

ABSTRACT AND REFERENCES

ECOLOGY

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.347018

IDENTIFYING THE EFFECT OF THE TEMPERATURE REGIME OF A HEAT GENERATING UNIT ON THE EFFICIENCY OF THE ELECTROHYDROIMPULSE DEGREASING OF ORGANIC MATERIALS (p. 6–13)

Bekbolat Nussupbekov

Abylkas Saginov Karaganda Technical University,
Karaganda, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2907-3900>

Moldir Duisenbayeva

Karaganda Buketov University, Karaganda, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3733-7662>

Yerlan Oshanov

Karaganda Buketov University, Karaganda, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4419-2625>

Amangeldy Satybaldin

Karaganda Buketov University, Karaganda, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0846-4665>

Raikhana Turlybekova

Karaganda Buketov University, Karaganda, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-4605-8187>

The object of the study is to processing of organic waste using less energy-consuming technologies. This article discusses the issues of improving energy conversion methods aimed at efficient processing of organic waste using less energy-consuming technologies.

Shock waves and local micro sources of high temperatures and pressures destroy cellular and intercellular structures of organic material. In the course of experimental work, it was found that the effective isolation of valuable components from waste organic material depends on the discharge voltage and the capacity of the storage capacitor. During operation, the optimal temperature of the working medium was set in the range of 36–50°C and the maximum product yield was observed at an energy in the range of 120–240 J on the switching device. The maintenance of this temperature range is provided by a hydrodynamic installation, which creates a constant and uniform heating of the working cell of the electrohydroimpulse installation. Due to intensive hydrodynamic processes such as turbulence, cavitation, and local pressure drops, heat is distributed evenly, which ensures efficient processing of organic materials and process stability. The triglyceride fraction is an indispensable source of raw materials not only in the food industry, but also for medicine, construction, and industry (for lubricating machine parts and measuring instruments).

Keywords: organic materials, electrohydroimpulse method, cavitation, inertial hydrodynamic installation, valuable components.

References

- Guo, G., Lu, K., Xu, S., Yuan, J., Bai, T., Yang, K., He, Z. (2023). Effects of in-nozzle liquid fuel vortex cavitation on characteristics of flow and spray: Numerical research. *International Communications in Heat and Mass Transfer*, 148, 107040. <https://doi.org/10.1016/j.icheatmasstransfer.2023.107040>
- Regulation (EC) No 1774/2002 of the European Parliament and of the Council of 3 October 2002 laying down health rules concerning animal by-products not intended for human consumption. Available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:32002R1774>
- Jankowski, K. J., Nogalska, A. (2022). Meat and Bone Meal and the Energy Balance of Winter Oilseed Rape – A Case Study in North-Eastern Poland. *Energies*, 15 (11), 3853. <https://doi.org/10.3390/en15113853>
- Möller, K., Oberson, A., Bünemann, E. K., Cooper, J., Friedel, J. K., Gläser, N. et al. (2018). Improved Phosphorus Recycling in Organic Farming: Navigating Between Constraints. *Advances in Agronomy*, 159–237. <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2017.10.004>
- Polášek, T., Hružík, L., Bureček, A., Ledvoň, M. (2022). Experimental Analysis of Flow Through Throttle Valve During Gaseous Cavitation. *MATEC Web of Conferences*, 369, 02008. <https://doi.org/10.1051/mateconf/202236902008>
- Shumilov, I. (2016). Fluid Temperature of Aero Hydraulic Systems. *Machines and Plants: Design and Exploiting*, 16 (02). <https://doi.org/10.7463/aplts.0216.0837432>
- Sydykov, Sh. K., Umbetkulov, E. K., Alibek, N. B. (2016). Pat. No. 1585 RK. Heat pump system of autonomous heat supply. publ. 2016, Bul. No. 8.
- Luneva, S. K., Lepesh, A. G. (2015). Research of efficiency of functioning of the heat pump. *Technical and technological problems of the service*, 4 (34), 30–35.
- Kowalski, Z., Banach, M., Makara, A. (2020). Optimisation of the co-combustion of meat-bone meal and sewage sludge in terms of the quality produced ashes used as substitute of phosphorites. *Environmental Science and Pollution Research*, 28 (7), 8205–8214. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-11022-5>
- Żałuszniewska, A., Nogalska, A. (2020). The Effect of Meat and Bone Meal (MBM) on the Seed Yield and Quality of Winter Oilseed Rape. *Agronomy*, 10 (12), 1952. <https://doi.org/10.3390/agronomy10121952>
- Vasina, M., Hruzik, L., Burecek, A. (2018). Energy and Dynamic Properties of Hydraulic Systems. *Tehnicki Vjesnik - Technical Gazette*, 25 (2). <https://doi.org/10.17559/tv-20131209081056>
- Taleyarkhan, R. P., West, C. D., Lahey, R. T., Nigmatulin, R. I., Block, R. C., Xu, Y. (2007). Erratum: Nuclear Emissions during Self-Nucleated Acoustic Cavitation [Phys. Rev. Lett. 96, 034301 (2006)]. *Physical Review Letters*, 99 (26). <https://doi.org/10.1103/physrevlett.99.269901>
- Qian, J., Liu, C., Qiu, C., Li, W., Chen, D. (2024). Liquid hydrogen cavitation analysis inside an oblique globe valve. *Flow Measurement and Instrumentation*, 97, 102599. <https://doi.org/10.1016/j.flowmeasinst.2024.102599>
- Hwang, S., Kim, H., Choi, H., Kim, T., Kim, H. (2024). Design evaluation of an immersion heater using a fluid with low Prandtl number based on computation fluid dynamics analysis. *Journal of Mechanical Science and Technology*, 38 (4), 2151–2159. <https://doi.org/10.1007/s12206-024-0343-2>
- Nussupbekov, B., Oshanov, Y., Ovcharov, M., Duisenbayeva, M., Sharzadin, A., Kongyrbayeva, A., Amanzholova, M. (2024). The influence of the rotor shape on the efficiency of the hydrodynamic heater. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (8 (130)), 42–49. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.310140>
- Nussupbekov, B. R., Dyusenbayeva, M. S. (2023). Processing of organic waste by electrohydroimpulse method. *Bulletin of the Karaganda University “Physics Series,”* 111 (3), 156–162. <https://doi.org/10.31489/2023ph3/156-162>
- Kartbayeva, G., Duisenbayeva, M., Nussupbekov, B., Mussenova, E., Smagulov, Z., Kurmanaliev, A. (2024). Identification of the energy parameters of an electrohydroimpulse plant for the production of valuable components from organic raw materials. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (11 (129)), 6–13. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.306787>

18. Duisenbayeva, M. S., Schrager, E. R., Sakipova, S. E., Nussupbekov, B. R. (2025). Study of optimal energy parameters of electrohydropulse treatment for efficient extraction of valuable components from organic waste. *Eurasian Physical Technical Journal*, 22 (2 (52)), 54–59. <https://doi.org/10.31489/2025n2/54-59>
19. Ved, V., Nikolsky, V., Oliynyk, O., Lipeev, A. (2017). Examining a cavitation heat generator and the control method over the efficiency of its operation. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (8 (88)), 22–28. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.108580>
20. Baikadamova, A. M., Kakimov, A. K., Suychinov, A. K., Yessimbekov, Zh. S., Rakhymbay, D. (2023). Technology of processing cattle bones into meat and bone paste and the study of quality indicators. *The Journal of Almaty Technological University*, 1 (3), 14–18. <https://doi.org/10.48184/2304-568x-2023-3-14-18>
21. Oraz, G. T., Ospanov, A. B., Chomanov, U. C., Kenenbay, G. S., Tur-sunov, A. A. (2019). Study of beef nutritional value of meat breed cattle of Kazakhstan. *Journal of Hygienic Engineering and Design*, 29, 99–105.

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.345067

DEVELOPMENT OF AN INTEGRATED MODEL FOR EMISSION REDUCTION THROUGH ENERGY EFFICIENCY AND RENEWABLE ENERGY (p. 14–21)

Emin Nemat Ahmadzade

Agrarian Research Center of the Ministry of Agriculture of the Republic of Azerbaijan, Baku, Azerbaijan
ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-4818-0137>

Rasul Balayev

Azerbaijan State University of Economics (UNEC), Baku, Azerbaijan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7642-1635>

Ulviyya Rzayeva

Azerbaijan State University of Economics (UNEC), Baku, Azerbaijan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5881-6633>

Konul Mirzammadova

Azerbaijan State University of Economics (UNEC), Baku, Azerbaijan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6047-4724>

The study's focus is the country's energy sector, including renewable energy production. The problem to be solved is modeling the impact of energy efficiency and renewable energy production on greenhouse gas emissions in the country. This study investigates the impact of energy efficiency and the transition to renewable energy sources on greenhouse gas emissions in Azerbaijan, where the energy mix remains dominated by fossil fuels. Using a regression-based analytical framework, the research quantifies the contribution of these factors to changes in emission levels over time. The empirical results demonstrate that improvements in energy efficiency, measured as gross domestic product (GDP) generated per unit of total energy consumption, exert the greatest influence on emission reductions. This finding suggests that economic growth driven by efficient energy use can serve as a key mechanism for decarbonization. In contrast, the expected mitigating effect of the share of renewable energy sources in the national energy balance was not statistically significant. This outcome is likely explained by the relatively small share of renewables in Azerbaijan's total energy supply and the early stage of the country's renewable sector. The study concludes that effective climate policy should combine measures to accelerate improvements in energy efficiency with initiatives to expand the use of renewable energy. The proposed model highlights the dual importance of optimizing existing energy consumption while investing in cleaner technologies. Based on the results, 80% of the annual change in a country's greenhouse gas emissions can be explained by changes in factors such as renew-

able electricity generation, the share of renewable electricity in total electricity generation, and GDP per unit of energy consumption. The findings can be applied to the design of sustainable energy strategies and long-term decarbonization policies.

Keywords: decarbonization, sustainable energy, emission reduction strategies, environmental policy, regression analysis.

References

1. Shang, Y., Sang, S., Tiwari, A. K., Khan, S., Zhao, X. (2024). Impacts of renewable energy on climate risk: A global perspective for energy transition in a climate adaptation framework. *Applied Energy*, 362, 122994. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2024.122994>
2. Nunes, L. J. R. (2023). The Rising Threat of Atmospheric CO₂: A Review on the Causes, Impacts, and Mitigation Strategies. *Environments*, 10 (4), 66. <https://doi.org/10.3390/environments10040066>
3. Smith, H. B., Vaughan, N. E., Forster, J. (2024). Residual emissions in long-term national climate strategies show limited climate ambition. *One Earth*, 7 (5), 867–884. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2024.04.009>
4. Wang, W., Melnyk, L., Kubatko, O., Kovalov, B., Hens, L. (2023). Economic and Technological Efficiency of Renewable Energy Technologies Implementation. *Sustainability*, 15 (11), 8802. <https://doi.org/10.3390/su15118802>
5. Alam, M. S., Manigandan, P., Kisswani, K. M., Baig, I. A. (2025). Achieving goals of the 2030 sustainable development agenda through renewable energy utilization: Comparing the environmental sustainability effects of economic growth and financial development. *Sustainable Futures*, 9, 100534. <https://doi.org/10.1016/j.sftr.2025.100534>
6. Diaconescu, M., Marinas, L. E., Marinou, A. M., Popescu, M.-F., Diaconescu, M. (2024). Towards Renewable Energy Transition: Insights from Bibliometric Analysis on Scholar Discourse to Policy Actions. *Energies*, 17 (18), 4719. <https://doi.org/10.3390/en17184719>
7. Yu, H., Wen, B., Zahidi, I., Chow, M. F., Liang, D., Madsen, D. Ø. (2024). The critical role of energy transition in addressing climate change at COP28. *Results in Engineering*, 22, 102324. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.102324>
8. Rzayeva, U., Guliyeva, A., Jafarova, N. (2021). Analysis of some indicators by means of fuzzy logic on the example of Azerbaijani energy enterprises. *E3S Web of Conferences*, 250, 02001. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202125002001>
9. Candra, O., Chammam, A., Alvarez, J. R. N., Muda, I., Aybar, H. Ş. (2023). The Impact of Renewable Energy Sources on the Sustainable Development of the Economy and Greenhouse Gas Emissions. *Sustainability*, 15 (3), 2104. <https://doi.org/10.3390/su15032104>
10. Szeberényi, A., Rokicki, T., Papp-Váry, Á. (2022). Examining the Relationship between Renewable Energy and Environmental Awareness. *Energies*, 15 (19), 7082. <https://doi.org/10.3390/en15197082>
11. Atstāja, D. (2025). Renewable Energy for Sustainable Development: Opportunities and Current Landscape. *Energies*, 18 (1), 196. <https://doi.org/10.3390/en18010196>
12. Suleman, S., Sowah, J. N. (2024). Investigating the implications of energy transition on electricity tariffs in Ghana. *Social Sciences & Humanities Open*, 10, 101185. <https://doi.org/10.1016/j.ssaho.2024.101185>
13. Guliyeva, A., Rzayeva, U., Azimzadeh, A. (2023). Navigating Investment Risks in the Renewable Energy Market of Developing Countries. *Analyzing Energy Crises and the Impact of Country Policies on the World*, 54–81. <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-0440-2.ch004>
14. Lorente-de-Las-Casas, A., Marrero, G. A. (2025). Impact of renewable energies on CO₂ emissions in the OECD. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, 20 (1). <https://doi.org/10.1080/15567249.2025.2517325>
15. Ibishova, B., Misund, B., Tveterås, R. (2024). Driving green: Financial benefits of carbon emission reduction in companies. *International*

Review of Financial Analysis, 96, 103757. <https://doi.org/10.1016/j.irfa.2024.103757>

16. Hasanov, F. J., Mukhtarov, S., Suleymanov, E. (2023). The role of renewable energy and total factor productivity in reducing CO₂ emissions in Azerbaijan. Fresh insights from a new theoretical framework coupled with Autometrics. *Energy Strategy Reviews*, 47, 101079. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2023.101079>
17. Mustafayev, F., Kulawczuk, P., Orobello, C. (2022). Renewable Energy Status in Azerbaijan: Solar and Wind Potentials for Future Development. *Energies*, 15 (2), 401. <https://doi.org/10.3390/en15020401>
18. Qamruzzaman, M., Karim, S. (2023). Does public-private investment augment renewable energy consumption in BIMSTEC nations? Evidence from symmetric and asymmetric assessment. *Energy Strategy Reviews*, 49, 101169. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2023.101169>
19. Tvinnereim, E., Mehling, M. (2018). Carbon pricing and deep decarbonisation. *Energy Policy*, 121, 185–189. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.06.020>
20. Liu, W., Zhang, X., Feng, S. (2019). Does renewable energy policy work? Evidence from a panel data analysis. *Renewable Energy*, 135, 635–642. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.12.037>
21. Sribna, Y., Stupnytskyi, V., Stupnytska, N. (2023). Problems and trends of Ukraine's transition to the EU environmental and energy system. *Bulletin National University of Water and Environmental Engineering*, 1 (101), 204–215. <https://doi.org/10.31713/ve1202318>
22. Us, Y., Pimonenko, T., Lyulyov, O. (2021). The impact of energy efficiency policy on Ukraine's green brand: a bibliometrics analysis. *Polityka Energetyczna – Energy Policy Journal*, 24 (4), 5–18. <https://doi.org/10.33223/epj/142462>
23. Tachega, M. A., Yao, X., Liu, Y., Ahmed, D., Li, H., Mintah, C. (2021). Energy efficiency evaluation of oil producing economies in Africa: DEA, malmquist and multiple regression approaches. *Cleaner Environmental Systems*, 2, 100025. <https://doi.org/10.1016/j.cesys.2021.100025>
24. Energy supply from renewable sources. The State Statistical Committee of the Republic of Azerbaijan. Available at: <https://www.stat.gov.az/search/?q=b%C9%99rpa+olunan+enerji&lang=en>
25. Energy. The State Statistical Committee of the Republic of Azerbaijan. Energy supply from renewable sources. Available at: https://www.stat.gov.az/source/balance_fuel/?lang=en
26. Azerbaijan Renewable Energy. Available at: <https://www.macrotrends.net/global-metrics/countries/aze/azerbaijan/renewable-energy-statistics#:~:text=Azerbaijan%20renewable%20energy%20for%202021,a%200.01%25%20increase%20from%202017>
27. Azerbaijan AZ:(GDP) Gross Domestic Product per Unit of Energy Use: PPP per Kg of Oil Equivalent. Available at: <https://www.ceicdata.com/en/azerbaijan/environmental-energy-production-and-consumption/az-gdp-per-unit-of-energy-use-ppp-per-kg-of-oil-equivalent>
28. Global Historical Emissions. Available at: <https://www.climatewatchdata.org/ghg-emissions?breakBy=sector&chartType=area®ions=AZE&source=Climate%20Watch>
29. Wang, A., Lin, Q., Liu, C., Yang, L., Sun, S. (2024). Sustainable Energy Development: Reviewing Carbon Emission Reduction in Photovoltaic Power Systems. *Sustainability*, 16 (23), 10428. <https://doi.org/10.3390/su162310428>
30. Gajdzik, B., Wolniak, R., Nagaj, R., Žuromskaitė-Nagaj, B., Grebski, W. W. (2024). The Influence of the Global Energy Crisis on Energy Efficiency: A Comprehensive Analysis. *Energies*, 17 (4), 947. <https://doi.org/10.3390/en17040947>
31. Berardi, U. (2017). A cross-country comparison of the building energy consumptions and their trends. *Resources, Conservation and Recycling*, 123, 230–241. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2016.03.014>
32. Oliveira, H., Moutinho, V. (2021). Renewable Energy, Economic Growth and Economic Development Nexus: A Bibliometric Analysis. *Energies*, 14 (15), 4578. <https://doi.org/10.3390/en14154578>

DOI: 10.015587/1729-4061.2025.343574

EXPERIMENTAL DETERMINATION OF THE EFFECT OF FIRE-EXTINGUISHING AGENTS ON A DECREASE IN THE TEMPERATURE INDICATORS OF CYLINDRICAL LITHIUM-ION BATTERIES (p. 22–31)

Oleksandr Lazarenko

Lviv State University of Life Safety, Lviv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0500-0598>

Oleg Pazen

Lviv State University of Life Safety, Lviv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1655-3825>

Nadiia Ferents

Lviv State University of Life Safety, Lviv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3139-0921>

Ivan Adolf

Lviv State University of Life Safety, Lviv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9132-673X>

Volodymyr-Petro Parkhomenko

Lviv State University of Life Safety, Lviv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7431-4801>

This study defines fire hazard parameters for the Panasonic NCR18650B (LiNi_{0.8}Co_{0.15}Al_{0.05}O₂) lithium-ion battery (LIB). The task to obtain high-quality fire extinguishing substances and materials to prevent the spread of combustion implies determining the appropriate data experimentally. In particular, establishing the thermophysical characteristics and time dependence of the change in temperature indicators for the Panasonic NCR18650B (LiNi_{0.8}Co_{0.15}Al_{0.05}O₂) LIB depending on different fire extinguishing substances is a relevant issue that is resolved in this work.

Based on the results of experimental studies, it was determined that the time of occurrence of the critical temperature inside LIB (~ 170°C) exposed to an external energy source (~ 300°C) is ~ 400 s. The effectiveness of the use of water and carbon dioxide (CO₂) on the effectiveness of reducing (cooling) the temperature of the internal filling was experimentally established. Accordingly, the time for reducing the battery temperature to 20°C with water is 400 s; when using CO₂, it is 280 s.

The mathematical model reasonably describes the cooling process of the LIB internal filling and accordingly verifies the experimental results of the study. The proposed mathematical model makes it possible to predict the complete cooling of the LIB depending on the type of extinguishing agent and the initial temperature of the substance. Additionally, the LIB heat transfer coefficients α (W/m²·°C) exposed to the action of water and CO₂ were established, which are 20 and 50, respectively.

The results make it possible to devise effective fire extinguishing agents and an algorithm for their application, in particular, to set the parameters of the extinguishing time and the required volume of the extinguishing agent in accordance with the power and type of battery. Additionally, the mathematical model built can be used for other types of LIBs with already known thermophysical characteristics.

Keywords: lithium-ion cell, cooling efficiency, temperature reduction, extinguishing agents, water, carbon dioxide.

References

1. Feng, X., Ouyang, M., Liu, X., Lu, L., Xia, Y., He, X. (2018). Thermal runaway mechanism of lithium ion battery for electric vehicles: A review. *Energy Storage Materials*, 10, 246–267. <https://doi.org/10.1016/j.ensm.2017.05.013>
2. Nyamathulla, S., Dhanamjayulu, C. (2024). A review of battery energy storage systems and advanced battery management system for different applications: Challenges and recommendations.

- Journal of Energy Storage, 86, 111179. <https://doi.org/10.1016/j.est.2024.111179>
3. Lai, X., Yao, J., Jin, C., Feng, X., Wang, H., Xu, C., Zheng, Y. (2022). A Review of Lithium-Ion Battery Failure Hazards: Test Standards, Accident Analysis, and Safety Suggestions. *Batteries*, 8 (11), 248. <https://doi.org/10.3390/batteries8110248>
 4. Murphy, M., Akrami, M. (2024). Advanced Thermal Management of Cylindrical Lithium-Ion Battery Packs in Electric Vehicles: A Comparative CFD Study of Vertical, Horizontal, and Optimised Liquid Cooling Designs. *Batteries*, 10 (8), 264. <https://doi.org/10.3390/batteries10080264>
 5. Liu, K., Liu, Y., Lin, D., Pei, A., Cui, Y. (2018). Materials for lithium-ion battery safety. *Science Advances*, 4 (6). <https://doi.org/10.1126/sciadv.aas9820>
 6. Altuntop, E. S., Erdemir, D., Kaplan, Y., Özceyhan, V. (2023). A comprehensive review on battery thermal management system for better guidance and operation. *Energy Storage*, 5 (8). <https://doi.org/10.1002/est2.501>
 7. Xie, L., Huang, Y., Lai, H. (2020). Coupled prediction model of liquid-cooling based thermal management system for cylindrical lithium-ion module. *Applied Thermal Engineering*, 178, 115599. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2020.115599>
 8. Luo, W., Zhu, S., Gong, J., Zhou, Z. (2018). Research and Development of Fire Extinguishing Technology for Power Lithium Batteries. *Procedia Engineering*, 211, 531–537. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.12.045>
 9. Grandjean, T. R. B., Groenewald, J., Marco, J. (2019). The experimental evaluation of lithium ion batteries after flash cryogenic freezing. *Journal of Energy Storage*, 21, 202–215. <https://doi.org/10.1016/j.est.2018.11.027>
 10. Ghiji, M., Novozhilov, V., Moinuddin, K., Joseph, P., Burch, I., Suenndermann, B., Gamble, G. (2020). A Review of Lithium-Ion Battery Fire Suppression. *Energies*, 13 (19), 5117. <https://doi.org/10.3390/en13195117>
 11. Wang, K., Ouyang, D., Qian, X., Yuan, S., Chang, C., Zhang, J., Liu, Y. (2023). Early Warning Method and Fire Extinguishing Technology of Lithium-Ion Battery Thermal Runaway: A Review. *Energies*, 16 (7), 2960. <https://doi.org/10.3390/en16072960>
 12. Majeed, F., Jamal, H., Kamran, U., Noman, M., Ali, M. M., Shahzad, T. et al. (2024). Review–Recent Advances in Fire-Suppressing Agents for Mitigating Lithium-Ion Battery Fires. *Journal of The Electrochemical Society*, 171 (6), 060522. <https://doi.org/10.1149/1945-7111/ad5620>
 13. Zhao, J., Xue, F., Fu, Y., Cheng, Y., Yang, H., Lu, S. (2021). A comparative study on the thermal runaway inhibition of 18650 lithium-ion batteries by different fire extinguishing agents. *IScience*, 24 (8), 102854. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2021.102854>
 14. Tang, X., Hu, J., Liu, T., Hu, S., Zhu, P., Wang, X. (2024). Experimental investigation on the cooling effect of fully submerged fine water mist on lithium-ion batteries in confined space. *Applied Thermal Engineering*, 239, 122166. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2023.122166>
 15. Xiao, X., Chen, B., Jin, X., Zeng, Q., Tian, Y., Li, Q. (2024). Experimental Study on the Effect of Synergistic Extinguishing Method Based on Liquid Nitrogen on Lithium-Ion Battery Fire After Thermal Runaway. *Fire*, 7 (12), 479. <https://doi.org/10.3390/fire7120479>
 16. Li, X., Li, X., Li, C., Wu, J., Liu, B. (2024). Study on the fire extinguishing effect of compressed nitrogen foam on 280 Ah lithium iron phosphate battery. *Heliyon*, 10 (11), e31920. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e31920>
 17. Ubaldi, S., Di Bari, C., Quinterno, M., De Rosa, A., Mazzaro, M., Ferrigno, G. et al. (2024). Suppression capacity and environmental impact of three extinguishing agents for lithium-ion battery fires. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 10, 100810. <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2024.100810>
 18. Lazarenko, O., Pazen, O., Velykyi, Y., Parkhomenko, R., Stepaniak, Y. (2024). Determination of Thermal Physical Characteristics of the Panasonic NCR18650b Lithium-Ion Power Supply Element. *Proceedings of the Latvian Academy of Sciences. Section B. Natural, Exact, and Applied Sciences.*, 78 (5-6), 372–379. <https://doi.org/10.2478/prolas-2024-0047>
 19. Tatsii, R., Pazen, O., Shypot, L. (2021). Research of the temperature field in the system of multilayer cylindrical solid bodies under fire conditions. *Fire Safety*, 37, 64–71. <https://doi.org/10.32447/20786662.37.2020.10>
 20. Tatsii, R. M., Pazen, O. Yu. (2018). Direct (Classical) Method of Calculation of the Temperature Field in a Hollow Multilayer Cylinder. *Journal of Engineering Physics and Thermophysics*, 91 (6), 1373–1384. <https://doi.org/10.1007/s10891-018-1871-3>
 21. Zhao, C., Hu, W., Meng, D., Mi, W., Wang, X., Wang, J. (2024). Full-scale experimental study of the characteristics of electric vehicle fires process and response measures. *Case Studies in Thermal Engineering*, 53, 103889. <https://doi.org/10.1016/j.csite.2023.103889>

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.345244

DETERMINING THE FIRE EXTINGUISHING EFFICIENCY OF COMPRESSED AIR FOAM WITH MODIFIED ADDITIVE $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ (p. 32–38)

Stanislav Shakhov

National University of Civil Protection of Ukraine, Cherkasy, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9161-1696>

Stanislav Vynohradov

National University of Civil Protection of Ukraine, Cherkasy, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2569-5489>

Dmytry Hryshchenko

National University of Civil Protection of Ukraine, Cherkasy, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7241-737X>

Andrii Melnychenko

National University of Civil Protection of Ukraine, Cherkasy, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7229-6926>

Evgen Grinchenko

Kharkiv National University of Internal Affairs, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3973-9078>

Liudmyla Knaub

Military Academy (Odesa), Odesa, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0969-4702>

Nataliia Maslich

Military Academy (Odesa), Odesa, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5792-910X>

Tetiana Mohylianets

Military Academy (Odesa), Odesa, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0362-9907>

Volodymyr Pinder

Lviv State University of Life Safety, Lviv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2977-3560>

Yuriy Pavlyuk

Lviv State University of Life Safety, Lviv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0129-1116>

This study examines the fire extinguishing efficiency of aqueous fire extinguishing agents such as compressed air foam with a modified $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ additive, compressed air foam of standard composition, water, and gel-forming composition.

The principal hypothesis assumes that compressed air foam with a modified $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ additive has more effective fire extinguishing properties when extinguishing class A fires in comparison with

compressed air foam of standard composition, water, and gel-forming compositions.

The task addressed was predetermined by the lack of scientifically substantiated comparative data on the fire extinguishing efficiency of aqueous fire extinguishing agents when extinguishing standardized model fires of class 1A: compressed air foam with a modified $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ additive, compressed air foam of standard composition, water, and gel-forming composition.

When using all of the above fire extinguishing agents, successful elimination of combustion was observed. However, the lowest time and mass spent on extinguishing were established precisely for CAF with MA $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$. The mass spent on extinguishing the fire by the CAF with $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ is 7% less than the mass of the CAF of standard composition and 52% less than the mass of water. For compressed air foam with MA $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$, the extinguishing time was recorded to be 10% less than the time required to extinguish the fire by the CAF of standard composition and 51% less than the time of extinguishing with water.

The extinguishing efficiency indicators of the CAF with MA $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$, CAF of standard composition, GFC, and water were compared with each other. As a result, the indicator for CAF with MA $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ is $I_{e,e} = 16.5 \text{ m}^2/\text{kg}\cdot\text{s}$; for CAF of standard composition, $I_{e,e} = 14.03 \text{ m}^2/\text{kg}\cdot\text{s}$; for GFC, $I_{e,e} = 11.9 \text{ m}^2/\text{kg}\cdot\text{s}$; for water, $I_{e,e} = 3.94 \text{ m}^2/\text{kg}\cdot\text{s}$.

The results emphasize that the use of MA in the composition of CAF, in particular $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$, increases its fire-extinguishing properties when extinguishing class A fires. It has been proven that the fire-extinguishing efficiency of CAF with MA content is 15% higher compared to CAF of standard composition. Compared to GFC, the efficiency is 28% higher; compared to water, 77% higher.

Keywords: compressed air foam, modified additives, fire-extinguishing properties, class A fires, water.

References

- Dubinin, D., Korytchenko, K., Lisnyak, A., Hrytsyna, I., Trigub, V. (2018). Improving the installation for fire extinguishing with finely-dispersed water. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (10 (92)), 38–43. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.127865>
- Ostapov, K., Kirichenko, I., Senchykhin, Y., Syrovyy, V., Vorontsova, D., Belikov, A. et al. (2019). Improvement of the installation with an extended barrel of cranked type used for fire extinguishing by gel-forming compositions. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (10 (100)), 30–36. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.174592>
- Shakhov, S., Vinogradov, S., Grishenko, D. (2023). Analysis of ways to increase the efficiency of compressed air foam for extinguishing solid materials. *Municipal Economy of Cities*, 1 (175), 151–159. <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2023-1-175-151-159>
- Shakhov, S., Vinogradov, S., Grushchenko, D. (2023). Analysis of the experience of using modifying additives and their physico-chemical properties for further application in the composition of compressed air foam. *Fire Safety*, 42, 85–95. <https://doi.org/10.32447/20786662.42.2023.10>
- Shakhov, S., Vynohradov, S., Kodryk, A., Titenko, O., Melnychenko, A., Hryshchenko, D. et al. (2024). Influence of modified additives on the properties of compressed air foam. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (6 (130)), 38–48. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.310371>
- Shakhov, S., Vynohradov, S., Hryshchenko, D., Savchenko, A., Grinchenko, E., Knaub, L. et al. (2025). Determining the effect of modified additives on the fire-extinguishing properties of compressed air foam. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (10 (134)), 44–52. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2025.325930>
- Rappsilber, T., Krüger, S. (2018). Design fires with mixed-material burning cribs to determine the extinguishing effects of compressed air foams. *Fire Safety Journal*, 98, 3–14. <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2018.03.004>
- Rappsilber, T., Below, P., Krüger, S. (2019). Wood crib fire tests to evaluate the influence of extinguishing media and jet type on extinguishing performance at close range. *Fire Safety Journal*, 106, 136–145. <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2019.04.014>
- Shakhov, S., Vinogradov, S. (2020). Fire extinguishing efficiency of compressed air foam, water and gel forming agents in a standard class A test fire. *Safety & Fire Technology*, 55 (1), 154–160. <https://doi.org/10.12845/sft.55.1.2020.10>
- Huang, C., Dai, Z., Jiang, Z., Chen, Y., Zhong, M. (2024). Wood stack fire tests to evaluate the influence of extinguishing medium and driving pressure on fire extinguishing efficacy of forest trees. *Thermal Science and Engineering Progress*, 49, 102464. <https://doi.org/10.1016/j.tsep.2024.102464>
- Wu, C., Jing, L., Pan, Y., Zhao, J. (2025). Development and Experimental Evaluation of a Tree Model Test System for Fire Extinguishing Agents. *Journal of Physics: Conference Series*, 3121 (1), 012042. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/3121/1/012042>
- Kim, T.-S., Park, T.-H., Park, J.-H., Yang, J.-H., Han, D.-H., Lee, B.-C., Kwon, J.-S. (2024). Thermal characteristics of fire extinguishing agents in compartment fire suppression. *Science Progress*, 107 (3). <https://doi.org/10.1177/00368504241263435>
- Park, T.-H., Kim, T.-S., Park, J.-H., Yang, J.-H., Lee, B.-C., Kim, T.-D. et al. (2023). Experiments on the Application of Class A and B Fires to Derive the Optimum Air Ratio of Compressed Air Foam Systems. *Fire Science and Engineering*, 37 (4), 38–43. <https://doi.org/10.7731/kifse.95785771>
- Yang, J.-H., Kim, T.-S., Park, T.-H., Kwon, J.-S. (2025). Effectiveness of Surface Pre-Application of Compressed Air Foam in Delaying Combustion Spread to Adjacent Buildings. *Fire*, 8 (9), 359. <https://doi.org/10.3390/fire8090359>
- Weinschenk, C. G., Madrzykowski, D. M., Stakes, K., Willi, J. M. (2017). Examination of Compressed Air Foam (CAF) for interior fire fighting. National Institute of Standards and Technology. <https://doi.org/10.6028/nist.tn.1927>
- Thomitzek, A., Ondruch, J., Chudová, D., Kučera, P. (2015). Effects Of Compressed Air Foam Application On Heat Conditions In Fire Within A Closed Space. *TRANSACTIONS of the VŠB – Technical University of Ostrava, Safety Engineering Series*, 10 (2), 20–25. <https://doi.org/10.1515/tsvses-2015-0009>
- Savchenko, O. V., Kireev, O. O., Ostroverx, O. O. (2011). Determination of Fire-fighting ability is optimized nogo-quantitative composition of the gel-forming system $\text{CaCl}_2 - \text{Na}_2\text{O} \cdot 2.95 \text{ SiO}_2 - \text{H}_2\text{O}$ on the standard model fire. *Problemy požarnoy bezopasnosti*, 29, 149–155. Available at: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/3316>

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.348144

ESTABLISHING PATTERNS IN THE FORMATION OF PROPERTIES OF FIRE-RESISTANT BIOCOMPOSITES BASED ON A HYBRID BINDER (p. 39–47)

Yuriy Tsapko

Kyiv National University of Construction and Architecture,
Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0625-0783>

Aleksii Tsapko

Kyiv National University of Construction and Architecture,
Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2298-068x>

Oksana Berdnyk

Kyiv National University of Construction and Architecture,
Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5321-3518>

Ruslan Likhnyovskyi

Institute of Scientific Research on Civil Protection of the National
University of Civil Protection of Ukraine, Dmytrivka vil., Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9187-9780>

Vladyslav Halitsa

Kyiv National University of Construction and Architecture,
Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-6211-7858>

Maryna Sukhanevych

University of New Brunswick, Fredericton, New Brunswick, Canada
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9644-2852>

Ruslan Klymas

Institute of Scientific Research on Civil Protection of the National
University of Civil Protection of Ukraine, Dmytrivka vil., Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8570-6392>

Vitaly Prisyazhnik

Institute of Scientific Research on Civil Protection of the National
University of Civil Protection of Ukraine, Dmytrivka vil., Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9780-785X>

Pavlo Illiuchenko

Institute of Scientific Research on Civil Protection of the National
University of Civil Protection of Ukraine, Dmytrivka vil., Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6687-6388>

The process that forms the properties of fire-resistant biocomposites based on wood sawdust and a binder from a mixture of gypsum and an intumescent coating based on PVA dispersion has been investigated. The task addressed is to ensure the stability of biocomposites based on a gypsum binder to changes under operating conditions. This is important since the production of biocomposites from renewable sources for construction is relevant.

It has been proven that when thermally exposed to the biocomposite samples, no ignition occurred, the maximum temperature of the flue gases was about 84°C. When using a gypsum binder, a non-combustible structure was formed on the surface of the biocomposite, which prevented the sample from igniting. For a biocomposite based on a binder from a mixture of gypsum and an intumescent coating based on PVA dispersion (hybrid binder), charring of the sample surface is characteristic, which prevents its ignition.

In addition, the results of determining the process of wetting biocomposites with test liquids showed that the obtained solids belong to hydrophilic materials with high water wettability. Analysis of the results of experiments on water absorption of biocomposites reveals that the maximum mass gain of the biocomposite on gypsum binder under the influence of moisture was almost 27% and the main increase in moisture occurred in the first 5 days of exposure. The mass gain of the biocomposite samples on hybrid binder was less than 10% due to the formation of a shell on the surface of sawdust. The value of the compressive strength of biocomposites showed that the sample formed on gypsum binder is significantly fragile. However, for the biocomposite formed on hybrid binder, the ultimate strength is 1.88 MPa, which is provided by the adhesive properties of the intumescent coating.

Thus, there are grounds to argue about the possibility to effectively design operationally stable biocomposites for construction.

Keywords: fragility of gypsum products, hybrid binder, wood sawdust, coke layer, fire resistance.

References

1. Ansari, K. H., Routroy, S., Samyal, R., Kaushik, S. (2025). Development and optimization of pearl millet waste biocomposite ceiling tiles: a waste management approach. *Scientific Reports*, 15 (1). <https://doi.org/10.1038/s41598-025-08351-1>
2. Selvaraj, V. K., Subramanian, J., Dutt, S. S., Annamalai, K., Natarajan, E., Kumaresan, S. (2025). A comparative study on acoustical properties using waste recycled porous materials for environmental sustainability. *Scientific Reports*, 15 (1). <https://doi.org/10.1038/s41598-025-10065-3>
3. Sanadi, A. R., Guna, V., Hoysal, R. V., Krishna, A., Deepika, S., Mohan, C. B., Reddy, N. (2023). MAPP Compatibilized Recycled Woodchips Reinforced Polypropylene Composites with Exceptionally High Strength and Stability. *Waste and Biomass Valorization*, 15 (1), 301–312. <https://doi.org/10.1007/s12649-023-02150-3>
4. Beten , A. D. O., Batoum, C. S., Ndoumou Belinga, R. L., Beten  Ebanda, F., Tamba, J. G., Atangana, A. et al. (2023). Extraction and characterization of a novel tropical fibre Megaphrynium macrostachyum as a biosourced reinforcement for gypsum-based biocomposites. *Journal of Composite Materials*, 57 (16), 2543–2562. <https://doi.org/10.1177/00219983231174682>
5. Bumanis, G., Irbe, I., Sinka, M., Bajare, D. (2021). Biodeterioration of Sustainable Hemp Shive Biocomposite Based on Gypsum and Phosphogypsum. *Journal of Natural Fibers*, 19 (15), 10550–10563. <https://doi.org/10.1080/15440478.2021.1997871>
6. Sinka, M., Zorica, J., Bajare, D., Sahmenko, G., Korjakins, A. (2020). Fast Setting Binders for Application in 3D Printing of Bio-Based Building Materials. *Sustainability*, 12 (21), 8838. <https://doi.org/10.3390/su12218838>
7. Jha, K., Degala, S. K., Yadav, A. S. (2020). Characterization of Hemp Fibre-Reinforced Gypsum Panels for Building Insulation. *Advances in Materials Processing*, 91–100. https://doi.org/10.1007/978-981-15-4748-5_9
8. Chikhi, M., Agoudjil, B., Boudenne, A., Gherabli, A. (2013). Experimental investigation of new biocomposite with low cost for thermal insulation. *Energy and Buildings*, 66, 267–273. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.07.019>
9. Bumanis, G., Andzs, M., Sinka, M., Bajare, D. (2023). Fire Resistance of Phosphogypsum- and Hemp-Based Bio-Aggregate Composite with Variable Amount of Binder. *Journal of Composites Science*, 7 (3), 118. <https://doi.org/10.3390/jcs7030118>
10. Bumanis, G., Vitola, L., Pundiene, I., Sinka, M., Bajare, D. (2020). Gypsum, Geopolymers, and Starch – Alternative Binders for Bio-Based Building Materials: A Review and Life-Cycle Assessment. *Sustainability*, 12 (14), 5666. <https://doi.org/10.3390/su12145666>
11. Yang, C.-Y., Chiang, C.-L., Kuan, C.-F., Kuan, H.-C., Chang, T.-C. (2025). Sustainable flame retardant design for biodegradable polybutylene succinate using tea residue-derived additives. *Polymer*, 339, 129105. <https://doi.org/10.1016/j.polymer.2025.129105>
12. Yan, Y., Dong, S., Jiang, H., Hou, B., Wang, Z., Jin, C. (2022). Efficient and Durable Flame-Retardant Coatings on Wood Fabricated by Chitosan, Graphene Oxide, and Ammonium Polyphosphate Ternary Complexes via a Layer-by-Layer Self-Assembly Approach. *ACS Omega*, 7 (33), 29369–29379. <https://doi.org/10.1021/acsomega.2c03624>
13. Tsapko, Y., Tsapko, A. (2018). Establishment of fire protective effectiveness of reed treated with an impregnating solution and coatings. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (10 (94)), 62–68. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.141030>
14. Song, K., Lee, J., Choi, S.-O., Kim, J. (2019). Interaction of Surface Energy Components between Solid and Liquid on Wettability, and Its Application to Textile Anti-Wetting Finish. *Polymers*, 11 (3), 498. <https://doi.org/10.3390/polym11030498>
15. Mańkowski, P., Laskowska, A. (2021). Compressive strength parallel to grain of earlywood and latewood of yellow pine. *Maderas. Ciencia y Tecnología*, 23. <https://doi.org/10.4067/s0718-221x2021000100457>
16. Tsapko, Y., Tsapko, A., Bondarenko, O. (2020). Modeling the process of moisture diffusion by a flame-retardant coating for wood. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (10 (103)), 14–19. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.192687>

17. Tsapko, Y. V., Yu Tsapko, A., Bondarenko, O. P., Sukhanevych, M. V., Kobryn, M. V. (2019). Research of the process of spread of fire on beams of wood of fire-protected intumescent coatings. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 708 (1), 012112. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/708/1/012112>
18. Tsapko, Y., Tsapko, A., Lomaha, V., Illiuchenko, P., Berdnyk, O., Likhnyovskiy, R. et al. (2025). Establishing patterns in the formation of biocomposites for thermal insulation of building structures. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 4 (10 (136)), 56–64. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2025.337401>
19. Tsapko, Y., Tsapko, A., Likhnyovskiy, R., Berdnyk, O., Sukhanevych, M., Slutsk, O., Borysova, A. et al. (2025). Establishing the thermal changes in the foam layer of a biocomposite coating upon the addition of potassium nitrate. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 5 (10 (137)), 67–76. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2025.341605>
20. Tsapko, Y., Likhnyovskiy, R., Horbachova, O., Mazurchuk, S., Tsapko, A., Sokolenko, K. et al. (2022). Identifying parameters for wood protection against water absorption. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 6 (10 (120)), 71–81. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.268286>

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.348864

ASSESSMENT OF ENERGY EFFICIENCY AND ENVIRONMENTAL PERFORMANCE OF LED LIGHT SOURCES BY THE ECODESIGN METHODS (p. 48–60)

Vasyl Nazarenko

State Institution «Kundiiev Institute of Occupational Health of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine», Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5238-4312>

Viktor Sorokin

V. Lashkaryov Institute of Semiconductor Physics of National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1499-1357>

Demyd Pekur

V. Lashkaryov Institute of Semiconductor Physics of National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4342-5717>

Svitlana Shpak

State Enterprise «Poltava Regional Research and Technical Center of Standardization, Metrology and Certification», Poltava, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1417-3944>

Iuliia Basova

Poltava State Agrarian University, Poltava, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4057-7712>

Sabir Baghirov

Azerbaijan Technical University, Baku, Azerbaijan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9411-1374>

Gregory Kozhushko

National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic», Poltava, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7306-4529>

The object of the study is the processes and factors that determine the energy efficiency and environmental friendliness of LED light sources and contribute to reducing negative impacts on the environment and human health.

The work investigated the levels of energy efficiency and environmental friendliness of commercial samples of LED luminaires for compliance with the requirements of the EU Commission Regulations on Energy Labeling No. 2019/2015 and on Ecodesign No. 2019/2020. The network efficiency coefficient η_{TM} (lm/W) was taken as the energy efficiency criterion. The main environmental friendliness

criteria: the limit level of flicker luminance P_{sLM} and the visibility of the stroboscopic effect SVM are established by the EU Commission Regulation No. 2019/2020; the limit level of blue light hazard should not exceed the risk group RG1 according to EN 62471:2018; the limit levels of the Unified Glare Rating UGR according to ISO 8995-1:2025.

LED luminaires using high-power LEDs have a η_{TM} coefficient of 135–170 lm/W and comply with energy efficiency classes D and C according to Commission Regulation EU No. 2019/2015. The η_{TM} coefficient of luminaires with low-power LEDs is 100 lm/W, energy efficiency class F.

Luminaires with low-power LEDs correspond to the RG0 risk group in terms of blue light safety, and luminaires with high-power LEDs correspond to the RG1 risk group. All tested luminaires meet the requirements of Commission Regulation EU No. 2019/2020 in terms of flicker luminance and visibility of the stroboscopic effect ($P_{sLM} < 1$, $SVM < 0.4$). Light exceeding the established limit values for these indicators has a negative impact on health and can be classified as light pollution.

Light sources have the greatest impact on the environment as a result of the consumption of electrical energy.

Keywords: light sources, lighting systems, light sources, LED lighting systems, light pollution, environment.

References

1. Foster, G. (2020). Circular economy strategies for adaptive reuse of cultural heritage buildings to reduce environmental impacts. Resources, Conservation and Recycling, 152, 104507. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104507>
2. Sompolska-Rzechuła, A., Bąk, I., Becker, A., Marjak, H., Perzyńska, J. (2024). The Use of Renewable Energy Sources and Environmental Degradation in EU Countries. Sustainability, 16 (23), 10416. <https://doi.org/10.3390/su162310416>
3. Document 32009L0125. Directive 2009/125/EC of the European Parliament and of the Council of 21 October 2009 establishing a framework for the setting of ecodesign requirements for energy-related products (recast). Available at: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2009/125/oj/eng>
4. Document 32024R1781. Regulation (EU) 2024/1781 of the European Parliament and of the Council of 13 June 2024 establishing a framework for the setting of ecodesign requirements for sustainable products, amending Directive (EU) 2020/1828 and Regulation (EU) 2023/1542 and repealing Directive 2009/125/EC. Available at: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2024/1781/oj/eng>
5. Wu, Y., Su, D. (2021). LCA of an industrial luminaire using product environmental footprint method. Journal of Cleaner Production, 305, 127159. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127159>
6. Lozano-Miralles, J. A., Hermoso-Orzáez, M. J., Gago-Calderón, A., Brito, P. (2019). LCA Case Study to LED Outdoor Luminaires as a Circular Economy Solution to Local Scale. Sustainability, 12 (1), 190. <https://doi.org/10.3390/su12010190>
7. Franz, M., Wenzl, F. P. (2017). Critical review on life cycle inventories and environmental assessments of LED-lamps. Critical Reviews in Environmental Science and Technology, 47 (21), 2017–2078. <https://doi.org/10.1080/10643389.2017.1370989>
8. Hölker, F., Jechow, A., Schroer, S., Tockner, K., Gessner, M. O. (2023). Light pollution of freshwater ecosystems: principles, ecological impacts and remedies. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 378 (1892). <https://doi.org/10.1098/rstb.2022.0360>
9. Widmer, K., Beloconi, A., Marnane, I., Vounatsou, P. (2022). Review and Assessment of Available Information on Light Pollution in Europe. ETC HE Report 2022/8. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7314224>
10. Document 32019R2020. Commission Regulation (EU) 2019/2020 of 1 October 2019 laying down ecodesign requirements for light sources and

- separate control gears pursuant to Directive 2009/125/EC of the European Parliament and of the Council and repealing Commission Regulations (EC) No 244/2009, (EC) No 245/2009 and (EU) No 1194/2012. Available at: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2019/2020/oj/eng>
11. Document 32019R2015. Commission Delegated Regulation (EU) 2019/2015 of 11 March 2019 supplementing Regulation (EU) 2017/1369 of the European Parliament and of the Council with regard to energy labelling of light sources and repealing Commission Delegated Regulation (EU) No 874/2012. Available at: https://eur-lex.europa.eu/eli/reg_del/2019/2015/oj/eng
 12. Baghirov, S., Kharchenko, V., Shpak, S., Pitiaikov, O., Kyslytsia, S., Sakhno, T., Kozhushko, H. (2025). Influence of Eco-Design Policy and Energy Labeling on the Level of Energy Efficiency and Functionality of Led Lamps. *Latvian Journal of Physics and Technical Sciences*, 62 (2), 42–59. <https://doi.org/10.2478/lpts-2025-0012>
 13. Shang, Y.-M., Wang, G.-S., Sliney, D. H., Yang, C.-H., Lee, L.-L. (2017). Light-emitting-diode induced retinal damage and its wavelength dependency in vivo. *International Journal of Ophthalmology*, 10 (2), 191–202. <https://doi.org/10.18240/ijo.2017.02.03>
 14. Krigel, A., Berdugo, M., Picard, E., Levy-Boukris, R., Jaadane, I., Jonet, L. et al. (2016). Light-induced retinal damage using different light sources, protocols and rat strains reveals LED phototoxicity. *Neuroscience*, 339, 296–307. <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2016.10.015>
 15. Ratnayake, K., Payton, J. L., Lakmal, O. H., Karunarathne, A. (2018). Blue light excited retinal intercepts cellular signaling. *Scientific Reports*, 8 (1). <https://doi.org/10.1038/s41598-018-28254-8>
 16. Batra, S., Pandav, C. S., Ahuja, S. (2019). Light Emitting Diode Lighting Flicker, its Impact on Health and the Need to Minimise it. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*. <https://doi.org/10.7860/jcdr/2019/41491.12880>
 17. Baghirov, S., Pitiaikov, O., Shpak, S., Kyslytsia, S., Sakhno, T., Kozhushko, H. (2023). Research of Problems Flicker Level of LED Lamps and Luminaires for General Lighting. *Przegląd Elektrotechniczny*, 1 (12), 121–125. <https://doi.org/10.15199/48.2023.12.22>
 18. Gaston, K. J., Ackermann, S., Bennie, J., Cox, D. T. C., Phillips, B. B., Sánchez de Miguel, A., Sanders, D. (2021). Pervasiveness of Biological Impacts of Artificial Light at Night. *Integrative and Comparative Biology*, 61 (3), 1098–1110. <https://doi.org/10.1093/icb/icab145>
 19. 2030 climate & energy framework (2020). European Commission. Available at: <https://build-up.ec.europa.eu/en/resources-and-tools/links/2030-climate-energy-framework>
 20. Baghirov, S., Kharchenko, V., Shpak, S., Kyslytsia, S., Shefer, O., Kozhushko, H. (2024) Investigation of discomfort and dazzling glare from led lighting systems. *International Journal on “Technical and Physical Problems of Engineering” (IJTPE)*, 16 (4 (61)). Available at: <https://www.researchgate.net/publication/391209156>
 21. Kohko, S., Ayama, M., Iwata, M., Kyoto, N., Toyota, T. (2015). Study on Evaluation of LED Lighting Glare in Pedestrian Zones. *Journal of Light & Visual Environment*, 39, 15–25. <https://doi.org/10.2150/jlve.ieij150000566>
 22. Abboushi, B., Miller, N. (2022). What to measure and report in studies of discomfort from glare for pedestrian applications. *Lighting Research & Technology*, 56 (3), 250–259. <https://doi.org/10.1177/14771535221087133>
 23. Cougnard-Gregoire, A., Merle, B. M. J., Aslam, T., Seddon, J. M., Aknin, I., Klaver, C. C. W. et al. (2023). Blue Light Exposure: Ocular Hazards and Prevention – A Narrative Review. *Ophthalmology and Therapy*, 12 (2), 755–788. <https://doi.org/10.1007/s40123-023-00675-3>
 24. Position Statement on the Blue Light Hazard (April 23, 2019). Vienna. Available at: <https://cie.co.at/publications/position-statement-blue-light-hazard-april-23-2019>
 25. Lo Verso, V. R. M., Pellegrino, A. (2019). Energy Saving Generated Through Automatic Lighting Control Systems According to the Estimation Method of the Standard EN 15193-1. *Journal of Daylighting*, 6 (2), 131–147. <https://doi.org/10.15627/jd.2019.13>
 26. Sakhno, T. V., Kozhushko, G. M., Nazarenko, V. I. (2024). Light pollution from led lighting systems and ways of reducing its environmental consequences. *Ukrainian Journal of Occupational Health*, 20 (2), 138–147. <https://doi.org/10.33573/ujoh2024.02.138>

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.347018

ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМУ ТЕПЛОГЕНЕРУЮЧОЇ УСТАНОВКИ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЕЛЕКТРОГІДРОІМПУЛЬСНОГО ЗНЕЖИРЮВАННЯ ОРГАНІЧНИХ МАТЕРІАЛІВ (с. 6–13)**Bekbolat Nussupbekov, Moldir Duisenbayeva, Yerlan Oshanov, Amangeldy Satybaldin, Raikhan Turlybekova**

Об'єктом дослідження є переробка органічних відходів з використанням менш енергоємних технологій. У цій статті розглядаються питання вдосконалення методів перетворення енергії, спрямованих на ефективну переробку органічних відходів з використанням менш енергоємних технологій.

Ударні хвилі та локальні мікроджерела високих температур і тисків руйнують клітинні та міжклітинні структури органічного матеріалу. У процесі експериментальної роботи було встановлено, що ефективне виділення цінних компонентів з відходів органічного матеріалу залежить від напруги розряду та ємності накопичувального конденсатора. Під час роботи оптимальна температура робочого тіла встановлювалася в діапазоні 36–50°C, а максимальний вихід продукту спостерігався при енергії в діапазоні 120–240 Дж на комутаційному пристрої. Підтримка цього температурного діапазону забезпечується гідродинамічною установкою, яка створює постійний та рівномірний нагрів робочої комірки електрогідроімпульсної установки. Завдяки інтенсивним гідродинамічним процесам, таким як турбулентність, кавітація та локальні перепади тиску, тепло розподіляється рівномірно, що забезпечує ефективну переробку органічних матеріалів та стабільність процесу. Тригліцеридна фракція є незамінним джерелом сировини не лише в харчовій промисловості, але й для медицини, будівництва та промисловості (для змащування деталей машин та вимірювальних приладів).

Ключові слова: органічні матеріали, електрогідроімпульсний метод, кавітація, інерційна гідродинамічна установка, цінні компоненти.

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.345067

РОЗРОБКА ІНТЕГРОВАНОЇ МОДЕЛІ СКОРОЧЕННЯ ВИКИДІВ ЗАВДЯКИ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ТА ВИКОРИСТАННЮ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ (с. 14–21)**Emin Ahmadzade, Rasul Balayev, Ulviyya Rzayeva, Konul Mirzammadova**

Дослідження зосереджене на енергетичному секторі країни, включаючи виробництво відновлюваної енергії. Проблема, яку потрібно вирішити, полягає в моделюванні впливу енергоефективності та виробництва відновлюваної енергії на викиди парникових газів у країні. Це дослідження досліджує вплив енергоефективності та переходу на відновлювані джерела енергії на викиди парникових газів в Азербайджані, де в енергетичному балансі домінує викопне паливо. Використовуючи аналітичну основу на основі регресії, дослідження кількісно визначає внесок цих факторів у зміни рівнів викидів з часом. Емпіричні результати показують, що підвищення енергоефективності, виміряне як валовий внутрішній продукт (ВВП), що виробляється на одиницю загального споживання енергії, має найбільший вплив на скорочення викидів. Цей висновок свідчить про те, що економічне зростання, зумовлене ефективним використанням енергії, може служити ключовим механізмом декарбонізації. Натомість очікуваний пом'якшувальний ефект частки відновлюваних джерел енергії в національному енергетичному балансі не був статистично значущим. Цей результат, ймовірно, пояснюється відносно невеликою часткою відновлюваних джерел енергії в загальному енергопостачанні Азербайджану та ранньою стадією розвитку сектору відновлюваної енергії країни. Дослідження робить висновок, що ефективна кліматична політика повинна поєднувати заходи щодо прискорення підвищення енергоефективності з ініціативами щодо розширення використання відновлюваної енергії. Запропонована модель підкреслює подвійну важливість оптимізації існуючого споживання енергії та інвестування в чистіші технології. Виходячи з результатів, 80% щорічної зміни викидів парникових газів у країні можна пояснити змінами таких факторів, як виробництво електроенергії з відновлюваних джерел, частка електроенергії з відновлюваних джерел у загальному виробництві електроенергії та ВВП на одиницю споживання енергії. Результати дослідження можуть бути застосовані для розробки стратегій сталого розвитку енергетики та довгострокової політики декарбонізації.

Ключові слова: декарбонізація, стала енергетика, стратегії скорочення викидів, екологічна політика, регресійний аналіз.

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.343574

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ВОГНЕГАСНИХ РЕЧОВИН НА ЗНИЖЕННЯ ТЕМПЕРАТУРНИХ ПОКАЗНИКІВ ЦИЛІНДРИЧНИХ ЛІТІЙ-ІОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ ЖИВЛЕННЯ (с. 22–31)**О. В. Лазаренко, О. Ю. Пазен, Н. О. Ференц, І. І. Адольф, В.-П. О. Пархоменко**

Об'єктом дослідження було визначено параметри пожежної небезпеки літій-іонних елементів живлення (ЛІЕЖ) Panasonic NCR18650B ($\text{LiNi}_{0.8}\text{Co}_{0.15}\text{Al}_{0.05}\text{O}_2$). Проблема отримання високоякісних вогнегасних речовин та матеріалів для попередження розповсюдження горіння полягає в отриманні відповідних даних експериментальним шляхом. Зокрема, встановлення теплофізичних характеристик та часових показників залежності зміни температурних показників ЛІЕЖ Panasonic NCR18650B ($\text{LiNi}_{0.8}\text{Co}_{0.15}\text{Al}_{0.05}\text{O}_2$) залежно від різних вогнегасних речовин є актуальним питанням, яке вирішено в роботі.

За результатами експериментальних досліджень було визначено, що час настання критичної температури в середині (~ 170°C) ЛІЕЖ за умов дії зовнішнього джерела енергії (~ 300°C) складає ~ 400 с. Експериментально встановлено ефективність використання

води та вуглекислоти (CO_2) на ефективність зниження (охолодження) температури внутрішнього наповнення. Відповідно час зниження температури елемента до 20°C водою складає 400 с, а за умови використання CO_2 складає 280 с.

Математична модель задовільно описує процес охолодження внутрішнього наповнення ЛПЕЖ та відповідно верифікує експериментальні результати дослідження. Запропонована математична модель дає змогу здійснити прогнозування повного охолодження ЛПЕЖ залежно від типу вогнегасної речовини та першопочаткової температури речовини. Додатково, встановлено коефіцієнти тепло-віддачі ЛПЕЖ α ($\text{Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$) за умови дії водою та CO_2 , що становлять 20 та 50 відповідно.

Отримані результати дають можливість здійснити розробку ефективних вогнегасних речовин та алгоритму їх застосування, зокрема встановити параметри часу гасіння та необхідного об'єму вогнегасної речовини відповідно до потужності та виду акумуляторної батареї. Додатково, представлена математична модель може бути використана для інших типів ЛПЕЖ з вже відомим теплофізичним характеристиками.

Ключові слова: літій-іонний елемент, ефективність охолодження, зниження температури, засоби гасіння, вода, вуглекислота.

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.345244

ВИЗНАЧЕННЯ ВОГНЕГАСНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ КОМПРЕСИЙНОЇ ПІНИ ІЗ МОДИФІКОВАНОЮ ДОБАВКОЮ $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ (с. 32–38)

С. М. Шахов, С. А. Виноградов, Д. В. Грищенко, А. С. Мельниченко, Є. М. Грінченко, Л. В. Кнауб, Н. Ю. Масліч, Т. М. Могилянець, В. Ф. Піндер, Ю. Е. Павлюк

Об'єктом дослідження є вогнегасна ефективність водних вогнегасних речовин, як компресійна піна із модифікованою добавкою $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$, компресійна піна традиційного складу, вода та гелеутворювальний склад.

Основна гіпотеза полягає в тому, що компресійна піна із модифікованою добавкою $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ має більш ефективні вогнегасні властивості при гасінні пожеж класу А у порівнянні із компресійною піною традиційного складу, водою та гелеутворювальними складами.

Проблема, що вирішувалась, – відсутність науково обґрунтованих порівняльних даних щодо вогнегасної ефективності водних вогнегасних речовин при гасінні ними стандартизованих модельних вогнищ пожежі класу 1А: компресійної піни з модифікованою добавкою $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$, компресійної піни традиційного складу, води та гелеутворювального складу.

При використанні всіх зазначених вогнегасних засобів спостерігалось успішна ліквідація горіння. Проте найнижчий час та витрачена маса на гасіння були встановлені саме для КП із МД $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$. Маса, що була витрачена на гасіння вогнища КП із $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$, на 7% менша за масу КП традиційного складу та 52% менша за масу води. Для компресійної піни із МД $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ зафіксований час гасіння на 10% менший за час, необхідний для гасіння вогнища КП традиційного складу, та на 51% менший за час гасіння водою.

Порівняно показники ефективності гасіння КП із МД $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$, КП традиційного складу, ГУС та води між собою. У результаті показник для КП із МД $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ становить $I_{e,e} = 16,5 \text{ м}^2/\text{кг}\cdot\text{с}$, для КП традиційного складу $I_{e,e} = 14,03 \text{ м}^2/\text{кг}\cdot\text{с}$, для ГУС $I_{e,e} = 11,9 \text{ м}^2/\text{кг}\cdot\text{с}$, для води $I_{e,e} = 3,94 \text{ м}^2/\text{кг}\cdot\text{с}$.

Отримані результати підкреслюють, що застосування МД у складі КП, зокрема $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$, підвищує її вогнегасні властивості, при гасінні пожеж класу А. Доведено, що вогнегасна ефективність КП зі вмістом МД на 15% вище відносно до КП традиційного складу. Порівняно з ГУС ефективність вища на 28%, а порівняно з водою – на 77%.

Ключові слова: компресійна піна, модифіковані добавки, вогнегасні властивості, пожежі класу А, вода.

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.348144

ВСТАНОВЛЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ФОРМУВАННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ВОГНЕСТІЙКИХ БІОКОМПЗИТИВ НА ОСНОВІ ГІБРИДНОГО В'ЯЖУЧОГО (с. 39–47)

Ю. В. Цапко, О. Ю. Цапко, О. Ю. Бердник, Р. В. Ліхнівський, В. В. Галіца, М. В. Суханевич, Р. В. Климась, В. В. Присяжнюк, П. О. Іллюченко

Об'єктом досліджень є процес формування властивостей вогнестійких біокомпозитів на основі деревної тирси і в'язучому із суміші гіпсу та інтумесцентного покриття на основі ПВА-дисперсії. Проблема, яка досліджувалась, полягає у забезпеченні стійкості біокомпозитів на основі гіпсового в'язучого до зміни умов експлуатації. Це важливо, оскільки виробництво біокомпозитів з відновлюваних джерел для будівництва, є актуальним. Доведено, що при термічній дії на зразки біокомпозитів займання не відбулося, максимальна температура димових газів склала близько 84°C . При застосування гіпсового в'язучого на поверхні біокомпозиту утворилася негорюча структура, яка запобігла займанню зразка. Для біокомпозиту на в'язучому з суміші гіпсу та інтумесцентного покриття на основі ПВА-дисперсії (гібридне в'язуче) характерне утворення обвуглювання поверхні зразка, що запобігає його займанню. Окрім того, за результатами визначення процесу змочування біокомпозитів тестовими рідинами встановлено, що отримані тверді тіла відносяться до гідрофільних матеріалів, що мають високу змочуваність водою. Аналіз результатів експериментів з водопоглинання біокомпозитів показує, що максимальний приріст маси біокомпозиту на гіпсовому в'язучому при дії води склав майже 27% і основний приріст води наступив у перші 5 діб експозиції. Приріст маси зразків біокомпозиту на гібридному в'язучому становив менше 10% за рахунок утворення оболонки на поверхні тирси. Значення міцності біокомпозитів до стиску засвідчило, що зразок, сформований на гіпсовому в'язучому, є значно крихким. Проте, для біокомпозиту, сформованого на гібридному в'язучому, межа міцності складає 1,88 МПа, яка забезпечується клейовими властивостями інтумесцентного покриття. Таким чином, є підстави стверджувати про можливість ефективного створення експлуатаційно стійких біокомпозитів для будівництва.

Ключові слова: крихкість гіпсових виробів, гібридне в'язуче, деревна тирса, шар коксу, вогнестійкість.

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.348864

ОЦІНКА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ТА ЕКОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ СВІТЛОДІОДНИХ ДЖЕРЕЛ СВІТЛА МЕТОДАМИ ЕКОДИЗАЙНУ (с. 48–60)**В. І. Назаренко, В. М. Сорокін, Д. В. Пекур, С. В. Шпак, Ю. О. Басова, С. А. Багіров, Г. М. Кожушко**

Об'єктом дослідження є процеси та фактори, що визначають енергоефективність та екологічність світлодіодних джерел світла і сприяють зниженню негативних впливів на навколишнє середовище та здоров'я людей.

В роботі досліджували рівні енергоефективності та екологічності комерційних зразків світлодіодних світильників на відповідність вимогам Регламентів Комісії ЄС з енергетичного маркування № 2019/2015 та з екодизайну № 2019/2020. За критерій енергоефективності було прийнято коефіцієнт корисної дії мережі η_{TM} (лм/Вт). Основні критерії екологічності: граничний рівень мерехтіння яскравості P_{sLM} та видимість стробоскопічного ефекту SVM встановлені Регламентом Комісії ЄС № 2019/2020; граничний рівень небезпеки синього світла не повинен перевищувати групу ризику RG1 за EN 62471:2018; граничні рівні узагальненого показника дискомфорту UGR за ISO 8995-1:2025.

Світлодіодні світильники з використанням світлодіодів великої потужності мають коефіцієнт η_{TM} 135–170 лм/Вт і відповідають класам енергоефективності D і C за Регламентом Комісії ЄС № 2019/2015. Коефіцієнт η_{TM} світильників з малопотужними світлодіодами – 100 лм/Вт, клас енергоефективності F.

Світильники з малопотужними світлодіодами, відповідають за рівнем безпечності синього світла групі ризику RG0, а світильники з потужними світлодіодами – групі ризику RG1. Всі досліджені світильники відповідають вимогам Регламенту Комісії ЄС № 2019/2020 за рівнем мерехтіння яскравості та видимості стробоскопічного ефекту ($P_{sLM} < 1$, $SVM < 0,4$). Світло, що перевищує встановлені граничні норми за цими показниками, негативно впливає на здоров'я та може класифікуватись, як світлове забруднення.

Джерела світла найбільший вплив на навколишнє середовище здійснюють в результаті споживання електричної енергії.

Ключові слова: джерела світла, систем освітлення, джерел світла, світлодіодні системи освітлення, світлове забруднення, навколишнє середовище.