

**НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ**  
**ВІДДІЛЕННЯ ФІЗИКО-ТЕХНІЧНИХ ПРОБЛЕМ ЕНЕРГЕТИКИ**  
**ІНСТИТУТ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ**

---

**DOI: [https://doi.org/10.36296/1819-8058.2020.1\(60\)](https://doi.org/10.36296/1819-8058.2020.1(60))**

**ВІДНОВЛЮВАНА ЕНЕРГЕТИКА**  
**№1 (60) – 2020**

**НАУКОВО-ПРИКЛАДНИЙ ЖУРНАЛ**

ІВЕ НАН України

Київ-2020

---

**Національна академія наук України**  
**Відділення фізико-технічних проблем енергетики**  
**Інститут відновлюваної енергетики**  
*Науково-прикладний журнал*  
**ВІДНОВЛЮВАНА ЕНЕРГЕТИКА**

---

**Заснований у серпні 2004 року**

*Зареєстровано в Державному комітеті телебачення і радіомовлення України,  
реєстраційне свідоцтво КВ№9115 від 1 вересня 2004 року*

*Журнал входить до «Переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися  
результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук»,  
затвердженого наказом Міністерства освіти і науки України від 28.12.2019 №1643, категорія «Б».*

**РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ**

**ГОЛОВНИЙ РЕДАКТОР**

**Кудря С.О.** чл.-кор. НАН України, д-р. техн. наук, проф., Інститут відновлюваної енергетики НАН України

**ЗАСТУПНИК ГОЛОВНОГО РЕДАКТОРА**

**Резцов В.Ф.** чл.-кор. НАН України, д-р. техн. наук, проф., Інститут відновлюваної енергетики НАН України

**ЧЛЕНИ РЕДАКЦІЙНОЇ КОЛЕГІЇ**

**Басок Б.І.** чл.-кор. НАН України, д-р. техн. наук, проф., Інститут технічної теплофізики НАН України

**Васецький Ю.М.** д-р техн. наук, проф., Інститут електродинаміки НАН України

**Васько П.Ф.** д-р техн. наук, ст. наук. співр., Інститут відновлюваної енергетики НАН України

**Головко В.М.** д-р техн. наук, проф., НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»

**Долінський А.А.** акад. НАН України, д-р техн. наук, проф., Інститут технічної теплофізики НАН України

**Зварич В.М.** д-р техн. наук, ст. наук. співр., Інститут електродинаміки НАН України

**Карп І.М.** акад. НАН України, д-р техн. наук, проф., Інститут газу НАН України

**Клюс В.П.** канд. техн. наук, доцент, Інститут відновлюваної енергетики НАН України

**Кузнецов М.П.** д-р техн. наук, ст. наук. співр., Інститут відновлюваної енергетики НАН України

**Кулик М.М.** акад. НАН України, д-р техн. наук, проф., Інститут загальної енергетики НАН України

**Мазуренко О.Г.** д-р техн. наук, проф., Національний університет харчових технологій

**Мацевитий Ю.М.** акад. НАН України, д-р техн. наук, проф., Інститут проблем машинобудування  
ім. А.М. Підгорного НАН України

**Мислович М.В.** д-р техн. наук, проф., Інститут електродинаміки НАН України

**Морозов Ю.П.** д-р техн. наук, ст. наук. співр., Інститут відновлюваної енергетики НАН України

**Мхітарян Н.М.** чл.-кор. НАН України, д-р техн. наук, проф., почесний директор Інституту відновлюваної  
енергетики НАН України

**Маєгаард П.** почесний директор «Nordic Folkecenter for Renewable Energy» (Данія)

**Накашидзе Л.В.** д-р техн. наук, ст. наук. співр., НДІ енергетики Дніпровського національного університету  
ім. Олеся Гончара

**Павлов В.Б.** д-р техн. наук, ст. наук. співр., Інститут електродинаміки НАН України

**Собчук Г.** д-р техн. наук, проф., Представництво Польської Академії Наук в Києві (Польща)

**Стогній Б.С.** акад. НАН України, д-р техн. наук, проф., Інститут електродинаміки НАН України

**Стрігас Н.** д-р техн. наук, Литовський енергетичний інститут (Литва)

**Таубе О.** д-р техн. наук, проф., Суїнбернський технологічний університет (м. Мельбурн, Австралія)

**Троїцьковські Т.** д-р техн. наук, президент Європейського наукового інституту інновацій (Польща)

**Фіалко Н.М.** чл.-кор. НАН України, д-р техн. наук, проф., Інститут технічної теплофізики НАН України

**Халатов А.А.** акад. НАН України, д-р техн. наук, проф., Інститут технічної теплофізики НАН України

**Шидловський А.К.** акад. НАН України, д-р техн. наук, проф., Інститут електродинаміки НАН України

**Шмідт Д.** д-р техн. наук, Solarinitiative Mecklenburg Vorpommern MV e.V (Німеччина)

**Юрченко О.М.** д-р техн. наук, ст. наук. співр., Інститут електродинаміки НАН України

**Яндульський О.С.** д-р техн. наук, проф., НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»

**ВІДПОВІДАЛЬНИЙ СЕКРЕТАР**

**Суржик Т.В.** вчений секретар Інституту відновлюваної енергетики НАНУ, канд. техн. наук

---

Науковий редактор: Резцов В.Ф.

Редакційна група: Пономаренко О.П., Щокіна В.А., Іванчук О.І.

Верстка: Кушнір І.О., Тейфнанц М.А.

**КОНТАКТНА ІНФОРМАЦІЯ:**

02094 вул. Гната Хоткевича, 20А, м. Київ, Україна

Інститут відновлюваної енергетики НАН України

тел./факс: +38 (044) 206-28-09

e-mail: ar.shchek@gmail.com; www.ve.org.ua

Журнал підтримує політику відкритого доступу, прийняту Берлінською директивою в жовтні 2003 р. Комерційне використання статей журналу заборонено. При цитуванні посилання на журнал «Відновлювана енергетика» обов'язкове. Надіслані матеріали не повертаються. Думка редакційної ради може не співпадати з поглядами авторів матеріалів. Редакція не несе відповідальності за інформацію, надану авторами. Статті проходять процедуру подвійного «сліпого» рецензування. Редакція залишає за собою право відхилити друк статті.

---

**National Academy of Sciences of Ukraine**  
**Department of Physical and Technical Energy Problems**  
**Institute of Renewable Energy**  
*Scientific and applied journal*  
**VIDNOVLUVANA ENERGETIKA**

---

**Founded in August, 2004**

*Registered by the State Committee for Television and Radio-Broadcasting of Ukraine,  
registration certificate «KB№9115», September 1, 2004*

*According to the «List of scientific professional periodicals of Ukraine», the journal is appropriate for  
publishing results of thesis (dissertations) for Doctor of Science and Ph.D. degrees in Technical science.*

*The list is approved by the Ministry of Education and Science of Ukraine decree №1643 from 28.12.2019, category “B”.*

**EDITORIAL BOARD**

**CHIEF EDITOR**

**Kudria S.O.** corresponding member of NAS of Ukraine, D.Sc., professor, Institute of Renewable Energy NAS of Ukraine

**DEPUTY EDITOR**

**Rieztsov V.F.** corresponding member of NAS of Ukraine, D.Sc., professor, Institute of Renewable Energy NAS of Ukraine

**EDITORIAL BOARD MEMBERS**

**Basok B.I.** corresponding member of NAS of Ukraine, D.Sc., professor, Institute of Engineering Thermophysics NAS of Ukraine

**Dolinskyi A.A.** academician of NAS of Ukraine, D.Sc., professor, Institute of Engineering Thermophysics NAS of Ukraine

**Fialko N.M.** corresponding member of NAS of Ukraine, D.Sc., professor, Institute of Engineering Thermophysics NAS of Ukraine

**Holovko V.M.** D.Sc., professor, NTUU “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”

**Karp I.M.** academician of NAS of Ukraine, D.Sc., professor, The Gas Institute NAS of Ukraine

**Khalatov A.A.** academician of NAS of Ukraine, D.Sc., professor, Institute of Engineering Thermophysics NAS of Ukraine

**Klius V.P.** Ph.D., assistant professor, Institute of Renewable Energy NAS of Ukraine

**Kuznietsov M.P.** D.Sc., senior researcher, Institute of Renewable Energy NAS of Ukraine

**Kulyk M.M.** academician of NAS of Ukraine, D.Sc., professor, Institute of General Energy NAS of Ukraine

**Matsevyt Yu.M.** academician of NAS of Ukraine, D.Sc., professor, A. Pidgorny Institute of Mechanical Engineering Problems NAS of Ukraine

**Mazurenko O.G.** D.Sc., professor, National University of Food Technologies

**Mkhitarian N.M.** corresponding member of NAS of Ukraine, D.Sc., professor, director emeritus of Institute of Renewable Energy NAS of Ukraine

**Morozov Yu.P.** D.Sc., senior researcher, Institute of Renewable Energy NAS of Ukraine

**Myslovych M.V.** D.Sc., professor, The Institute of Electrodynamics NAS of Ukraine

**Maegaard P.** director emeritus of “Nordic Folkecenter for Renewable Energy” (Denmark)

**Nakashidze L.V.** D.Sc., senior researcher, SRI of Energy Oles Honchar Dnipro National University

**Pavlov V.B.** D.Sc., senior researcher, The Institute of Electrodynamics NAS of Ukraine

**Schmidt D.** D.Sc., Solarinitiative Mecklenburg Vorpommern MV e.V (Germany)

**Shydlovskiy A.K.** academician of NAS of Ukraine, D.Sc., professor, Institute of Electrodynamics NAS of Ukraine

**Sobchuk H.** D.Sc., professor, Representative Office of Polish Academy of Sciences in Kyiv (Poland)

**Stohnii B.S.** academician of NAS of Ukraine, D.Sc., professor, The Institute of Electrodynamics NAS of Ukraine

**Striugas N.** D.Sc., Lithuanian Energy Institute (Lithuania)

**Taube O.** D.Sc., professor, Swinburne University of Technology (Melbourne, Australia)

**Trocikowski T.** D.Sc., European Scientific Institute of Innovation (Poland)

**Vasetsky Yu.M.** D.Sc., professor, The Institute of Electrodynamics NAS of Ukraine

**Vasko P.F.** D.Sc., senior researcher, Institute of Renewable Energy NAS of Ukraine

**Yandulskiy O.S.** D.Sc., professor, NTUU “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”

**Yurchenko O.M.** D.Sc., senior researcher, The Institute of Electrodynamics NAS of Ukraine

**Zvarich V.M.** D.Sc., senior researcher, The Institute of Electrodynamics NAS of Ukraine

**EXECUTIVE SECRETARY**

**Surzhyk T.V.** scientific secretary of the Institute of Renewable Energy NAS of Ukraine, Ph.D.

Science editor: Rieztsov V.F.

Editorial team: Ponomarenko O.P., Shchokina V.A., Ivanchuk O.I.

Layout: Kushnir I.O., Tefnants M.A.

**CONTACT INFORMATION:**

Institute of Renewable Energy, NAS of Ukraine,

20A Hnata Khotkevycha St., Kyiv, Ukraine

tel./fax: +38 (044) 206-28-09

e-mail: ar.shchek@gmail.com; www.ve.org.ua

The journal supports the open access policy adopted by the Berlin Directive in October 2003. Commercial use of journal articles is prohibited. Referring to «Vidnovluvana Energetika» is required when quoting. The journal does not returned submitted articles to the authors. The views and opinions expressed in the articles do not necessarily reflect the views or opinions of the editors or the editorial board. Editorial board is not responsible for the information provided herein. Journal follows a procedure of double-blinded peer review. The editorial board has the right to reject the paper.