

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 13**

Кам'янець-Подільський національний університет  
імені Івана Огієнка  
2016

УДК 004.94:53.072

ББК 30

М34

Свідцтво 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.)

Друкуються згідно з рішенням вченої ради Кам'янець-Подільського  
національного університету імені Івана Огієнка,  
протокол № 4 від 28 квітня 2016 року.

#### Рецензенти:

**І. В. Бейко**, доктор технічних наук, професор, Національний технічний  
університет України «Київський політехнічний інститут»;

**Р. Н. Квстний**, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри  
Вінницького національного технічного університету.

#### Редакційна колегія:

**Ю. Г. Кривонос**, академік НАНУ, доктор фізико-математичних наук,  
професор (*відповідальний редактор*);

**А. Ф. Верлань**, член-кореспондент НАПНУ,

доктор технічних наук, професор (*заст. відповідального редактора*);

**В. А. Федорчук** доктор технічних наук, професор (*відповідальний секретар*);

**Т. Бокалруд**, доктор філософії, професор, Норвегія;

**В. П. Боюн**, член-кореспондент НАНУ, доктор технічних наук, професор;

**В. В. Васильєв**, член-кореспондент НАНУ, доктор технічних наук, професор;

**А. А. Верлань**, доктор філософії, професор, Норвегія;

**В. К. Задірака**, академік НАНУ, доктор фізико-математичних наук, професор

**І. М. Конет**, доктор фізико-математичних наук, професор;

**Б. Б. Нестеренко**, доктор технічних наук, професор;

**С. А. Положаєнко**, доктор технічних наук, професор;

**О. М. Хімич**, член-кореспондент НАНУ, доктор фізико-математичних наук, професор.

**Математичне та комп'ютерне моделювання. Серія: Технічні науки** : зб.  
наук. праць / Інститут кібернетики імені В. М. Глушкова Національної  
М34 академії наук України, Кам'янець-Подільський національний університет  
імені Івана Огієнка ; [редкол.: Ю. Г. Кривонос (відп. ред.) та ін.]. —  
Кам'янець-Подільський : Кам'янець-Подільський національний університет  
імені Івана Огієнка, 2016. — Вип. 13. — 220 с.

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

Збірник включений до бази даних наукових журналів Норвегії.

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, 2016

© Кам'янець-Подільський національний  
університет імені Івана Огієнка, 2016

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 13**

Kamianets-Podilsky National Ivan Ohienko University  
2016

### Critics:

**I. Beyko**, Doctor of Technical Science, Professor,  
National Technical University of Ukraine  
«Kyiv Polytechnic Institute»;

**R. Kvyetnyy**, Doctor of Technical Science, Professor,  
Head of department Vinnytsia national technical university.

### Editorial board:

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

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

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

**T. Bokalrud**, Associate Professor, Norway;

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

**A. A. Verlan**, Ph.D., Professor, Norway;

**O. Himich**, Corresponding Member 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. Polozhaenko**, Doctor of Technical Science, Professor;

**V. Vasiliev**, Corresponding Member 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 National Academy of Sciences of Ukraine, Kamianets-Podilsky National Ivan Ohienko University ; [Editorial Board: Yu. Krivonos (Executive Editor) and others]. — Kamianets-Podilsky : Kamianets-Podilsky National Ivan Ohienko University, 2016. — ISSUE 13. — 220 p.

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

Joint with NTNU the journal has been included to the database of Norwegian Register for Scientific Journals, Series and Publishers.

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, 2016

© Kamianets-Podilsky National  
Ivan Ohienko University, 2016

ISSN 2308-5916

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 13

---

---

Підписано до друку 05.05.2016 р. Гарнітура «Таймс».  
Папір офсетний. Друк різнографічний.  
Формат 60x84/16. Умовн. друк. арк. 12,8. Обл.-вид. арк. 11,5.  
Тираж 100. Зам. № 744.

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.