



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

ISSN: 2312-2498

ЖУРНАЛ ИНЖЕНЕРНЫХ НАУК

**JOURNAL
of ENGINEERING
SCIENCES**

**ЖУРНАЛ
ИНЖЕНЕРНЫХ
НАУК**

**02
2015**

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 2, № 2 (2015)

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 вченими 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 № 4 від 10.12.2015 року)

Журнал є науковим фаховим виданням ВАК України у галузі технічні науки (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/>

| | |
|------------------------------------|---|
| Адреса редакційної колегії: | вул. Римського-Корсакова, 2, м. Суми, 40007 |
| Телефони: | (+38 0542) 68-78-52, (+38 0542) 33-41-09 |
| Електронна адреса: | jes.sumdu@gmail.com |
| Web-site: | http://jes.sumdu.edu.ua/ |

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

Івченко О. В., канд. техн. наук, доцент (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

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);

Sklyabinskiy 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

Ivchenko O. V., Candidate of Sciences (Engineering), A. P. (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);

Petrakov Yu. V., Doctor of Engineering Sciences, Professor (Ukrainian National Technical University "KPI", Kiev, Ukraine);

Fedorovich V. A., Doctor of Engineering Sciences,

- (Харківський національний технічний університет «ХПІ», м. Харків, Україна);
- 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);
- Верещака 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);
- Шаповорев В. П., д-р техн. наук, професор (Національний технічний університет «ХПІ», 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 «КПІ», 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);
- Professor (Kharkov National Technical University “KhPI”, Kharkov, Ukraine);
- 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 (Zheschuv Polytechnics, Zheschuv, 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);
- Zharkovkiy 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);

Павленко В. І., д-р техн. наук, професор (Белгородський державний технологічний університет ім. В. Г. Шухова, м. Белгород, Росія);
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 ім. М. В. Фрунзе», м. Суми, Україна);
Йозеф Засць, 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).

Pavlenko V. I., Doctor of Engineering Sciences, Professor (Shukhov Belgorod State Technological University, Belgorod, Russia);
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 Wrong, 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);
Cheslav 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 "Frunze Sumy Machine-Building Scientific and Production Incorporation");
Yozhef Zayats, Doctor of Engineering Sciences, Professor (Koshitse Technological Institute, Koshitse, Slovakia);
Karpus V. E., Doctor of Engineering Sciences, Professor (Academy of Internal Military Forces of the Ministry of Home Affairs of Ukraine, Kharkov, Ukraine).