



Sumy State University  
<http://jes.sumdu.edu.ua>

ISSN: 2312-2498

# **ЖУРНАЛ ИНЖЕНЕРНИХ НАУК**

**JOURNAL  
of ENGINEERING  
SCIENCES**

**ЖУРНАЛ  
ИНЖЕНЕРНЫХ  
НАУК**

**02  
2016**

Міністерство освіти і науки України

The Ministry of Education and Science of Ukraine

Министерство образования и науки Украины

**ЖУРНАЛ ІНЖЕНЕРНИХ НАУК**

**JOURNAL OF ENGINEERING SCIENCES**

**ЖУРНАЛ ИНЖЕНЕРНЫХ НАУК**

Науковий журнал

Scientific Journal

Научный журнал

**Том 3, № 2 (2016)**

Заснований у 1994 році

Founded in 1994

Основан в 1994 году

Сумський державний університет

Sumy State University

Сумский государственный университет

Журнал публікує статті, що висвітлюють актуальні питання сучасного високотехнологічного виробництва, розвитку нових наукових течій у техніці та розроблення технологій майбутнього, підготовлені професорсько-викладацьким складом, аспірантами та фахівцями університету та інших ВНЗ, а також ученими і спеціалістами інших наукових установ. Для викладачів ВНЗ, наукових працівників, аспірантів, конструкторів та виробників.

**ISSN 2312-2498**

Рекомендовано до друку  
вченою радою Сумського державного університету,  
(протокол № 6 від 08.12.2016 року)

Журнал є науковим фаховим виданням ВАК України у галузі технічних наук (Наказ МОН України від 13.07.2015 № 747 «Про затвердження рішень Атестаційної колегії Міністерства щодо діяльності спеціалізованих вчених рад від 30 червня 2015 року». – Режим доступу: <http://old.mon.gov.ua/img/zstored/files/747.rar>).

Публікується за підтримки:

факультету технічних систем та енергоефективних технологій  
Сумського державного університету:  
<http://teset.sumdu.edu.ua>

кафедри комп'ютерних наук  
Сумського державного університету:  
<http://cs.sumdu.edu.ua>

ТОВ «Сумитеплоенерго»:  
<http://teplo.sumy.ua>

<b>Адреса редакційної колегії:</b>	вул. Римського-Корсакова, 2, м. Суми, 40007, Лабораторний корпус А, каб. ЛА-207
<b>Телефони:</b>	(+38 0542) 68-78-52, (+38 0542) 33-41-09
<b>Електронна адреса:</b>	<a href="mailto:jes.sumdu@gmail.com">jes.sumdu@gmail.com</a>
<b>Web-site:</b>	<a href="http://jes.sumdu.edu.ua/">http://jes.sumdu.edu.ua/</a>

Свідоцтво про Державну  
реєстрацію друкованого засобу масової інформації  
КВ № 20499-10299 ПР від 11.12.2013

**РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ****ГОЛОВНИЙ РЕДАКТОР**

Криворучко Д. В., д-р техн. наук, доцент (Сумський державний університет, м. Суми, Україна).

**РЕДАКТОР-КОНСУЛЬТАНТ**

Марцінковський В. А., д-р техн. наук, професор (Сумський державний університет, м. Суми, Україна).

**ЗАСТУПНИКИ ГОЛОВНОГО РЕДАКТОРА**

Залого В. О., д-р техн. наук, професор (Сумський державний університет, м. Суми, Україна);  
Ковальов І. А., канд. техн. наук, професор (Сумський державний університет, м. Суми, Україна);  
Склябінський В. І., д-р техн. наук, професор (Сумський державний університет, м. Суми, Україна);  
Гусак О. Г., канд. техн. наук, доцент (Сумський державний університет, м. Суми, Україна).

**ВІДПОВІДАЛЬНИЙ РЕДАКТОР**

Павленко І. В., канд. техн. наук, Ing. Paed. IGIP (Сумський державний університет, м. Суми, Україна).

**ЧЛЕНИ РЕДАКЦІЙНОЇ КОЛЕГІЇ**

Пляцук Л. Д., д-р техн. наук, професор (Сумський державний університет, м. Суми, Україна);  
Симоновський В. І., д-р техн. наук, професор (Сумський державний університет, м. Суми, Україна);  
Дядюра К. О., д-р техн. наук, доцент (Сумський державний університет, м. Суми, Україна);  
Верещака С. М., д-р техн. наук, професор (Сумський державний університет, м. Суми, Україна);  
Карінцев І. Б., канд. техн. наук, професор (Сумський державний університет, м. Суми, Україна);  
Петраков Ю. В., д-р техн. наук, професор (Національний технічний університет України «КПІ», м. Київ, Україна);  
Федорович В. А., д-р техн. наук, професор (Харківський національний технічний університет «ХПІ», м. Харків, Україна);

**EDITORIAL BOARD****EDITOR-IN-CHIEF**

Kryvoruchko D. V., Doctor of Engineering Sciences, A. P. (Sumy State University, Sumy, Ukraine).

**ADVISORY EDITOR**

Martsinkovskiy V. A., Doctor of Engineering Sciences, Professor (Sumy State University, Sumy, Ukraine).

**DUPUTY CHIEF EDITORS**

Zaloga V. O., Doctor of Engineering Sciences, Professor (Sumy State University, Sumy, Ukraine);  
Kovalev I. O., Candidate of Sciences (Engineering), Professor (Sumy State University, Sumy, Ukraine);  
Sklabinskiy V. I., Doctor of Engineering Sciences, Professor (Sumy State University, Sumy, Ukraine);  
Gusak O. G., Candidate of Sciences (Engineering), A. P. (Sumy State University, Sumy, Ukraine).

**ASSOCIATE EDITOR**

Pavlenko I. V., Ph.D. (Engineering), Ing. Paed. IGIP (Sumy State University, Sumy, Ukraine).

**MEMBERS OF EDITORIAL BOARD**

Plyatsuk L. D., Doctor of Engineering Sciences, Professor (Sumy State University, Sumy, Ukraine);  
Simonovskiy V. I., Doctor of Engineering Sciences, Professor (Sumy State University, Sumy, Ukraine);  
Dyadyura K. O., Doctor of Engineering Sciences, A. P. (Sumy State University, Sumy, Ukraine);  
Vereshchaka S. M., Doctor of Engineering Sciences, Professor (Sumy State University, Sumy, Ukraine);  
Karintsev I. B., Candidate of Sciences (Engineering), Professor (Sumy State University, Sumy, Ukraine);  
Petraikov Yu. V., Doctor of Engineering Sciences, Professor (Ukrainian National Technical University "KPI", Kiev, Ukraine);  
Fedorovich V. A., Doctor of Engineering Sciences, Professor (Kharkov National Technical University "KhPI", Kharkov, Ukraine);

- Мазур Н. П., д-р техн. наук, професор (Хмельницький національний університет, м. Хмельницький, Україна);
- Сторчак М. Г., д-р техн. наук, професор (Інститут верстатів Університету Штутгарта, м. Штутгарт, Німеччина);
- Кушнер В. С., д-р техн. наук, професор (Омський державний технічний університет, м. Омськ, Росія);
- Верешчака А. С., д-р техн. наук, професор (Московський державний технічний університет «Станкін», м. Москва, Росія);
- Клименко С. А., д-р техн. наук, професор (Інститут надтвердих матеріалів ім. В. Н. Бакуля Національної академії наук України, м. Київ, Україна);
- Трищ Р. М., д-р техн. наук, професор (Українська інженерно-педагогічна академія, м. Харків, Україна);
- Віткін Л. М., д-р техн. наук, професор (старший радник Адміністрації Президента України, Навчально-науковий інститут магістерської підготовки та післядипломної освіти Університету «КРОК», м. Київ, Україна);
- Івахненко О. Г., д-р техн. наук, професор (Південно-Західний державний університет, м. Курськ, Росія);
- Отаманюк В. М., д-р техн. наук, професор (Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна);
- Шаповров В. П., д-р техн. наук, професор (Національний технічний університет «ХП», м. Харків, Україна);
- Роман Петрус, д-р техн. наук, професор (Жешувська політехніка, м. Жешув, Польща);
- Камбург В. Г., д-р техн. наук, професор (Пензенський державний університет архітектури та будівництва, м. Пенза, Росія);
- Франчишек Похіпі, д-р техн. наук, професор (Технічний університет Брно, м. Брно, Чехія);
- Міхал Вархола, д-р техн. наук, професор (Словацький технологічний університет у Братиславі, м. Братислава, Словаччина);
- Жарковський А. А., д-р техн. наук, професор (Петербурзький державний політехнічний університет, м. Санкт-Петербург, Росія);
- Соложенцев Е. Д., д-р техн. наук, професор (Санкт-Петербурзький державний університет аерокосмічного приладобудування, м. Санкт-Петербург, Росія);
- Караханьян В. К., д-р техн. наук, професор, (Російська асоціація виробників насосів, м. Москва, Росія);
- Свідерський В. А., д-р техн. наук, професор (Національний технічний університет України «КП», м. Київ, Україна);
- Сіренко Г. А., д-р техн. наук, професор (Прикарпатський національний університет ім. Василя Стефаника, м. Івано-Франківськ, Україна);
- Захаренко А. В., д-р техн. наук, професор (ЗАТ «БАРРЕНС», м. Санкт-Петербург, Росія);
- Павленко В. І., д-р техн. наук, професор (Белгородський державний технологічний університет ім. В. Г. Шухова, м. Белгород, Росія);
- Mazur N. P., Doctor of Engineering Sciences, Professor (Khmeinitzkiy National University, Khmeinitzsk, Ukraine);
- Storchak M. G., Doctor of Engineering Sciences, Professor (Machine Institute of Stuttgart University, Stuttgart, Germany);
- Kushner V. S., Doctor of Engineering Sciences, Professor (State Technical University, Omsk, Russia);
- Vereshchaka A. S., Doctor of Engineering Sciences, Professor (Moskov State Technical University “Stankin”, Moskov, Russia);
- Klimenko S. A., Doctor of Engineering Sciences, Professor (V. N. Bakul Institute of super hard materials of the National Academy of sciences of Ukraine, Kiev, Ukraine);
- Trishch R. M., Doctor of Engineering Sciences, Professor (Ukrainian engineering and pedagogical Academy, Kharkov, Ukraine);
- Vitkin L. M., Doctor of Engineering Sciences, Professor (Senior Advisor of the Administration of the President of Ukraine, Educational and scientific Institute of Master’s Programmes and Post-Graduate Education of the “KROK” University, Kiev, Ukraine);
- Ivachnenko A. G., Doctor of Engineering Sciences, Professor (South-west State University, Kursk, Russia);
- Otamanyuk V. M., Doctor of Engineering Sciences, Professor, National University “Lvov Polytechnics”, Lvov, Ukraine);
- Shaporev V. P., Doctor of Engineering Sciences, Professor (Kharkov National Technical University “KhPI”, Kharkov, Ukraine);
- Roman Petrus, Doctor of Engineering Sciences, Professor (Zheshuv Polytechnics, Zheshuv, Poland);
- Kamburg V. G., Doctor of Engineering Sciences, Professor (Penza State University of Architecture and Construction, Penza, Russia);
- Franchischek Pokhipy, Doctor of Engineering Sciences, Professor (Brno Technical University, Brno, Czech);
- Mikhal Varkhola, Doctor of Engineering Sciences, Professor (Slovak Technological University in Bratislava, Bratislava, Slovakia);
- Zharkovskiy A. A., Doctor of Engineering Sciences, Professor (Sankt-Petersburg State Polytechnic University, Sankt-Petersburg, Russia);
- Solozhentsev E. D., Doctor of Engineering Sciences, Professor (Sankt-Petersburg State University of Aerospace Tool-Making, Sankt-Petersburg, Russia);
- Karakhanyan V. K., Doctor of Engineering Sciences, Professor (Russian Federation of Pump Producers, Moscow, Russia);
- Sviderskiy V. A., Doctor of Engineering Sciences, Professor (Ukrainian National Technical University “KPI”, Kiev, Ukraine);
- Sirenko G. A., Doctor of Engineering Sciences, Professor (Vasiliy Stefanik Ciscarpathian National University, Ivano-Frankovsk, Ukraine);
- Zacharenko A. V., Doctor of Engineering Sciences, Professor, (Closed Joint- Stock Company “BARRENS”, Sankt-Petersburg, Russia);
- Pavlenko V. I., Doctor of Engineering Sciences, Professor (Shukhov Belgorod State Technological University, Belgorod, Russia);

- Шаповалов М. А., д-р техн. наук, професор (Белгородський державний технологічний університет ім. В. Г. Шухова, м. Белгород, Росія);
- Колесніков В. І., д-р техн. наук, професор (Ростовський державний університет шляхів сполучення, м. Ростов, Росія);
- Йімінг Кевін Ронг, д-р техн. наук, професор (Вустерський політехнічний інститут, м. Вустер, США);
- Мацевитий Ю. М., д-р техн. наук, професор (Інститут проблем машинобудування Національної академії наук України, м. Харків, Україна);
- Чеслав Кундера, д-р техн. наук, професор (Політехніка Свентокжиська, м. Кельце, Польща);
- Філімоніхін Г. Б., д-р техн. наук, професор (Кіровоградський технічний університет, м. Кіровоград, Україна);
- Львов Г. І., д-р техн. наук, професор (Харківський національний технічний університет «ХПІ», м. Харків, Україна);
- Дзюба А. П., д-р фіз.-мат. наук, професор (Дніпропетровський національний університет, м. Дніпропетровськ, Україна);
- Шубенко А. Л., д-р техн. наук, професор (Інститут проблем машинобудування Національної академії наук України, м. Харків, Україна);
- Гадяка В. Г., канд. техн. наук (Публічне акціонерне товариство «Сумське машинобудівне науково-виробниче об'єднання», м. Суми, Україна);
- Йожеф Заяць, д-р техн. наук, професор (Технічний університет, м. Кошице, Словаччина);
- Карпусь В. Е., д-р техн. наук, професор (Академія внутрішніх військ МВС України, м. Харків, Україна);
- Івченко О. В., канд. техн. наук, доцент (Сумський державний університет, м. Суми, Україна).
- Shapovalov M. A., Doctor of Engineering Sciences, Professor (Shukhov Belgorod State Technological University, Belgorod, Russia);
- Kolesnikov V. I., Doctor of Engineering Sciences, Professor (Rostov State University of Communications, Rostov, Russia);
- Yiming Kevin Rong, Doctor of Engineering Sciences, Professor (Worcester Polytechnic University, Worcester, USA);
- Matsevityi Yu. M., Doctor of Engineering Sciences, Professor (Institute of Machine- Building Problems of The National Academy of Sciences of Ukraine, Kharkov, Ukraine);
- Czeslaw Kundera, Doctor of Engineering Sciences, Professor (Polytechnica Sventokzhiska, Keltse, Poland);
- Filimonikhin G. B., Doctor of Engineering Sciences, Professor (Kirovograd Technical University, Kirovograd, Ukraine);
- Lvov G. I., Doctor of Engineering Sciences, Professor (Kharkov National Technical University "KhPI", Kharkov, Ukraine);
- Dzyuba A. P., Doctor of Physico-Mathematical Sciences (Dnepropetrovsk State University, Dnepropetrovsk, Ukraine);
- Shubenko A. L., Doctor of Engineering Sciences, Professor (Institute of Machine- Building Problems of The National Academy of Sciences of Ukraine, Kharkov, Ukraine);
- Gadyaka V. G., Candidate of Sciences (Engineering) (Public Joint-Stock Company "Sumy Machine-Building Scientific and Production Incorporation");
- Jozef Zajac, Doctor of Engineering Sciences, Professor (Kosice Technological Institute, Kosice, Slovakia);
- Karpus V. E., Doctor of Engineering Sciences, Professor (Academy of Internal Military Forces of the Ministry of Home Affairs of Ukraine, Kharkov, Ukraine).
- Ivchenko O. V., Candidate of Sciences (Engineering), A. P. (Sumy State University, Sumy, Ukraine).