

**Інститут кібернетики імені В. М. Глушкова
Національної академії наук України
Кам'янець-Подільський національний університет
імені Івана Огієнка**

МАТЕМАТИЧНЕ ТА КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ

Серія: Технічні науки

Збірник наукових праць

Випуск 12

Кам'янець-Подільський національний університет
імені Івана Огієнка
2015

УДК 004.94:53.072

ББК 30

М34

Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації:
Серія КВ № 14522-3493Р від 25.06.2008 р.

Збірник наукових праць включено до Переліку наукових фахових
видань ДАК Міністерства освіти і науки України з технічних наук
(наказ №1021 від 07 жовтня 2015 р.)

Друкується згідно з рішенням вченої ради Кам'янець-Подільського
національного університету імені Івана Огієнка,
протокол № 3 від 26 березня 2015 року.

Рецензенти:

С. О. Лук'яненко, д.т.н., професор, завідувач кафедри Національного
технічного університету України «Київський політехнічний інститут»;

В. В. Мохор, д.т.н., професор, директор Інституту проблем моделювання в
енергетиці ім. Г. Є. Пухова НАН України.

Редакційна колегія:

Відповідальний редактор

Ю. Г. КРИВОНОС
академік НАНУ, д.ф.-м.н., проф.

Заст. відповідального редактора

А. Ф. ВЕРЛАНЬ
член-кор. НАПНУ, д.т.н., проф.

Відповідальний секретар

В. А. ФЕДОРЧУК
д.т.н., проф.

В. П. БОЮН,

член-кор. НАНУ, д.т.н., проф.

В. В. ВАСИЛЬСВ,

член-кор. НАНУ, д.т.н., проф.

А. ГЕБРЕМЕДІН,

д-р філософії (енергетика), проф.

В. К. ЗАДІРАКА,

академік НАНУ, д.ф.-м.н., проф.

І. М. КОНЕТ,

д.ф.-м.н., проф.

Б. Б. НЕСТЕРЕНКО,

д.т.н., проф.

С. ОТТОСОН,

д-р філософії (фізика), проф.

О. М. ХІМІЧ,

член-кор. НАНУ, д.ф.-м.н., проф.

М34 **Математичне та комп'ютерне моделювання. Серія: Технічні науки** : зб.
наук. праць / Інститут кібернетики імені В. М. Глушкова Національної
академії наук України, Кам'янець-Подільський національний університет
імені Івана Огієнка ; [редкол.: Ю. Г. Кривonos (відп. ред.) та ін.]. —
Кам'янець-Подільський : К-ПНУ, 2015. — Вип. 12. — 184 с.

У збірнику друкуються результати досліджень, що стосуються проблем
застосування математичних моделей у різних галузях людської діяльності.

Для наукових та інженерно-технічних працівників, докторантів, аспірантів,
студентів вищих навчальних закладів.

УДК 004.94:53.072

ББК 30

© Інститут кібернетики імені В. М. Глушкова НАН України, 2015

© Кам'янець-Подільський національний
університет імені Івана Огієнка, 2015

ISSN 2308-5916

**V. M. Glushkov Institute of Cybernetics
of National Academy of Sciences of Ukraine
Kamianets-Podilsky National Ivan Ohienko University**

**MATHEMATICAL AND COMPUTER
MODELLING**

Series: Technical sciences

Scientific journal

ISSUE 12

Kamianets-Podilsky National Ivan Ohienko University
2015

Critics:

S. Lukyanenko, Doctor of Technical Science, Professor,
Head of Department, National Technical University of Ukraine
«Kyiv Polytechnic Institute»;

V. Mohor, Doctor of Technical Science, Professor,
Head of Pukhov Institute for Modelling
in Energy Engineering of the NAS of Ukrain.

Editorial board:

Yu. Krivonos, Academician of the NAS of Ukraine, Doctor
of Physical and Mathematical Sciences, Professor (Executive Editor);

A. Verlan, Corresponding Fellow of the NAPS of Ukraine,
Doctor of Technical Science, Professor (Vice Executive Editor);

V. Fedorchuk, Doctor of Technical Science,
Professor (Responsible Secretary);

V. Boyun, Corresponding Fellow of the NAS of Ukraine,
Doctor of Technical Science, Professor;

A. Gebremedhin, Ph.D. R. Energy, Professor, Norway;

O. Himich, Corresponding Fellow of the NAS of Ukraine, Doctor
of Physical and Mathematical Sciences, Professor;

I. Konet, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor;

B. Nesterenko, Doctor of Technical Science, Professor;

S. Ottosson, Ph.D. Physics, Professor, Norway;

V. Vasiliev, Corresponding Fellow of the NAS of Ukraine,
Doctor of Technical Science, Professor;

V. Zadiraka, Academician of the NAS of Ukraine,
Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor.

Mathematical and computer modelling. Series: Technical sciences:
scientific journal / V. M. Glushkov Institute of Cybernetics of the Na-
tional Academy of Sciences of Ukraine, Kamianets-Podilsky National
Ivan Ohienko University ; [Editorial Board: Yu. Krivonos (Executive
Editor) and others]. — Kamianets-Podilsky : Kamianets-Podilsky Na-
tional Ivan Ohienko University, 2015. — ISSUE 12. — 184 p.

The book publishes results of studies on the mathematical models' appli-
cation problems in various areas of human activity.

Intended for scientific and engineering staff, researchers, undergraduate,
graduate and Ph. D. students, post-graduates.

© V. M. Glushkov Institute of Cybernetics
of NAS of Ukraine, 2015

© Kamianets-Podilsky National
Ivan Ohienko University, 2015

ISSN 2308-5916

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Ali Zada Parviz — Doctor of Technical Science, Professor, Professor OKAN University, Istanbul, Turkey

Білокопитова Майя Володимирівна — студентка Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Maya92.08@mail.ru

Verlan Andrey Anatolievich — Ph. D., Gjovik University College, Gjovik, Norway, verlandr@gmail.com

Верлань Дмитро Анатолійович — аспірант Київського національного університету імені Тараса Шевченка, м. Київ, dmitriverlan@gmail.com

Власюк Анатолій Павлович — доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри інформаційних систем та обчислювальних методів Міжнародного економіко-гуманітарного університету ім. академіка С. Дем'янчука, м. Рівне, A.P.Vlasyuk.rv@gmail.com

Гук Наталія Анатоліївна — доктор фізико-математичних наук, професор, завідувач кафедри комп'ютерних наук Дніпропетровського національного університету ім. Олеся Гончара, м. Дніпропетровськ

Дячук Олександр Анатолійович — кандидат технічних наук, старший науковий співробітник державної установи Інститут економіки та прогнозування НАН України, м. Київ, diachuk@ief.org.ua

Жуковський Віктор Володимирович — старший викладач кафедри прикладної математики Національного університету водного господарства та природокористування, м. Рівне, ZeonET@gmail.com

Іванюк Віталій Анатолійович — кандидат технічних наук, доцент кафедри інформатики Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка, м. Кам'янець-Подільський

Yilmaz Murat — Ph. D., University of Illinois at Urbana-Champaign, IL, USA

Ірмухаметова Рано Мархазітовна — старший викладач Ташкентського державного технічного університету, м. Ташкент, Узбекистан

Кадиров Мірхусан Мірпулатовіч — старший викладач Ташкентського державного технічного університету, м. Ташкент, Узбекистан

Кисельов Владлен Борисович — асистент Черкаського державного технологічного університету, м. Черкаси

Кисельова Ганна Олексіївна — старший викладач Черкаського державного технологічного університету, м. Черкаси

Климюк Юрій Євгенійович — кандидат технічних наук, Рівненський державний гуманітарний університет, м. Рівне

Костьян Наталія Леонідівна — старший викладач Київського національного університету технологій та дизайну, м. Київ, k_n_l@mail.ru

Магас Олексій Сергійович — аспірант кафедри обчислювальної математики та математичної кібернетики Дніпропетровського національного університету ім. Олеся Гончара, м. Дніпропетровськ, darth.xelam@gmail.com

Мажара Ольга Олександрівна — аспірант Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, olyamazhara@gmail.com

Махович Олександр Іванович — аспірант кафедри інформатики Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка, м. Кам'янець-Подільський, umismag@gmail.com

Ободан Наталія Іллівна — доктор технічних наук, професор, професор кафедри обчислювальної математики та математичної кібернетики Дніпропетровського національного університету імені Олеся Гончара, м. Дніпропетровськ, vobodan@mail.ru

Огородник Ольга Євгенівна — магістрант Університет міста Йовіка, м. Йовік, Норвегія, olka_ukr@yahoo.com

Петрик Михайло Романович — доктор фізико-математичних наук, доцент, завідувач кафедри програмної інженерії Тернопільського національного технічного університету ім. І. Пулюя, м. Тернопіль, Mykhaylo_Petryk@tu.edu.te.ua

Пенеділок Вадим Віталійович — аспірант кафедри інформатики Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка, м. Кам'янець-Подільський

Протасов Сергій Юрійович — кандидат технічних наук, Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси, protasov_sergey@mail.ru

Сагатов Міразіз Варісович — доктор технічних наук, професор, професор Ташкентського державного технічного університету, м. Ташкент, Узбекистан

Sterten Jo — Assistant Professor, Gjovik University College, Hogskolen i Gjovik, Norway

Тихоход Володимир Олександрович — кандидат технічних наук, старший викладач кафедри автоматизації проектування енергетичних процесів та систем Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, tikhokhod@mail.ru

Tuncay R. Nejat — Doctor of Technical Science, Professor, Professor OKAN University, Istanbul, Turkey

Ustun OZgur — Ph. D., Istanbul Technical University, Istanbul, Turkey

Фуртат Юрій Олегович — аспірант Інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України, м. Київ, saodhar@ukr.net

Чевська Крістіна Сергіївна — асистент кафедри інформатики Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка, м. Кам'янець-Подільський

Чмирь Ігор Олексійович — доктор технічних наук, доцент, професор Одеського державного екологічного університету, м. Одеса, chimir@mail.ru

Шапалова Світлана Ігорівна — кандидат технічних наук, доцент Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, lana@aprodos.kpi.ua

АЛФАВІТНИЙ ПОКАЖЧИК АВТОРІВ

А		О	
Ali Zada P.	116	Ободан Н. І.	84
		Огородник О. Є.	15
Б		П	
Білокопитова М. В.	173	Петрик М. Р.	141
В		Понеділок В. В.	36
Верлань А. А.	5,15	Протасов С. Ю.	65
Верлань Д. А.	24	С	
Власюк	161	Сагатов М. В.	92
Г		Sterten Jo	5, 15
Гук Н. А.	84	Т	
Д		Тихоход В. О.	101
Дячук О. А.	101	Tuncay R. N.	116
Ж		У	
Жуковський В. В.	161	Ustun O.	116
І		Ф	
Іванюк В. А.	36	Фуртат Ю. О.	125
Yılmaz M.	116	Ч	
Ірмухаметова Р. М.	92	Чевська К. С.	24
К		Чмирь І. О.	125
Кадиров М. М.	92	Ш	
Кисельов В. Б.	42	Шаповалова С. І.	131
Кисельова Г. О.	42		
Климюк Ю. Є.	50		
Костьян Н. Л.	65		
М			
Магас О. С.	84		
Мажара О. О.	131		
Махович О. І.	77		

Інститут кібернетики імені В. М. Глушкова
Національної академії наук України
Кам'янець-Подільський національний університет
імені Івана Огієнка

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

МАТЕМАТИЧНЕ ТА КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ

Серія: Технічні науки

Збірник наукових праць

Випуск 12

Підписано до друку 12.10.2015 р. Гарнітура «Таймс».
Папір офісний. Друк різнографічний.
Формат 60x84/16. Умовн. друк. арк. 10,7. Обл.-вид. арк. 9,6.
Тираж 100. Зам. № 688.

Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка,
вул. Огієнка, 61, м. Кам'янець-Подільський, 32300.
Свідоцтво серії ДК № 3382 від 05.02.2009 р.

Надруковано в Кам'янець-Подільському національному
університеті імені Івана Огієнка,
вул. Огієнка, 61, м. Кам'янець-Подільський, 32300.
Свідоцтво серії ДК № 3382 від 05.02.2009 р.