



## ПРОБЛЕМИ ОБЧИСЛЮВАЛЬНОЇ МЕХАНІКИ І МІЦНОСТІ КОНСТРУКЦІЙ

PROBLEMS OF COMPUTATIONAL MECHANICS  
AND STRENGTH OF STRUCTURES

**29**

ВИПУСК

**2019**

Збірник внесено до переліку  
наукових фахових видань  
постановою Президії ВАК України

від 12 травня 2015 р. №528  
фізико- математичні,  
технічні науки

З 2014 р. збірник індексується в  
науково-метричній базі даних  
«Index Co-pernicus». Значення  
показника Index Copernicus Value  
(ICV) за 2018 рік склало 74.24

**ЗАСНОВАНИЙ**  
**у липні 1997 року**

**ВИХОДИТЬ 2 рази на рік**

**СВІДОЦТВО**  
про державну реєстрацію  
друкованого засобу  
масової інформації  
серія KB № 23289-13129ПР  
від 11.04.2018 року

**РЕКОМЕНДОВАНО до друку**  
Вченою радою  
Дніпровського  
національного університету  
імені Олеса Гончара  
протокол №7  
від 20 грудня 2018 р.

**ЗАСНОВНИК І ВИДАВЕЦЬ**  
Дніпровський  
національний університет  
імені Олеса Гончара

**АДРЕСА РЕДКОЛЕГІЇ:**  
49010, м. Дніпро,  
пр. Гагаріна, 72,  
Дніпровський  
національний університет  
імені Олеса Гончара,  
корп. 5а, кімн. 12,  
e-mail: compumech@ua.fm

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ  
MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE

---

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара  
Днепровский национальный университет имени Олеся Гончара  
Oles Honchar Dnipro National University

**ПРОБЛЕМИ  
ОБЧИСЛЮВАЛЬНОЇ МЕХАНІКИ  
І МІЦНОСТІ КОНСТРУКЦІЙ**

*Збірник наукових праць*

**ПРОБЛЕМЫ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МЕХАНИКИ  
И ПРОЧНОСТИ КОНСТРУКЦИЙ**

*Сборник научных трудов*

**PROBLEMS OF COMPUTATIONAL MECHANICS  
AND STRENGTH OF STRUCTURES**

*Collection of scientific articles*

**29**

випуск

Видається  
з 1997 р.

Дніпро  
Ліра  
2019

**УДК 539.3**

**П78**

**Проблеми обчислювальної механіки і міцності конструкцій:**  
зб. наук. праць / редкол.: А. П. Дзюба (відп. ред.) та ін. – Дніпро: Ліра, 2019.  
– Вип. 29. – 272 с. Укр., рос. та англ. мовами.

Наведені нові результати теоретичних, числових і експериментальних досліджень в галузі механіки деформівного твердого тіла, динаміки, міцності та оптимального проектування механічних систем і конструкцій. Розглянуті проблеми розробки математичних моделей, методів та числових алгоритмів, теоретичного обґрунтування розрахункових, технологічних і проектних рішень та їх застосування до розв'язування прикладних задач.

Для наукових співробітників, інженерів-механіків та аспірантів, а також як навчальний посібник в галузі динаміки, міцності та комп'ютерної механіки для магістрів і студентів старших курсів.

**Проблемы вычислительной механики и прочности конструкций:**  
сб. научн. трудов / редкол.: А. П. Дзюба (отв. ред.) и др. – Днепр: Лира, 2019.  
– Вып. 29. – 272 с. На укр., рус. и англ. языках.

Приведены новые результаты теоретических, численных и экспериментальных исследований в области механики деформируемого твердого тела, динамики, прочности и оптимального проектирования механических систем и конструкций. Рассмотрены проблемы разработки математических моделей, методов и численных алгоритмов, теоретического обоснования расчетных, технологических и проектных решений, а также их применение к решению практических задач.

Для научных сотрудников, инженеров-механиков и аспирантов, а также как учебное пособие в области динамики, прочности и компьютерной механики для магистров и студентов старших курсов.

**Problems of Computational Mechanics and Strength of Structures:**  
Col. of sci. art. / edit. board: A. P. Dzyuba (editor-in chief) and other. – Dnipro: Lira, 2019. – Vol. 29. – 272 p. In Ukr., Rus. and Engl.

New results of theoretical, numerical and experimental researches in solid mechanics, dynamics, strength and optimal design of mechanical systems and constructions are given. The problems of the development of mathematical models, methods and numerical algorithms, theoretical basis of calculation, technological and design solutions as well as their application to the solution of practical problems are considered.

It recommended for research associates, mechanical engineers and graduate students for graduates and last year students, as a manual in dynamics, strength and computational mechanics.

*Матеріали випуску рекомендовані до друку вченою радою Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара згідно з планом видань на 2019 р. (протокол № 7 від 20 грудня 2018 р.).*

**ISSN 2079-1836**

© Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, 2019

© Автори статей, 2019

## РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

Д-р техн. наук, проф. **А. П. Дзюба** (відповідальний редактор); докт. фіз.-мат. наук, доц. **Е. Л. Гарт** (заступник відповідального редактора); **І. А. Сафронова** (відповідальний секретар); д-р фіз.-мат. наук, проф. **І. Андріанов** (Німеччина); д-р техн. наук, проф. **Ю. С. Воробйов** (м. Харків); д-р фіз.-мат. наук, проф. **О. Я. Григоренко** (м. Київ); д-р техн. наук, проф. **В. З. Грицак** (м. Запоріжжя); чл.-кор. НАНУ, д-р техн. наук, проф. **В. С. Гудрамович**; д-р фіз.-мат. наук, проф. **О. Євкін** (Канада); д-р мат. наук, проф. **Р. А. Іскандеров** (Азербайджан); д-р техн. наук, проф. **О. С. Каіров** (м. Миколаїв); д-р фіз.-мат. наук, проф. **В. І. Кузьменко**; д-р фіз.-мат. наук, проф. **Ю. Лапуста** (Франція); д-р фіз.-мат. наук, проф. **Ф. С. Латіфов** (Азербайджан); д-р фіз.-мат. наук, проф. **В. В. Лобода**; д-р фіз.-мат. наук, проф. **В. П. Пилипчук** (США); д-р фіз.-мат. наук, проф. **В. І. Пожуйєв**; д-р техн. наук, с. н. с. **Ю. М. Селіванов**; д-р фіз.-мат. наук, проф. **П. О. Стеблянко** (м. Кам'янське); д-р наук, проф. **В. Торопов** (Великобританія); д-р фіз.-мат. наук, проф. **Ю. А. Черняков**

**Рецензенти:** д-р фіз.-мат. наук, проф. **А. М. Пасічник**,  
д-р техн. наук, проф. **С. М. Гребенюк**

## BOARD OF EDITORS

Dr. Sci. (Tech.), Prof. **A. P. Dzyuba** (editor-in chief); Dr. Sci. (Phys.-Math.), Associate professor **E. L. Hart** (deputy editor-in chief); **I. A. Safronova** (assistant editor); Dr. Sci. (Phys.-Math.), Prof. **I. Andrianov** (Germany); Dr. Sci. (Tech.), Prof. **Yu. S. Vorobyov**; Dr. Sci. (Phys.-Math.), Prof. **O. Ya. Grygorenko**; Dr. Sci. (Tech.), Prof. **V. Z. Grischak**; Corresponding member of the National Academy of Science of Ukraine, Dr. Sci. (Tech.), Prof. **V. S. Hudramovich**; Dr. Sci. (Phys.-Math.), Prof. **A. Evkin** (Canada); Dr. Sci. (Math.), Prof. **R. A. Iskanderov** (Azerbaijan); Dr. Sci. (Tech.), Prof. **O. S. Kairov**; Dr. Sci. (Phys.-Math.), Prof. **V. I. Kuzmenko**; Dr. Sci. (Phys.-Math.), Prof. **Yu. Lapusta** (France); Dr. Sci. (Phys.-Math.), Prof. **F. S. Latifov** (Azerbaijan); Dr. Sci. (Phys.-Math.), Prof. **V. V. Loboda**; Dr. Sci. (Phys.-Math.), Prof. **V. Pylypchuk** (USA); Dr. Sci. (Phys.-Math.), Prof. **V. I. Pozhuyev**; Dr. Sci. (Tech.) **Yu. M. Selivanov**; Dr. Sci. (Phys.-Math.), Prof. **P. A. Steblyanko**; Dr. Sci., Prof. **V. Toropov** (Great Britain); Dr. Sci. (Phys.-Math.), Prof. **Yu. A. Chernyakov**

**Reviewers:** Dr. Sci. (Phys.-Math.) **A. N. Pasichnyk**,  
Dr. Sci. (Tech.) **S. M. Grebeniuc**

Адреса редколегії:  
49010, м. Дніпро, пр. Гагаріна, 72,

Дніпровський національний університет ім. Олеся Гончара, корп. 5а, кімн. 12,  
e-mail: [compumech@ua.fm](mailto:compumech@ua.fm)

Збірник внесено до Переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук (фізико-математичні, технічні науки – Наказ № 528 Міністерства освіти і науки України від 12.05.2015).

Реферати статей збірника публікуються в реферативному журналі «Джерело» (Україна), електронна копія журналу розміщена на сайті національної бібліотеки України імені В. І. Вернадського НАН України за адресою: <http://nbuv.gov.ua/portal/> та на власному сайті журналу <https://pommk.dp.ua/index.php/journal>.

З 2014 р. збірник індексується в науково-метричних базах даних Index Copernicus та Google Scholar. Значення показника *Index Copernicus Value* (ICV) за минулий рік склало **63.12** (<https://journals.indexcopernicus.com/search/details?id=45410&lang=ru>).

Проблематика збірника наукових праць:

1. Проблеми динаміки, міцності, стійкості і надійності конструкцій.
2. Математичне і комп'ютерне моделювання в механіці суцільних середовищ.
3. Обчислювальна (комп'ютерна) механіка.
4. Експериментальне моделювання поведінки механічних систем.
5. Оптимальне проектування, зниження матеріаломісткості та енергоємності сучасних конструкцій.
6. Загальні проблеми механіки суцільних середовищ.
7. Механіка руйнування.
8. Механіка контактної взаємодії.
9. Механіка композитних матеріалів.
10. Геомеханіка.
11. Біомеханіка.
12. Прикладні задачі механіки.

Subject of the collection of scientific articles:

1. Problems of dynamics, strength, stability and reliability of constructions.
2. Mathematical and computational modeling in mechanics of solid environments.
3. Computational mechanics.
4. Experimental modeling behavior of mechanical systems.
5. Optimal engineering, decreasing of material capacity and power consumption of modern constructions.
6. Common problems of mechanics of solid environments.
7. Mechanics of destruction.
8. Mechanics of contact interaction.
9. Mechanics of composite materials.
10. Geomechanics.
11. Biomechanics.
12. Application problems of mechanics.

Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації  
КВ № 23289-13129ПР від 11.04.2018 р.