

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»

MINISTRY OF EDUCATION
AND SCIENCE OF UKRAINE

National Technical University
"Kharkiv Polytechnic Institute"

**Вісник Національного
технічного університету
«ХПІ». Серія: Математичне
моделювання в техніці та
технологіях**

№ 8 (1333) 2019

Збірник наукових праць

Видання засноване у 1961 р.

**Bulletin of the National
Technical University
"KhPI". Series: Mathematical
modeling in engineering and
technologies**

No. 8 (1333) 2019

Collection of Scientific papers

The edition was founded in 1961

Харків
НТУ «ХПІ», 2019

Kharkiv
NTU "KhPI", 2019

Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Математичне моделювання в техніці та технологіях = Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: Mathematical modeling in engineering and technologies: зб. наук. пр. / Нац. техн. ун-т «Харків. політехн. ін-т». — Харків : НТУ «ХПІ», 2019. — № 8 (1333) 2019. — 298 с. — ISSN 2222-0631.

У збірнику наведені результати створення, верифікації та впровадження нових математичних методів та моделей для проектування і дослідження зразків сучасної техніки, виробничих процесів та інформаційних технологій різноманітного призначення.

Для науковців, викладачів вищої школи, аспірантів, студентів і фахівців в галузях, де застосовується математичне моделювання в техніці та технологіях.

The Bulletin presents the results of development, verification, and implementation of new mathematical methods and models aimed at designing and investigating samples of innovative techniques, manufacturing processes, and information technologies with diverse applications.

The Bulletin is intended for scientists, university teachers, post-graduate students, and specialists in the fields involving mathematical modeling in engineering and technologies.

Державне видання

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

Мова статей – українська, російська, англійська.

Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Математичне моделювання в техніці та технологіях внесено до «Переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук», затвердженого Наказом МОН України № 1328 від 21.12.2015 р. «Про затвердження рішень Атестаційної колегії Міністерства щодо діяльності спеціалізованих вчених рад від 15 грудня 2015 року»

Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Математичне моделювання в техніці та технологіях включений до зовнішніх інформаційних систем, у тому числі індексується у Google Scholar та ICI Journals Master List 2017, зареєстрований у світовому каталозі періодичних видань бази даних Ulrich's Periodicals Directory (New Jersey, USA).

Офіційний сайт видання <http://vestnik.kpi.kharkov.ua/mmtt>

Засновник

Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»

Founder

National Technical University
"Kharkiv Polytechnic Institute"

Головний редактор

Сокол Є. І., д-р техн. наук, чл.-кор. НАН України

Заст. головного редактора

Марченко А. П., д-р техн. наук, проф.

Секретар

Горбунов К. О., доц., НТУ «ХПІ», Україна

Редакційна колегія серії

Відповідальний редактор:

В. А. Ванін, д-р техн. наук, проф.

Заст. відповідального редактора:

Ю. В. Міхлін, д-р фіз.-мат. наук, проф.

Відповідальний секретар:

О. О. Набока, канд. фіз.-мат. наук.

Члени редколегії: Ю. Л. Геворкян, канд. фіз.-мат. наук, проф.; О. Л. Григор'єв, д-р техн. наук, проф.; В. К. Дубовий, д-р фіз.-мат. наук, проф.; Л. В. Курпа, д-р техн. наук, проф.; О. С. Куценко, д-р техн. наук, проф.; О. М. Литвин, д-р фіз.-мат. наук, проф.; Л. М. Любчик, д-р техн. наук, проф.; О. Г. Ніколаєв, д-р фіз.-мат. наук, проф.; М. В. Новожилова, д-р фіз.-мат. наук, проф.; В. М. Олексенко, д-р пед. наук, канд. фіз.-мат. наук, проф.; В. П. Ольшанський, д-р фіз.-мат. наук, проф.; М. Ф. Пацегон, д-р фіз.-мат. наук, проф.; Ю. І. Першина, д-р фіз.-мат. наук, доц.; А. Г. Руткас, д-р фіз.-мат. наук, проф.; В. П. Северин, д-р техн. наук, проф.; Є. Г. Янютін, д-р техн. наук, проф.; Alexander Kheifets, PhD. Phys.-Math. Sci., Prof., USA; Andriy Nosych, PhD. Phys.-Math. Sci., Scientist, Spain; Vitaliy Mezhuhev, Sc. D. in Information Technology, Malaysia.

Editor-in-chief

Sokol E. I., Dr. Tech. Sc., Member-Cor. of National Academy of Sciences of Ukraine, NTU "KhPI"

Deputy editor-in-chief

Marchenko A. P., Dr. Tech. Sc., Prof., NTU "KhPI", Ukraine

Secretary

Gorbunov K. O., Docent, NTU "KhPI", Ukraine

Editorial staff

Executive Editor: V. A. Vanin, Dr. Tech. Sci., Prof.

Deputy Executive Editor:

Yu. V. Mikhlin, Dr. Phys.-Math. Sci., Prof.

Executive Secretary:

O. O. Naboka, PhD. Phys.-Math. Sci.

Members of the Editorial Board: Yu. L. Gevorkyan, PhD. Phys.-Math. Sci., Prof.; O. L. Grigoriev, Dr. Tech. Sci., Prof.; V. K. Dubovyy, Dr. Phys.-Math. Sci., Prof.; L. V. Kurpa, Dr. Tech. Sci., Prof.; O. S. Kutsenko, Dr. Tech. Sci., Prof.; O. M. Litvin, Dr. Phys.-Math. Sci., Prof.; L. M. Lyubchik, Dr. Tech. Sci., Prof.; O. G. Nikolaev, Dr. Phys.-Math. Sci., Prof.; M. V. Novozhilova, Dr. Phys.-Math. Sci., Prof.; V. M. Oleksenko, Dr. Ped. Sci., PhD. Phys.-Math. Sci., Prof.; V. P. Ol'shanskii, Dr. Phys.-Math. Sci., Prof.; N. F. Patsegon, Dr. Phys.-Math. Sci., Prof.; Yu. I. Pershina, Dr. Phys.-Math. Sci., Docent; A. U. Rutkas, Dr. Phys.-Math. Sci., Prof.; V. P. Severin, Dr. Tech. Sci., Prof.; Ye. G. Yanyutin, Dr. Tech. Sci., Prof.; Alexander Kheifets, PhD. Phys.-Math. Sci., Prof., USA; Andriy Nosych, PhD. Phys.-Math. Sci., Scientist, Spain; Vitaliy Mezhuhev, Sc. D. in Inf. Tech., Malaysia.

Рекомендовано до друку Вченою радою НТУ «ХПІ». Протокол № 5 від 23 квітня 2019 р.

ЗМІСТ

Математичне моделювання складних систем

<i>Абрамов Г. С., Абрамов М. Г.</i> Коалесценция как асимптотическая стадия процесса внутреннего окисления.....	5
<i>Алексеев С. В.</i> Расчет конвективного теплообмена в задачах об обледенении аэродинамических поверхностей.....	10
<i>Бомба А. Я., Климюк Ю. Є.</i> Комп'ютерне прогнозування підвищення ефективності доочистки води після застосування коагуляції у швидких багат шарових фільтрах	19
<i>Бомба А. Я., Турбал Ю. В., Турбал М. Ю.</i> Модифікація «пірамідального» методу екстраполяції часових рядів на основі $\mu\lambda$ – похідних	28
<i>Бразалук Ю. В.</i> Применение метода граничных элементов для численного решения линейных краевых задач в областях с сильно сегментированной границей.....	34
<i>Ванин В. А., Кругол Н. М., Лазуренко А. П.</i> Математические модели систем обеспечения работы котлоагрегата ТЭС в задаче повышения его энергоэффективности	41
<i>Ванин В. А., Светличный С. П.</i> Использование средств параметрического моделирования для создания численной модели мягкого тела на основе метода SPH.....	48
<i>Вахненко В. О.</i> Блукаюча хвиля в гомоклінічному підході.....	55
<i>Венгрович Д. Б.</i> Дослідження компактонів в напружених ланцюгах куль	60
<i>Vorobiyenko P. P., Dmitrieva I. YU.</i> Analytic solution of the differential Maxwell system and its numerical implementation.....	68
<i>Воропаев Г. А., Баскова А. А.</i> Моделирование процесса перехода в трубах со спиральным гофрированием.....	75
<i>Воропаев Г. А., Димитрієва Н. Ф.</i> Чисельне моделювання вихорових течій в напівциліндричному заглибленні за допомогою відкритих пакетів SALOME, OpenFOAM, Paraview.....	81
<i>Воропаев Г. А., Загуменний Я. В.</i> Управление динамическими характеристиками обтекаемого колеблющегося крыла.....	87
<i>Воропаев Г. А., Розумнюк Н. В.</i> Моделирование нестационарного пограничного слоя на структурированной поверхности	93
<i>Воскобойник В. А., Воскобойник А. А., Турик В. Н., Воскобойник А. В.</i> Моделирование генерации вихревых структур парой овальных лунок.....	98
<i>Гуржий А. А., Кордас И. О., Никифорович Е. И., Черный Д. И.</i> Применение метода дискретных особенностей при составлении краткосрочного прогноза распространения загрязнений на морской поверхности.....	104
<i>Довгий С. О., Буланчук О. М., Буланчук Г. Г.</i> Комп'ютерна програма по моделюванню аеродинаміки міських районів методом дискретних вихорів	110
<i>Жученко С. В.</i> Результаты численного моделирования термозодинамики кассеты твэлов ядерного реактора на быстрых нейтронах	115
<i>Катан В. А.</i> Применение сингулярных интегралов в смысле конечной части по Адамару для ударных задач гидромеханики	121
<i>Килинник В. Ю., Тишковець О. В., Крютченко Д. В., Науменко Ю. В.</i> Коливання рідини в циліндрично-конічній оболонці під дією вертикального збудження.....	127
<i>Крютченко Д. В., Гнітько В. І., Шувалова Ю. С.</i> Метод дискретних особливостей в задачах аналізу коливань резервуарів з рідиною при горизонтальних та вертикальних навантаженнях.....	133
<i>Malash K. M., Bomba A. YA.</i> Spatial generalization of the explosion process mathematical model using quasiconformal mappings methods.....	138
<i>Москаленко Р. П., Пальчиков Р. Г., Стрельнікова О. О.</i> Метод гіперсингулярних інтегральних рівнянь в задачах вільних та вимушених коливань лопатей гідротурбін при взаємодії з рідиною	144
<i>Остапенко А. О., Буланчук Г. Г.</i> Моделювання обтікання перешкод методом ґраткових рівнянь Больцмана при великих числах Рейнольдса	149
<i>Панченко Б. Е.</i> О численном исследовании систем сингулярных интегральных уравнений первого рода и с неопределяемым индексом с учетом числа обусловленности СЛАУ	155

<i>Полянская Т. С.</i> Дискретная математическая модель одного гиперсингулярного интегрального уравнения	164
<i>Рудницький О. Г., Рудницька М. О., Ткаченко Л. В.</i> Фрактальна та морфологічна обробка у фазово-контрастній магніто-резонансній ангиографії	170
<i>Сафоник А. П., Присяжнюк О. В., Пасічник В. А.</i> Моделювання процесу очищення стічних вод методом електрокоагуляції в неізотермічних умовах	175
<i>Сохацький А. В.</i> Моделювання аеродинаміки несучих систем поблизу землі	181
<i>Терещенко Л. М., Воскобійник В. А., Воскобійник О. А., Воскобійник А. В.</i> Фізичне моделювання течії через двопелюстковий механічний серцевий клапан	186
<i>Удовенко В. А., Гладышев А. И.</i> Аэродинамические характеристики несущего винта вертолёта в спутном следе другого вертолёта	192
<i>Шеховцов А. В.</i> Выражения для функции тока, скорости и завихренности вязкого нестационарного течения с проскальзыванием от вихря вблизи стенки и в канале	199
Фундаментальні та прикладні дослідження	
<i>Батыгин Ю. В., Ерёмин Е. Ф., Чаплыгин Е. А., Стрельникова В. А.</i> Электродинамические процессы в инструментах магнитно-импульсного притяжения при прямом пропускании тока через обрабатываемый металл	207
<i>Кожушко А. П., Набока О. О., Григор'єв О. Л.</i> Спектральні ефекти та теореми про властивості пучка симетричних матриць в задачах динаміки складних механічних систем	214
<i>Мельник О. С., Миколушко А. М.</i> Репрограмовані мультиплексорні наносхеми	224
<i>Нечуйвітер О. П., Чорна О. С., Дараган К. В., Підлісний О. В., Чорний С. О.</i> Нові інформаційні оператори в задачах чисельного інтегрування функцій двох змінних	232
<i>Новиков Ф. В., Полянский В. И.</i> Аналитическое определение технологических параметров механической обработки	239
<i>Ольшанський В. П.</i> Порівняння наближених розв'язків інтегрального рівняння сили удару тіл в теорії Герца	244
<i>Ольшанський В. П., Ольшанський С. В., Сліпченко М. В.</i> Нестационарні коливання мембрани на однобічній пружній основі, спричинені силовим імпульсом	249
<i>Pershyna S. A., Tokmakova I. A., Dumych YE. A.</i> Construction of discontinuous interlineation polynomial splines for functions of two variables	256
<i>Petrova R. V., Liubicheva O. I., Morozova A. I.</i> Mathematical models and informational technologies of innovative project arrangement in the stakeholders' system	263
<i>Tokmakova I. A.</i> Representation of real numbers by Fibonacci sequence	268
<i>Cheremskaya N. V.</i> Dependence of prognosis and filtration failure on different values of parameters for some classes of non-stationary random sequences	274
Наукові гіпотези та перспективні технології	
<i>Григорьев А. Л.</i> Гносеологический анализ целей и основных принципов организации управляемой эволюции белковых тел	283

CONTENTS

Mathematical modeling of composite systems

<i>Abramov G. S., Abramov M. G.</i> Coalescence as asymptotic stage of internal oxidation process	5
<i>Alekseyenko S. V.</i> Mathematical model of H-polarized wave radiation from longitudinal slots of a cylindrical antenna.....	10
<i>Bomba A. YA., Klymyuk YU. YE.</i> Computer prediction of improving efficiency of water purification after coagulation in rapid multilayer filters	19
<i>Bomba A. YA., Turbal YU. V., Turbal M. YU.</i> $\mu\lambda$ – derivative based modification of «pyramidal» time series extrapolation method	28
<i>Brazaluk IU. V.</i> Boundary element method application to numerical solving of linear boundary-value problems in domains with strongly segmented boundary	34
<i>Vanin V. A., Kruhol M. M., Lasurenko O. P.</i> Mathematical models of thermal power plant boiler operation systems in the problem of the boiler energy efficiency improvement.....	41
<i>Vanin V. A., Svetlichnyy S. P.</i> Application of parametric modeling tools for creation of numerical model of a soft body using SPH method.....	48
<i>Vakhnenko V. O.</i> The rogue wave in a homoclinic approach	55
<i>Vengrovich D. B.</i> Investigation of compactons in prestressed chains of balls	60
<i>Vorobiyenko P. P., Dmitrieva I. YU.</i> Analytic solution of the differential Maxwell system and its numerical implementation.....	68
<i>Voropaiev G. A., Baskova A. A.</i> Modeling of transition process in tubes with spiral corrugation.....	75
<i>Voropaiev G. A., Dimitrieva N. F.</i> Numerical simulation of vortex flows in a semi-cylindrical dimple using SALOME, OpenFOAM, Paraview open source packages.....	81
<i>Voropaiev G. A., Zagumennyi Y. V.</i> Control of dynamic characteristics of an oscillating wing in the oncoming free stream.....	87
<i>Voropaiev G. A., Rozumnyuk N. V.</i> Modeling of non-stationary boundary layer over a structured surface	93
<i>Voskoboinick V. A., Voskoboinick O. A., Turick V. N., Voskoboinick A. V.</i> Modeling of vortex structure generation by pair of oval dimples	98
<i>Gourjii A. A., Kordas O. I., Nikiforovich E. I., Cherniy D. I.</i> Application of the method of discrete singularities in short-term forecasting of pollution propagation on the sea surface	104
<i>Dovgiy S. O., Bulanchuk O. M., Bulanchuk G. G.</i> Computer program for simulation of urban areas aerodynamics by discrete vortices method.....	110
<i>Zhuchenko S. V.</i> Results of computer modeling of termogas dynamics of fast-neutron nuclear reactor fuel slug	115
<i>Katan V. A.</i> Using singular integrals in the sense of Hadamard finite part for water entry problems of gydromechanics.....	121
<i>Kylynyk V. YU., Tishkovetz YE. V., Kriutchenko D. V., Naumenko YU. V.</i> Fluid vibrations in cylindrical-conical shell under vertical excitation.....	127
<i>Kriutchenko D. V., Gnitko V. I., Shuvalova Yu. S.</i> Method of discrete singularities for problems of analysis of vibrations of liquid filled tanks under horizontal and vertical load.....	133
<i>Malash K. M., Bomba A. YA.</i> Spatial generalization of the explosion process mathematical model using quasiconformal mappings methods.....	138
<i>Moskalenko R. P., Palchikov R. G., Strelnikova E. A.</i> Method of hypersingular integral equations for problems of free and forced vibrations of turbine blades interacting with liquid.....	144
<i>Ostapenko A. A., Bulanchuk G. G.</i> Simulation of the flow over obstacles with the lattice Boltzmann method at large Reynolds numbers.....	149
<i>Panchenko B. E.</i> On the numerical investigation of systems of singular integral equations of the first kind and with an indefinable index with regard to the SLAE condition number.....	155
<i>Polyanskaya T. S.</i> Discrete mathematical model of a hypersingular integral equation	164
<i>Rudnitskii A. G., Rudnytska M. A., Tkachenko L. V.</i> Fractal and morphological processing for phase contrast MRI	

image of the aortic lumen	170
Safonyk A. P., Prysiazniuk O. V., Pasichnyk V. A. Modeling of process of wastewater treatment by electrocoagulation in non-isothermal conditions	175
Sokhatsky A. V. Modeling aerodynamics of bearing systems in the near-ground region	181
Tereshchenko L. N., Voskoboinick V. A., Voskoboinick O. A., Voskoboinick A. V. Physical modeling of flow across the bileaflet mechanical heart valve	186
Udoenko V. A., Gladyshev A. I. Aerodynamic characteristics of the helicopter main rotor in the wake of another helicopter	192
Shekhovtsov A. V. Expressions for the stream function, velocity and vorticity of the viscous unsteady flow with slip induced by vortex near the wall and in the channel.....	199
Fundamental and applied studies	
Batygin YU. V., Yeryomina O. F., Chaplygin E. O., Strelnikova V. A. Electrodynamic processes in instruments of magnetic-pulse attraction at direct current passing through the handled metal	207
Kozhushko A. P., Naboka O. O., Grigoriev O. L. Spectral effects and theorems on symmetric matrix bundle spectrum properties in composite mechanical system dynamical problems.....	214
Melnyk O. S., Mikolushko A. M. Reprogrammable multiplexer nanocircuits	224
Nechuiviter O. P., Chorna O. S., Darahan K. V., Pidlisnyi O. V., Chorny S. O. New informational operators in problems of numerical integration of functions of two variables	232
Novikov F. V., Polyansky V. I. Analytic determination of technological parameters of mechanical processing	239
Olshanskiy V. P. Comparison of approximate solutions to impact strength integral equation in the framework of Hertz theory	244
Olshanskiy V. P., Olshanskiy S. V., Slipchenko M. V. Nonstationary oscillations of the membrane on a one-sided elastic base, caused by a force impulse	249
Pershyna S. A., Tokmakova I. A., Dumych YE. A. Construction of discontinuous interlineation polynomial splines for functions of two variables.....	256
Petrova R. V., Liubicheva O. I., Morozova A. I. Mathematical models and informational technologies of innovative project arrangement in the stakeholders' system.....	263
Tokmakova I. A. Representation of real numbers by Fibonacci sequence.....	268
Cheremskaya N. V. Dependence of prognosis and filtration failure on different values of parameters for some classes of non-stationary random sequences.....	274
Scientific hypotheses and perspective technologies	
Grigoriev A. L. Gnoseological analysis of the goals and basic principles of the organization of the controlled evolution of protein bodies.....	283

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

ВІСНИК НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ «ХП».
СЕРІЯ: МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ В ТЕХНІЦІ ТА
ТЕХНОЛОГІЯХ

Збірник наукових праць

№ 8 (1333) 2019

Науковий редактор д-р техн. наук, проф. Ванін В. А.
Технічний редактор Нижник С. Д.
Редактор англійських текстів канд. фіз.-мат. наук Набока О. О.

Відповідальний за випуск Костякова Е. В.

АДРЕСА РЕДКОЛЕГІЇ: 61002, Харків, вул. Кирпичова, 2, НТУ «ХП».
Кафедра вищої математики.
Тел.: (057) 707-60-35, (057) 707-60-87; e-mail: kpi.mmtt@gmail.com
Сайт: vestnik.kpi.kharkov.ua/mmtt

Обл.-вид. № 4-19.

Підп. до друку 11.05.2019 р. Формат 60 × 84 1/8. Папір офсетний.
Друк офсетний. Гарнітура Таймс. Умов. друк. арк. 16,0. Облік.-вид. арк. 17,5.
Тираж 100 пр. Зам. № 194055. Ціна договірна.

Видавничий центр НТУ «ХП». Свідоцтво про державну реєстрацію
суб'єкта видавничої справи ДК № 5478 від 21.08.2017 р.
61002, Харків, вил Кирпичова, 2

Видавництво «Стильна типографія»
61002, м. Харків, вул. Чернишевська, 28А
Тел.: (057) 754-49-42
e-mail: zebraprint.zakaz@gmail.com
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
серія ДК №5493 від 22.08.2017 р.