решение

задачи.

В случае задачи Неймана для уравнения Лапласа $L_2(\Gamma)$ совпадает с ортогональным дополнением постоянной до $L_2(\Gamma)$, что естественно для этой задачи, так как для ее разрешимости в этом случае необходимо и достаточно выполнение условия $\int_{\Gamma} y(y) dS_y = 0$.

Для задачи Дирихле $\overline{L_2(\Gamma)}$ совпадает с $L_2(\Gamma)$, ибо решение в этом случае существует для произвольной функции $y(y) \in L_2(\Gamma)$, поэтому в дальнейшем будем предполагать полноту в $\overline{L_2(\Gamma)}$.

Перечисленным выше условиям удовлетворяет определенным образом построенная система фундаментальных решений уравнения (1). Рассмотрим в области $\mathbf{R}^n \setminus G$ замкнутую поверхность Γ_1 , целиком охватывающую Γ и не имеющую с ней общих точек, причем если G – многосвязная, т. е. Γ состоит из отдельных замкнутых поверхностей (рис. 1), то и Γ_1 состоит из такого же числа замкнутых поверхностей (показаны штриховой линией).

Пусть $\{z_k\}_{k=1}^{\infty} \subset \Gamma$ всюду плотное множество точек, т. е. сколь угодно малый участок поверхности Γ содержит, по крайней мере, одну точку множества $\{z_k\}_{k=1}^{\infty}$.

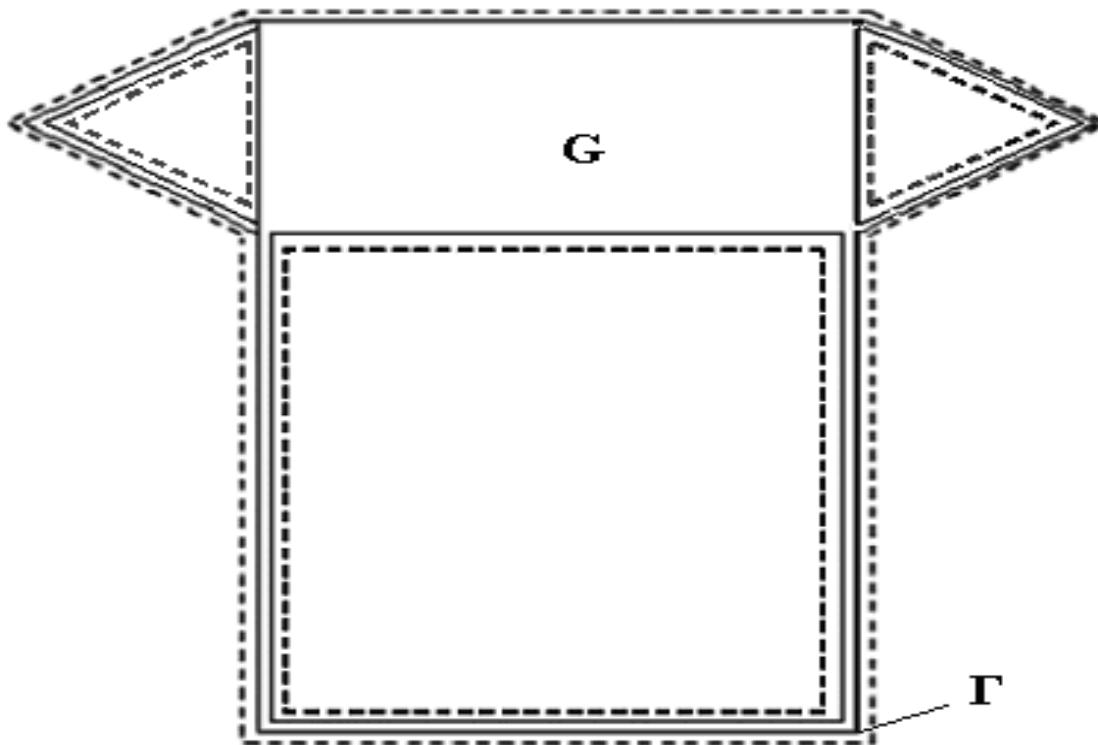


Рис. 1. Схема многосвязных поверхностей.

Возьмем матрицу фундаментальных решений $H(z_k, y)$ уравнения (1), соответствующую этим точкам z_k , и рассмотрим систему вектор-функций

$$\{H_i(z_k, y)\} = \{y_{k,i}(y)\}. \quad (9)$$

Покажем, что при определенных условиях система (9) полная.

Пусть решение граничной задачи (1), (2) можно продолжить на область G_1 , ограниченную поверхностью Γ_1 так, что оно будет удовлетворять граничной задаче:

$$\begin{aligned} \overline{Lu}(x) &= 0, \quad x \in G_1, \\ \bar{u}(x)|_{\Gamma_1} &= \bar{y}(z), \end{aligned} \quad (10)$$

где $\bar{y}(z)$ – произвольная ограниченная функция, обеспечивающая существование решения граничной задачи (10).

Допустим, что решение задачи (10) удовлетворяет на Γ условию

$$\|\tilde{y}(y) - y(y)\|_{L_{2(\Gamma)}} = \sum_{i=1}^{del m} \|\tilde{y}^{(i)}(y) - y^{(i)}(y)\|_{L_{2(\Gamma)}} < e, \quad (11)$$

где $\tilde{y}(y) = l\tilde{u}(x)|_{\Gamma}, e > 0$ сколь угодно мало, и это решение представимо в виде «потенциала простого

слоя»:

$$\tilde{y}(x) = \int_{\Gamma} H(z, x) \hat{y}(z) dS_z, \quad (12)$$

где $\hat{y}(z)$ – «плотность простого слоя», а $H(z, x)$ – ядро (матрица) интегрального представления.

Для того, чтобы систему (9) можно было применять для решения граничной задачи (1), (2), достаточно доказать, что она дает возможность сколь угодно хорошей аппроксимации граничной функции $y(y)$.

Рассмотрим функцию (12) на поверхности Γ , применив к ней оператор I , получим

$$\tilde{y}(y) = \int_{\Gamma} [IH(z, x)] \hat{y}(z) dS_z. \quad (13)$$

В развернутом виде это равенство принимает вид

$$\begin{aligned} \tilde{y}^{(1)}(y) &= \int_{\Gamma} [l_1 H_{11}(z, y) \hat{y}_1(z) + l_2 H_{12}(z, y) \hat{y}_2(z) + \dots + l_m H_{1m}(z, y) \hat{y}_m(z)] dS_z, \\ \tilde{y}^{(2)}(y) &= \int_{\Gamma} [l_1 H_{21}(z, y) \hat{y}_1(z) + l_2 H_{22}(z, y) \hat{y}_2(z) + \dots + l_m H_{2m}(z, y) \hat{y}_m(z)] dS_z, \\ &\dots \\ \tilde{y}^{(m)}(y) &= \int_{\Gamma} [l_1 H_{m1}(z, y) \hat{y}_1(z) + l_2 H_{m2}(z, y) \hat{y}_2(z) + \dots + l_m H_{mm}(z, y) \hat{y}_m(z)] dS_z, \end{aligned}$$

где $H_{i,j}(x, y)$ – элементы матрицы $H(x, y)$.

Покажем, что для любого $e > 0$ найдется такое N_0 и такая система коэффициентов

$b_{ki}^{(N)}$ ($k=1,2,\dots,N$), что при $N \geq N_0$ выполняется неравенство:

$$\left\| y(y) - \sum_{k=1}^N \sum_{i=1}^m b_{ki}^{(N)} I H_i(z_k, y) \right\|_{L_2(\Gamma)} \leq e. \quad (14)$$

Действительно,

$$\begin{aligned} &\left\| y(y) - \sum_{k=1}^N \sum_{i=1}^m b_{ki}^{(N)} I H_i(z_k, y) \right\|_{L_2(\Gamma)} \leq \\ &\leq \left\| y(y) - \tilde{y}(y) \right\|_{L_2(\Gamma)} + \left\| \tilde{y}(y) - \sum_{k=1}^N \sum_{i=1}^m b_{ki}^{(N)} I H_i(z_k, y) \right\|_{L_2(\Gamma)} \leq \\ &\leq e_1 + \sum_{i=1}^m \left\| \tilde{y}^i(y) - \sum_{k=1}^N \sum_{i=1}^m b_{ki}^{(N)} l_j H_{ij}(z_k, y) \right\|, \end{aligned} \quad (15)$$

где e_1 сколь угодно мало.

Оценим последнее слагаемое в правой части, заменив интеграл в (13) некоторой кубатурной формулой с узлами в точках z_k :

$$\tilde{y}^{(i)}(y) = \sum_{k=1}^N \sum_{i=1}^m A_k l_i H_{ji}(z_k, y) \tilde{y}_i(z_k) + E_N^{(i)}(y),$$

где A_k – коэффициенты кубатурной формулы, а $E_N^{(i)}$ – ее остаточный член, при этом предположим, что число узлов N столь велико, что неравенство

$$|E_N^{(i)}(y)| < e_2 \quad (16)$$

выполняется для любого $y \in \Gamma$, $j=1,2,\dots,m$, а e_2 произвольно мало. Тогда с учетом (10) и (15) из неравенства (14) получим оценку:

$$\left\| y(y) - \sum_{k=1}^N \sum_{i=1}^m b_{ki} I H_i(z_k, y) \right\| \leq e_1 + \sqrt{|\Gamma|} e_2 m, \quad (17)$$

где

$$b_{ki} = A_k \hat{y}_i(z_k). \quad (18)$$

Здесь $|\Gamma|$ – площадь поверхности Γ . Взяв для e_1 и e_2 значения

$$e_1 = \frac{e}{2}, \quad e_2 = \frac{e}{2\sqrt{|\Gamma|m}},$$

из (17) непосредственно выводим искомое неравенство (14).

Следовательно, если существует равномерно ограниченная на Γ_1 функция $\bar{Y}(z)$, которая обеспечивает для решения граничной задачи (10) выполнение неравенства (11), и решение этой граничной задачи представимо в виде «потенциала простого слоя» (12), то функции $Y(y)$ можно разложить по системе (9) со сколь угодно высокой точностью, при этом коэффициенты разложения находятся из (18). То есть решение задачи нагнетания воздуха и движения воздушного потока в локальном объеме описывается следующей системой уравнений:

$$\begin{cases} \tilde{u}(x) = \int_{\Gamma} H(z, x) \hat{Y}(z) dS_z, \\ \|Y(y) - \sum_{k=1}^N \sum_{i=1}^m b_{ki} lH_i(z_k, y)\| \leq e_1 + \sqrt{|\Gamma|} e_2 m, \\ b_{ki} = A_k \hat{Y}_i(z_k), \quad e_1 = \frac{e}{2}, \quad e_2 = \frac{e}{2\sqrt{|\Gamma|m}}. \end{cases} \quad (19)$$

Выводы

Теоретическое решение задачи защиты людей от поражающих факторов радиоактивного и химического загрязнения атмосферы во временных укрытиях на открытой местности представляет собой математическую модель в виде системы уравнений, в которой первая зависимость описывает потенциал простого слоя воздушного потока, образующегося в процессе нагнетания воздуха в локальный объем, вторая – показывает разницу между функцией плотности простого воздушного потока и матрицей его приближенного интегрального представления, а третья описывает коэффициенты разложения, определяемые с заданной точностью.

Литература

14. Загрязнения атмосферного воздуха. Доступ: <http://ecology-education.ru/index.php?action=full&id=517>
15. Загрязнение атмосферы радиоактивными веществами Доступ: http://www.saveplanet.su/articles_7.html
16. Гончаренко Ю.Ю. Математическая модель выявления низкоактивного ионизирующего гамма-излучения / Ю.Ю. Гончаренко, М.М. Дивизинюк, А.В. Фаррахов // Наука та техніка Повітряних сил Збройних сил України. – Харків: ХУПС ім. Кожедуба, 2014. – № 4 (17). – С. 100 – 103.
17. Фаррахов О.В. Потенційні джерела загроз ядерно-радіаційної безпеки. Ядерний тероризм. / О.В. Фаррахов // Техногенно-екологічна безпека та цивільний захист. – 2015. – № 8. – С. 32 – 40.
18. Ліпкан В.А. Боротьба з тероризмом / В.А. Ліпкан, Д.І. Никифорчук, М.М. Руденко: Монографічне дослідження. – К.: Знання України, 2002. – 254 с.
19. Альпин Л.М. Теория поля. – М.: Недра, 1966. – 386 с.
20. Булах Е.Г. Основы векторного анализа и теории поля / Е.Г. Булах, В.Н. Шуман. – Киев: Наукова думка, 1998. – 360 с.
21. Тихонов А.Н. Методы решения некорректных задач / А.Н. Тихонов, В.Я. Арсенин – М.: Наука, 1986. – 288 с.
22. Челомей В.Н. Векторное исчисление. – Киев: Укргизмвестпром, 1936. – 120 с.

References

1. Zagryaznenaya atmosfernogo vozduha. Dostup: <http://ecology-education.ru/index.php?action=full&id=517>
2. Zagryaznenie atmosfery radioaktivnymi veshestvami. Dostup: http://www.saveplanet.su/articles_7.html
3. Goncharenko Yu. Yu. Matematicheskaya model vyiyavleniya nizkoaktivnogo ioniziruyushhego gamma-izlucheniya / Yu. Yu. Goncharenko, M. M. Diviziniuk, A. V. Farrachov // Nauka ta technika Povitryanyich syul Zbroynyih syul Ukrayiny. –Charkiv: CHUPS im. Kozheduba, 2014. – № 4 (17). – S. 100 – 103.
4. Farrachov O. V. Potenziyni dzhherela zagroz yaderno-radiazijnoy bezpekyi. Yaderniy terorizm / O. V. Farrachov // Technogenno-ekologichna bezpекa ta zivilnyiy zachist. – 2015. – № 8. – S. 32 – 40.
5. Lipkan V. A. Borotba z terorizmom / V. A. Lipkan, D. I. Nykyiforck, M. M. Rudenko: Monografichne doslidzhennya. – K.: Znannya Ukrayiny, 2002. – 254 s.
6. Alpin L. M. Teoriya polya. – M.: Nedra, 1966. – 386 s.
7. Bulach E. G. Osnovy vektornogo analiza i teorii polya / E. G. Bulach, V. N. Shuman. – Kiev: Naukova dumka, 1998. – 360 s.
8. Tihonov A. N. Metody resheniya nekorrektnyuh zadach / A. N. Tihonov, V. Ya. Arsenin. – M.: Nauka, 1986. – 288 s.
9. Chelomey V. N. Vektornoe ischislenie. – Kiev: Ukrzgizmestprom, 1936. – 120 s.

Отримана/Received : 10.9.2017 р. Надрукована/Printed : 9.10.2017 р.
Стаття рецензована редакційною колегією

References

1. Cameron Browne. A Survey of Monte Carlo Tree Search Methods. / Cameron Browne, Edward Powley, Daniel Whitehouse, and others // IEEE Trans. on Computational Intelligence and AI in Games. – vol. 4. – no. 1. – March 2012. – P. 1-49.
2. Schaeer, J. The APHID Parallel algorithm / Schaeer, J., Brockington M. G. // Proceedings of the 8th IEEE Symposium on Parallel and Distributed Processing. – 1996. – P. 428-432.
3. Marchenko O.O. Model dynamichnoho rozparalellennia poshuku v derevi metodom Monte-Karlo dlja grid-system / Marchenko O.O., Marchenko O.I. // Systemnyi analiz ta informatsiini tekhnolohii: materialy 19-i Mizhnarodnoi naukovo-tehnichnoi konferentsii SAIT 2017, Kyiv, 22 – 25 travnia 2017 r. / NNK “IPSA” NTUU “KPI im. Iгора Sikorskого”. – K.: NNK “IPSA” NTUU “KPI im. Iгора Sikorskogo”. 2017., S. 213-214.
4. Marchenko O.O. Kryterii «hlybyna-shyryna» dlja kontroliu formy dereva poshuku pry vykorystanni metodu Monte-Karlo. / Marchenko O.O., Marchenko O.I. // Kompiuterno-integrovani tekhnologii: osvita, nauka, vyrobnytstvo. – 2016. – № 24-25. - S.42-47.
5. Oleksandr I. Marchenko. Monte-Carlo Tree Search with Tree Shape Control. / Oleksandr I. Marchenko, Oleksii O. Marchenko // 2017 IEEE First Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON). Conference Proceedings. May 29 – June 2, 2017., Kyiv, Ukraine. – 2017. – P. 812-817.
6. Marchenko O.I. Struktura ta kryterii klasyfikatsii sposobiv realizatsii ta pokrashchennia poshuku po derevu metodom Monte-Karlo / Marchenko O.I., Marchenko O.O., Orlova M.M. // Kompiuterno-integrovani tekhnologii: osvita, nauka, vyrobnytstvo. – 2015. – № 21. – S. 51–57.
7. Marchenko O.I. Klasyfiratsiya sposobiv realizatsii ta pokrashchennia poshuku po derevu metodom Monte-Karlo / O.I. Marchenko, O.O. Marchenko, M.M. Orlova // Shtuchnyi intelekt. – 2016. – №2(72). – S. 59-69.
8. G. M. J.-B. Chaslot. Parallel Monte-Carlo Tree Search / G. M. J.-B. Chaslot, M. H. M. Winands, and H.J. van den Herik // Proc. Comput. And Games, LNCS 5131, Beijing, China. – 2008. P.60–71.
9. T. Cazenave. On the Parallelization of UCT / T. Cazenave and N. Jouandeau // Proc. Comput. Games Workshop, Amsterdam, Netherlands. – 2007. – P. 93–101.
10. H. Kato. Parallel Monte-Carlo Tree Search with Simulation Servers / H. Kato and I. Takeuchi // Proc. Int. Conf. Tech. Applicat. Artif. Intell., Hsinchu City, Taiwan. – 2010. – P. 491–498.
11. Fern. Ensemble Monte-Carlo Planning: An Empirical Study / A. Fern and P. Lewis // Proc. 21st Int. Conf. Automat. Plan. Sched., Freiburg, Germany. – 2011. – P. 58–65.
12. Y. Soejima. Evaluating Root Parallelization in Go / Y. Soejima, A. Kishimoto, and O. Watanabe // IEEE Trans. Comp. Intell. AI Games. – vol. 2. – no. 4. – 2010. – P. 278–287.
13. Bourki. Scalability and Parallelization of Monte-Carlo Tree Search / A. Bourki, G. M. J.-B. Chaslot, M. Coulm, V. Danjean, H. Doghmen, J.-B. Hoock, T. Herrault, A. Rimmel, F. Teytaud, O. Teytaud, P. Vayssie`re, and Z. Yu // Proc. Int. Conf. Comput. and Games, LNCS 6515, Kanazawa, Japan. – 2010. – P. 48–58.
14. S. Gelly. The Parallelization of Monte-Carlo Planning / S. Gelly, J.-B. Hoock, A. Rimmel, O. Teytaud, and Y. Kalemkarian // Proc. 5th Int. Conf. Inform. Control, Automat. and Robot., Funchal, Portugal. – 2008. – P. 244–249.
15. Hilmar Finnsson. Game-Tree Properties and MCTS Performance / Hilmar Finnsson and Yngvi Björnsson // GIGA 2011: Proceedings of the 2nd International General Game Playing Workshop. – 2011. – P. 23-30.

Отримана/Received : 15.9.2017 р. Надрукована/Printed :9.10.2017 р.
Стаття рецензована редакційною колегією

**Рекомендовано до друку рішенням
Хмельницького регіонального відділення Української технологічної академії,
протокол № 3 від 13.10.2017 р.**

Підп. до друку 26.10.2017 р. Ум.друк.арк. 36,51 Обл.-вид.арк. 34,74
Формат 30x42/4, папір офсетний. Друк різографією.
Наклад 100, зам. № 5713

Надруковано в типографії «ВМВ»
(Свідоцтво про видавничу діяльність ДК № 4612 від 05.09.2013)
Україна, 65069, Одеса, пр-т. Добровольського, 82а
тел. (048) 751-14-87; тел./факс 751-15-80, www.vmv.odessa.ua