

ABSTRACT AND REFERENCES

ECOLOGY

DOI 10.15587/1729-4061.2026.351699

RESILIENCE OF COMPOSITE ENVIRONMENTAL SAFETY INDICES UNDER WARTIME CONDITIONS: SENSITIVITY TO METHODOLOGY AND THE IMPACT OF STATISTICAL DISTORTIONS (p. 6–21)

Yevhenii Bulhakov

National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Kyiv, Ukraine

ORCID <https://orcid.org/0009-0006-6123-3643>

Viacheslav Hnatiuk

National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Kyiv, Ukraine

ORCID <https://orcid.org/0009-0000-0709-0246>

Tetyana Shablii

Polytechnic Institute”, Kyiv, Ukraine

ORCID <https://orcid.org/0000-0003-3454-675X>

This study investigates the process of building a stable methodological basis for assessing environmental risks in regions. The possibilities of using integrated indicators of environmental risks have been considered, which are a useful tool for summarizing complex information. However, their interpretation should be especially cautious during periods of social upheaval. The combination of a quantitative index with a qualitative analysis is necessary for a complete and adequate assessment of environmental safety for such periods.

This work analyzes the methodological robustness of composite indices of environmental safety of regions under war-time conditions using Ukraine as an example. The influence of the choice of normalization methods, weighting schemes, and processing of missing data on the results of integrated ranking was studied. It is shown that under crisis conditions the semantics of key social-ecological indicators undergoes qualitative changes, as a result of which conventional interpretations of their dynamics become incorrect.

A comparative analysis of combinations of normalization and weighting of indicators for calculating the integrated index of environmental safety of regions in Ukraine over 2021–2022 was conducted. It was found that the rank approach in combination with equilibrium weighting is methodologically unstable under crisis conditions and leads to inversions in regional ranking. An algorithm for calculating the index has been proposed, which involves checking the stability of regional indicators for the completeness and reliability of statistical data, which increases the adequacy of environmental risk assessment during the conflict period. This is particularly important for Ukraine but is also relevant for other countries experiencing or recovering from conflict.

The findings make it possible to increase the readiness of an environmental monitoring system for emergencies, as well as contribute to the construction of a robust methodological base for assessing environmental risks.

Keywords: environmental safety, environmental risk indices, environmental indicators, military conflict zones.

References

- Nardo, M., Saisana, M., Saltelli, A., Tarantola, S., Hoffmann, A., Giovannini, E. (2008). Handbook on Constructing Composite Indicators: Methodology and User Guide. OECD publishing. Available at: <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC47008>
- Saisana, M., Saltelli, A. (2010). The Multidimensional Poverty Assessment Tool (MPAT): Robustness issues and Critical assessment. Publications Office of the European Union. <https://dx.doi.org/10.2788/82008>
- Singh, R. K., Murty, H. R., Gupta, S. K., Dikshit, A. K. (2012). An overview of sustainability assessment methodologies. *Ecological Indicators*, 15 (1), 281–299. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.01.007>
- Greco, S., Ishizaka, A., Tasiou, M., Torrisi, G. (2018). On the Methodological Framework of Composite Indices: A Review of the Issues of Weighting, Aggregation, and Robustness. *Social Indicators Research*, 141 (1), 61–94. <https://doi.org/10.1007/s11205-017-1832-9>
- Paruolo, P., Saisana, M., Saltelli, A. (2012). Ratings and Rankings: Voodoo or Science? *Journal of the Royal Statistical Society Series A: Statistics in Society*, 176 (3), 609–634. <https://doi.org/10.1111/j.1467-985x.2012.01059.x>
- Alqarah, K. (2023). Assessing the robustness of composite indicators: the case of the Global Innovation Index. *Journal of Innovation and Entrepreneurship*, 12 (1). <https://doi.org/10.1186/s13731-023-00332-w>
- Becker, W., Saisana, M., Paruolo, P., Vandecasteele, I. (2017). Weights and importance in composite indicators: Closing the gap. *Ecological Indicators*, 80, 12–22. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.03.056>
- Zhou, P., Ang, B. W., Poh, K. L. (2007). A mathematical programming approach to constructing composite indicators. *Ecological Economics*, 62 (2), 291–297. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2006.12.020>
- Munda, G., Nardo, M. (2009). Noncompensatory/nonlinear composite indicators for ranking countries: a defensible setting. *Applied Economics*, 41 (12), 1513–1523. <https://doi.org/10.1080/00036840601019364>
- Wehbe, C., Baroud, H. (2024). Limitations and considerations of using composite indicators to measure vulnerability to natural hazards. *Scientific Reports*, 14 (1). <https://doi.org/10.1038/s41598-024-68060-z>
- Srebotnjak, T., Carr, G., de Sherbinin, A., Rickwood, C. (2012). A global Water Quality Index and hot-deck imputation of missing data. *Ecological Indicators*, 17, 108–119. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.04.023>
- Stevens, S. M., Joy, M. K., Abrahamse, W., Milfont, T. L., Petherick, L. M. (2023). Composite environmental indices – a case of rickety rankings. *PeerJ*, 11, e16325. <https://doi.org/10.7717/peerj.16325>
- Ghobarah, H. A., Huth, P., Russett, B. (2003). Civil Wars Kill and Maim People – Long After the Shooting Stops. *American Political Science Review*, 97 (02). <https://doi.org/10.1017/s0003055403000613>
- Kachynskyi, A. (2001). *Ekolohichna bezpeka Ukrainy: systemnyi analiz perspektyv pokrashchennia*. Kyiv: NISD, 312.
- Gan, X., Fernandez, I. C., Guo, J., Wilson, M., Zhao, Y., Zhou, B., Wu, J. (2017). When to use what: Methods for weighting and aggregating sustainability indicators. *Ecological Indicators*, 81, 491–502. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.05.068>
- Krampe, F., Kreutz, J., Ide, T. (2025). “Armed conflict causes long-lasting environmental harms.” *Environment and Security*. <https://doi.org/10.1177/27538796251323739>
- Cutter, S. L., Boruff, B. J., Shirley, W. L. (2003). Social Vulnerability to Environmental Hazards*. *Social Science Quarterly*, 84 (2), 242–261. <https://doi.org/10.1111/1540-6237.8402002>

18. Nardo, M., Saisana, M., Saltelli, A., Tarantola, S. (2025). Tools for Composite Indicators Building. EUR 21682 EN. Available at: <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC31473>
19. State Statistics Service of Ukraine. Available at: <https://ukrstat.gov.ua/>
20. Böhringer, C., Jochem, P. E. P. (2007). Measuring the immeasurable – A survey of sustainability indices. *Ecological Economics*, 63 (1), 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.03.008>
21. Dodatok 2. Tendentsiyi sotsialno-ekonomichnoho rozvytku v umovakh povnomasshtabnoho viyskovoho vtorhnennia Rosiyskoi Federatsiyi v Ukrainu. Available at: <https://dn.gov.ua/storage/app/sites/1/uploaded-files/dodatok-2-do-strategii-tendentsii-sotsialno-ekonomichnoho-rozvytku.docx>
22. Conflict and Environment Observatory. Available at: <https://ceobs.org/ukraine-conflict-environmental-briefing-industry/>
23. The State Emergency Service of Ukraine. Available at: <https://dns.gov.ua>
24. State Forest Resources Agency of Ukraine. Available at: <https://forest.gov.ua/>
25. Moretti, A., Arias-Salazar, A. (2025). Computing multidimensional composite indicators for small areas in presence of missing variables: a data integration approach. *Journal of the Royal Statistical Society Series C: Applied Statistics*, 75 (1), 21–42. <https://doi.org/10.1093/jrsssc/qlaf032>
26. Xavier, A., Fragoso, R., Freitas, M. de B. C. (2025). Building sustainability composite indicators using a multi-criteria approach. *European Journal of Operational Research*, 326 (2), 326–342. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2025.04.024>
27. D'Adamo, I., Di Leo, S., Gastaldi, M., Paris, A. (2025). Evaluating sustainability in Europe with composite indicators. *Discover Sustainability*, 6 (1). <https://doi.org/10.1007/s43621-025-02129-1>
28. Blancas, F. J., Contreras, I. (2024). Global SDG composite indicator: A new methodological proposal that combines compensatory and non-compensatory aggregations. *Sustainable Development*, 33 (1), 158–176. <https://doi.org/10.1002/sd.3109>

DOI: 10.15587/1729-4061.2026.351507

DETECTING CADMIUM BIOACCUMULATION IN SOIL AND ITS TRANSLOCATION INTO AGRICULTURAL PRODUCE (p. 22–28)

Maryna Samilyk

Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine
ORCID <https://orcid.org/0000-0002-4826-2080>

Serhii Bokovets

Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine
ORCID <https://orcid.org/0000-0003-0466-2426>

Oleh Bakhmat

Higher Educational Institution “Podillia State University”,
Kamenets-Podolsky, Ukraine
ORCID <https://orcid.org/0000-0002-8015-1567>

Ulyana Nedilaska

Higher Educational Institution “Podillia State University”,
Kamenets-Podolsky, Ukraine
ORCID <https://orcid.org/0000-0001-7427-0087>

Taisia Ryzhkova

State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine
ORCID <https://orcid.org/0000-0003-3358-7496>

Ihor Hnoievyi

State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine
ORCID <https://orcid.org/0000-0003-1350-6898>

Dmytro Hrinchenko

State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine
ORCID <https://orcid.org/0000-0001-7617-1576>

Alla Petrenko

State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine
ORCID <https://orcid.org/0000-0003-2198-8719>

Anna Hotvianska

Dnipro State Agrarian and Economic University, Dnipro, Ukraine
ORCID <https://orcid.org/0000-0003-3887-3192>

Yevhen Yevtushenko

Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine
ORCID <https://orcid.org/0000-0003-1036-4652>

This paper quantifies transition factors (TFs) of Cd from soil to feed for dairy cattle (pasture grass, hay, straw) and to cow's milk.

The study area is a transit area for the movement of military air objects and is likely to be contaminated with heavy metals. Analysis of soil and agricultural produce could make it possible to establish the level of their safety.

Field studies were conducted in July and October 2025 in the village of Sulske (Ukraine), located within 50 km of the combat zone. The concentration of Cd, TFs, and the trophic factor of its transfer from feed to milk (TTF) were determined using generally accepted methods. The concentration of Cd in the soil ranged from 16.49 to 16.82 mg/kg, with the highest value in the soil of agricultural land. Bioaccumulation of Cd in straw (0.036 mg/kg) dominated in October, in grass (0.06 mg/kg) and hay (0.09 mg/kg) in July. Cd levels in grass ranged from 0.034 to 0.06 mg/kg, exceeding the permissible concentration recommended by the World Health Organization (WHO) by three times. Despite this, the TF value in all samples does not exceed 1, which indicates a slight diffusion of heavy metals from chernozems. The Cd concentration in milk was practically the same, exceeding the norm established in Ukraine (0.01 mg/kg) and was 3.8–4.6 times higher than the WHO recommended value. The highest trophic factor of Cd transfer from feed to milk (0.6) is possible when cows are fed straw in July. In October, this indicator is the same for all types of feed (0.3).

The study showed that Cd bioaccumulation occurs in soils, plants, and milk in the territories within a 50-kilometer zone of military operations. The results could be used for subsequent analysis while further monitoring the safety of agricultural produce in this area.

Keywords: cadmium contamination, trophic transfer factor, transition coefficient, military operations, milk safety.

References

1. Chen, M., Ding, S., Li, C., Tang, Y., Fan, X., Xu, H. et al. (2021). High cadmium pollution from sediments in a eutrophic lake caused by dissolved organic matter complexation and reduction of manganese oxide. *Water Research*, 190, 116711. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.116711>
2. Chețan, F., Moraru, P. I., Rusu, T., Șimon, A., Dinca, L., Murariu, G. (2025). From Contamination to Mitigation: Addressing Cadmium Pollution in Agricultural Soils. *Agriculture*, 15 (20), 2179. <https://doi.org/10.3390/agriculture15202179>
3. Shang, E., Long, A., Yang, J., Ma, Y., Yao, W., Zhang, S. (2025). Dynamics of Cadmium Pollution Risk in Agricultural Land Soil of Tropical Islands in China from 2000 to 2024: A Case Study of Hainan Island. *Applied Sciences*, 15 (7), 3817. <https://doi.org/10.3390/app15073817>

4. Friberg, L., Kjellström, T., Elinder, C.-G., Nordberg, G. F. (2019). Cadmium and Health: A Toxicological and Epidemiological Appraisal. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9780429260605>
5. Jia, S., Zhao, X., Huang, J., Yao, X., Xie, F. (2025). Phosphorus Alleviates Cadmium Damage by Reducing Cadmium Accumulation and Enhancing Antioxidant Enzymes at the Vegetative Phase in Soybean. *Agronomy*, 15 (3), 637. <https://doi.org/10.3390/agronomy15030637>
6. Angon, P. B., Islam, Md. S., KC, S., Das, A., Anjum, N., Poudel, A., Suchi, S. A. (2024). RETRACTED: Sources, effects and present perspectives of heavy metals contamination: Soil, plants and human food chain. *Heliyon*, 10 (7), e28357. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e28357>
7. Islam, M. N., Nguyen, X. P., Jung, H.-Y., Park, J.-H. (2015). Chemical Speciation and Quantitative Evaluation of Heavy Metal Pollution Hazards in Two Army Shooting Range Backstop Soils. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 96 (2), 179–185. <https://doi.org/10.1007/s00128-015-1689-z>
8. Kicińska, A., Pomykała, R., Izquierdo-Diaz, M. (2021). Changes in soil pH and mobility of heavy metals in contaminated soils. *European Journal of Soil Science*, 73 (1). <https://doi.org/10.1111/ejss.13203>
9. Altahaan, Z., Dobsław, D. (2024). The Impact of War on Heavy Metal Concentrations and the Seasonal Variation of Pollutants in Soils of the Conflict Zone and Adjacent Areas in Mosul City. *Environments*, 11 (11), 247. <https://doi.org/10.3390/environments11110247>
10. Suciú, N. A., De Vivo, R., Rizzati, N., Capri, E. (2022). Cd content in phosphate fertilizer: Which potential risk for the environment and human health? *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 30, 100392. <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2022.100392>
11. Ben Ameer, W., Annabi, A., Rania, K., Marini, M. (2025). Assessment of Heavy Metal Contamination and Human Health Risk in *Parapanaeus longirostris* from Coastal Tunisian Aquatic Ecosystems. *Pollutants*, 5 (3), 23. <https://doi.org/10.3390/pollutants5030023>
12. Ali, H., Khan, E. (2018). Trophic transfer, bioaccumulation, and biomagnification of non-essential hazardous heavy metals and metalloids in food chains/webs – Concepts and implications for wildlife and human health. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 25 (6), 1353–1376. <https://doi.org/10.1080/10807039.2018.1469398>
13. Boudebou, A., Boudalia, S., Bousbia, A., Habila, S., Boussadia, M. I., Gueroui, Y. (2021). Heavy metals levels in raw cow milk and health risk assessment across the globe: A systematic review. *Science of The Total Environment*, 751, 141830. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141830>
14. Samilyk, M., Bokovets, S., Kovalenko, O., Ryzhkova, T., Hnoievyi, I., Hrinchenko, D. et al. (2025). Revealing the impact of military activities on the safety of agricultural produce. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (11 (138)), 47–53. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2025.343273>
15. Samilyk, M., Synenko, T., Bolgova, N., Lukhanin, B., Borozenets, N. (2025). Assessment of the risk of pollution of the ecosystem and agricultural products in the zone of military conflict. *Technology Audit and Production Reserves*, 5 (3 (85)), 23–28. <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2025.341902>
16. Samilyk, M. (2025). Assessment of the state of lead contamination of soil and agricultural products in the territory near the combat zone. *EUREKA: Life Sciences*, 4, 30–38. <https://doi.org/10.21303/2504-5695.2025.004071>
17. Guo, J., Wei, Z., Zhang, C., Li, C., Dai, L., Lu, X. et al. (2022). Characteristics and DGT Based Bioavailability of Cadmium in the Soil–Crop Systems from the East Edge of the Dongting Lake, China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20 (1), 30. <https://doi.org/10.3390/ijerph20010030>
18. Yashchenko, L., Androshchuk, O., Vasylenko, L., Chornoivan, Y. (2025). Environmental risks of heavy metal pollution in war-affected soils in Ukraine. *European Journal of Environmental Sciences*, 15 (1), 18–27. <https://doi.org/10.14712/23361964.2025.3>
19. Genchi, G., Sinicropi, M. S., Lauria, G., Carocci, A., Catalano, A. (2020). The Effects of Cadmium Toxicity. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17 (11), 3782. <https://doi.org/10.3390/ijerph17113782>
20. Ghoochani, M., Rastkari, N., Yunesian, M., Nabizadeh Nodehi, R., Mesdaghinia, A. et al. (2017). What do we know about exposure of Iranians to cadmium? Findings from a systematic review. *Environmental Science and Pollution Research*, 25 (2), 1–11. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-0863-8>
21. Adamczyk-Szabela, D., Wolf, W. M. (2022). The Impact of Soil pH on Heavy Metals Uptake and Photosynthesis Efficiency in *Melissa officinalis*, *Taraxacum officinale*, *Ocimum basilicum*. *Molecules*, 27 (15), 4671. <https://doi.org/10.3390/molecules27154671>
22. Nascimento, S. S., Silva, E. B., Alleoni, L. R. F., Graziotti, P. H., Fonseca, F. G., Nardis, B. O. (2014). Availability and accumulation of lead for forage grasses in contaminated soil. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, ahead. <https://doi.org/10.4067/s0718-95162014005000063>

DOI: 10.15587/1729-4061.2026.352738

DETERMINING A PRIORI ESTIMATE OF ERROR IN THE THERMAL PROTECTION OF GAS GENERATOR IN A HYDROGEN STORAGE AND SUPPLY SYSTEM (p. 29–38)

Yuriy Abramov

Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7901-3768>

Oleksii Basmanov

National University of Civil Protection of Ukraine,

Dmytrivka vil., Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6434-6575>

Valentina Krivtsova

O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv,

Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8254-5594>

Andriy Mikhayluk

O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv,

Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4116-164X>

Oleg Bogatov

Kharkiv National Automobile and Highway University,

Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7342-7556>

Vitalii Sobyna

National University of Civil Protection of Ukraine,

Cherkasy, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6908-8037>

Ihor Neklonskyi

National University of Civil Protection of Ukraine,

Cherkasy, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5561-4945>

Roman Chernysh

National University of Civil Protection of Ukraine,

Cherkasy, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6245-0707>

This study investigates a gas generator for a hydrogen storage and supply system with a heat-shielding coating. The subject is the properties of the heat-shielding coating of the gas generator for a hydrogen storage and supply system under fire conditions. The properties of such a heat-shielding coating are taken into account by the thermal protection error of the thermodynamic system, which includes the heat-shielding coating and the gas generator wall.

To describe the dynamic properties of the thermodynamic system in the frequency domain, amplitude-phase frequency characteristics and their components – amplitude-phase and phase-frequency characteristics – are used. The frequency characteristics of the thermodynamic system have been mathematically described in general form. It is shown that for the characteristic values of parameters for the thermodynamic system, its properties are fully reflected using frequency characteristics in the frequency range $(0 \div 1.0) \text{ s}^{-1}$ at a bandwidth of 0.02 s^{-1} . The thermal effect of fire on the thermal state of the cavity of the gas generator of the hydrogen storage and supply system is taken into account using exponential-type correlation functions.

Thermal interference is “white noise”. Under these conditions and using the amplitude-frequency characteristics of the thermodynamic system, mathematical models of the components of the error of the thermal protection of the gas generator were built in general form. As an indicator characterizing the error of the thermal protection of the gas generator, its root mean square value was used. It is shown that for real fire conditions and operation of hydrogen storage and supply systems, the root mean square error of the thermal protection of the gas generator is 5.14°C . In practice, the existence of such an error estimate opens up the possibility for improving the reliability in determining the thermal protection for a gas generator.

Keywords: hydrogen storage and supply system, thermal protection, thermal protection error.

References

- Shi, C., Zhu, S., Wan, C., Bao, S., Zhi, X., Qiu, L., Wang, K. (2023). Performance analysis of vapor-cooled shield insulation integrated with para-ortho hydrogen conversion for liquid hydrogen tanks. *International Journal of Hydrogen Energy*, 48 (8), 3078–3090. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2022.10.154>
- Kukkapalli, V. K., Kim, S., Thomas, S. A. (2023). Thermal Management Techniques in Metal Hydrides for Hydrogen Storage Applications: A Review. *Energies*, 16 (8), 3444. <https://doi.org/10.3390/en16083444>
- Li, H., Cao, X., Liu, Y., Shao, Y., Nan, Z., Teng, L. et al. (2022). Safety of hydrogen storage and transportation: An overview on mechanisms, techniques, and challenges. *Energy Reports*, 8, 6258–6269. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2022.04.067>
- Kang, S., Lee, K. M., Kwon, M., Lim, O. K., Choi, J. Y. (2022). A Quantitative Analysis of the Fire Hazard Generated from Hydrogen Fuel Cell Electric Vehicles. *International Journal of Fire Science and Engineering*, 36 (2), 26–39. <https://doi.org/10.7731/kifse.f4b33457>
- Kang, D., Yun, S., Kim, B. (2022). Review of the Liquid Hydrogen Storage Tank and Insulation System for the High-Power Locomotive. *Energies*, 15 (12), 4357. <https://doi.org/10.3390/en15124357>
- Abohamzeh, E., Salehi, F., Sheikholeslami, M., Abbassi, R., Khan, F. (2021). Review of hydrogen safety during storage, transmission, and applications processes. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 72, 104569. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2021.104569>
- Yang, F., Wang, T., Deng, X., Dang, J., Huang, Z., Hu, S. et al. (2021). Review on hydrogen safety issues: Incident statistics, hydrogen diffusion, and detonation process. *International Journal of Hydrogen Energy*, 46 (61), 31467–31488. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2021.07.005>
- Jeon, J., Kim, S. J. (2020). Recent Progress in Hydrogen Flammability Prediction for the Safe Energy Systems. *Energies*, 13 (23), 6263. <https://doi.org/10.3390/en13236263>
- Liu, Y., Liu, Z., Wei, J., Lan, Y., Yang, S., Jin, T. (2021). Evaluation and prediction of the safe distance in liquid hydrogen spill accident. *Process Safety and Environmental Protection*, 146, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2020.08.037>
- Cui, S., Zhu, G., He, L., Wang, X., Zhang, X. (2023). Analysis of the fire hazard and leakage explosion simulation of hydrogen fuel cell vehicles. *Thermal Science and Engineering Progress*, 41, 101754. <https://doi.org/10.1016/j.tsep.2023.101754>
- Yu, X., Kong, D., He, X., Ping, P. (2023). Risk Analysis of Fire and Explosion of Hydrogen-Gasoline Hybrid Refueling Station Based on Accident Risk Assessment Method for Industrial System. *Fire*, 6 (5), 181. <https://doi.org/10.3390/fire6050181>
- Suzuki, T., Shiota, K., Izato, Y., Komori, M., Sato, K., Takai, Y. et al. (2021). Quantitative risk assessment using a Japanese hydrogen refueling station model. *International Journal of Hydrogen Energy*, 46 (11), 8329–8343. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2020.12.035>
- Li, B., Han, B., Li, Q., Gao, W., Guo, C., Lv, H. et al. (2022). Study on hazards from high-pressure on-board type III hydrogen tank in fire scenario: Consequences and response behaviours. *International Journal of Hydrogen Energy*, 47 (4), 2759–2770. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2021.10.205>
- Kashkarov, S., Dadashzadeh, M., Sivaraman, S., Molkov, V. (2022). Quantitative Risk Assessment Methodology for Hydrogen Tank Rupture in a Tunnel Fire. *Hydrogen*, 3 (4), 512–530. <https://doi.org/10.3390/hydrogen3040033>
- Shen, Y., Lv, H., Hu, Y., Li, J., Lan, H., Zhang, C. (2023). Preliminary hazard identification for qualitative risk assessment on onboard hydrogen storage and supply systems of hydrogen fuel cell vehicles. *Renewable Energy*, 212, 834–854. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2023.05.037>
- Abramov, Y., Basmanov, O., Krivtsova, V., Mikhayluk, A., Khmyrov, I. (2023). Determining the possibility of the appearance of a combustible medium in the hydrogen storage and supply system. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (10 (122)), 47–54. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.276099>
- Correa-Jullian, C., Groth, K. M. (2022). Data requirements for improving the Quantitative Risk Assessment of liquid hydrogen storage systems. *International Journal of Hydrogen Energy*, 47 (6), 4222–4235. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2021.10.266>
- Abramov, Y., Kryvtsova, V., Mikhailyuk, A. (2021). Algorithm for determination of reliability indicator of gas generator of hydrogen storage and supply system. *Municipal Economy of Cities*, 4 (164), 153–157. <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2021-4-164-153-157>
- Abramov, Y., Kryvtsova, V., Mikhailyuk, A. (2023). Determination of the reliability of the gas generator of the storage system and hydrogen supply. *Municipal Economy of Cities*, 3 (177), 142–146. <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2023-3-177-142-146>
- Abramov, Y., Kryvtsova, V., Mikhailyuk, A. (2022). Method of designation of the fire safety of the gas generator water saving systems. *Municipal Economy of Cities*, 4 (171), 107–111. <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2022-4-171-107-111>
- Abramov, Y., Basmanov, O., Krivtsova, V., Mikhayluk, A., Makarov, Y. (2024). Determining the functioning efficiency of a fire safety sub-

- system when operating the hydrogen storage and supply system. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (2 (128)), 75–84. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.300647>
22. Seraji, M. M., Arefazar, A. (2021). Thermal ablation-insulation performance, microstructural, and mechanical properties of carbon aerogel based lightweight heat shielding composites. *Polymer Engineering & Science*, 61 (5), 1338–1352. <https://doi.org/10.1002/pen.25648>
23. Le, V. T., Ha, N. S., Goo, N. S. (2021). Advanced sandwich structures for thermal protection systems in hypersonic vehicles: A review. *Composites Part B: Engineering*, 226, 109301. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2021.109301>
24. Kwan, T. H., Zhang, Z., Huang, J., Yao, Q. (2024). Fire safety parametric analysis of vehicle mounted hydrogen tanks based on a coupled heat transfer and thermomechanics model. *International Journal of Hydrogen Energy*, 50, 792–803. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2023.07.063>
25. Abramov, Y., Basmanov, O., Krivtsova, V., Mikhayluk, A., Makarov, Y., Abrakritov, V. (2025). Determining the fireproof limit for the heat protective coating of the gas generator in a hydrogen storage and supply system. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (10 (135)), 26–34. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2025.332546>
26. Sadkovyi, V., Andronov, V., Semkiv, O., Kovalov, A., Rybka, E., Otrosh, Y. et al. (2021). Fire resistance of reinforced concrete and steel structures. Kharkiv: TECHNOLOGY CENTER PC. <https://doi.org/10.15587/978-617-7319-43-5>

DOI: 10.15587/1729-4061.2026.352433

ESTABLISHING PATTERNS IN THE FORMATION OF A FIRE-RESISTANT SIP PANEL WITH HEMP INSULATION (p. 39–48)

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 Likhnyovskiy

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>

Kseniia Bielikova

Institute of Scientific Research on Civil Protection of the National University of Civil Protection of Ukraine, Dmytrivka vil., Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7475-2115>

Oksana Slutska

Institute of Scientific Research on Civil Protection of the National University of Civil Protection of Ukraine, Dmytrivka vil., Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1723-8181>

Anna Borysova

Institute of Scientific Research on Civil Protection of the National University of Civil Protection of Ukraine, Dmytrivka vil., Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8700-0761>

Vasyl Lomaha

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,
Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0569-9987>

Olha Uzhehova

Lutsk National Technical University, Lutsk, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2352-2907>

Vitalii Chaikovskiy

Kyiv National University of Construction and Architecture,
Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-5493-5633>

This study investigates the process that forms fire-resistant properties of SIP-panels with hemp insulation based on reactive coating and lime. The task addressed is to ensure the stability of SIP-panels and components when treated with coatings to changes in operating conditions. This is important since production from renewable sources for construction is a relevant issue.

It has been proven that during thermal action on samples of hemp insulation treated with reactive coating and lime, no ignition and flame spread along the surface occurred. A layer of foam coke formed on the surface of the sample treated with reactive coating, which is 22 mm.

The study has shown that when a burner is applied to a sample of SIP-panels with hemp insulation treated with reactive coating, after 110 s of thermal exposure, the process of forming a heat-insulating layer of coke began, which inhibited heat transfer. Instead, after the burner was exposed to a sample of SIP panels with hemp insulation treated with lime, a charring process occurred at the site of thermal action, but ignition and flame spread did not occur.

Based on the results of determining the strength, it was found that treating the surface of hemp insulation with a coating increases the tensile strength by more than 2.5 times. Thus, increasing the amount of reactive coating on the surface of hemp insulation by half increases the tensile strength by 2.3 times. In the case of treating hemp insulation with lime, the tensile strength decreases by 3.4 times while increasing the amount of lime when treating the surface of hemp insulation to 0.38 kg/m² increases the tensile strength by 5.3 times.

Thus, there is reason to argue about the possibility to design effective and operationally stable biocomposites for construction.

Keywords: hemp insulation, reactive coating, lime, SIP panels, fire resistance, coke layer.

References

- Li, X., Peng, C., Liu, L. (2020). Experimental study of the thermal performance of a building wall with vacuum insulation panels and extruded polystyrene foams. *Applied Thermal Engineering*, 180, 115801. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2020.115801>
- Gallina, L., Chaji, S., Manzoli, M., Cravero, F., Gnoffo, C., Gesti, S. et al. (2024). Preparation of hemp-based biocomposites and their potential industrial application. *Polymer Composites*, 46 (4), 3791–3802. <https://doi.org/10.1002/pc.29206>
- Pereira, J. F., Núñez, E., Reyes, A., Mali, S., Lopez-Rubio, A., Fabra, M. J. (2024). On the use of lignocellulosic hemp fibers to produce biodegradable cost-efficient biocomposites. *Future Foods*, 10, 100507. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2024.100507>
- Cigasova, J., Stevulova, N., Schwarzova, I., Sicakova, A., Junak, J. (2015). Application of Hemp Hurds in the Preparation of Biocomposites. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 96, 012023. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/96/1/012023>

5. Kausar, A., Ahmad, I. (2023). Hemp Fibres: Essentials, Composites or Nanocomposites and Technical Applications. *Nano-Horizons: Journal of Nanosciences and Nanotechnologies*, 2. <https://doi.org/10.25159/3005-2602/13835>
6. Dahal, R. K., Acharya, B., Dutta, A. (2023). The Interaction Effect of the Design Parameters on the Water Absorption of the Hemp-Reinforced Biocarbon-Filled Bio-Epoxy Composites. *International Journal of Molecular Sciences*, 24 (7), 6093. <https://doi.org/10.3390/ijms24076093>
7. Akbarian-Saravi, N., Sowlati, T., Ahmad, H., Hewage, K., Sadiq, R., Milani, A. S. (2025). Life cycle assessment of hemp-based biocomposites production for agricultural emission mitigation strategies: a case study. *Biocomposites and the Circular Economy*, 261–285. <https://doi.org/10.1016/b978-0-443-23718-8.00012-0>
8. Francucci, G., Manthey, N., Cardona, F., Aravinthan, T. (2013). Processing and characterization of 100% hemp-based biocomposites obtained by vacuum infusion. *Journal of Composite Materials*, 48 (11), 1323–1335. <https://doi.org/10.1177/0021998313485266>
9. Sassoni, E., Manzi, S., Motori, A., Montecchi, M., Canti, M. (2014). Novel sustainable hemp-based composites for application in the building industry: Physical, thermal and mechanical characterization. *Energy and Buildings*, 77, 219–226. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.03.033>
10. Morgan, A. B., Toubia, E. (2013). Cone calorimeter and room corner fire testing of balsa wood core/phenolic composite skin sandwich panels. *Journal of Fire Sciences*, 32 (4), 328–345. <https://doi.org/10.1177/0734904113514944>
11. Yoshioka, H., Tanaka, Y., Tamura, M., Nishio, Y., Tanaike, Y., Ando, T. et al. (2017). Study on intermediate-scale test method for fire safety performance evaluation of sandwich panels. *AIJ Journal of Technology and Design*, 23 (53), 159–164. <https://doi.org/10.3130/aijt.23.159>
12. de Boer, J. G. G. M., Hofmeyer, H., Maljaars, J., van Herpen, R. A. P. (2019). Two-way coupled CFD fire and thermomechanical FE analyses of a self-supporting sandwich panel façade system. *Fire Safety Journal*, 105, 154–168. <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2019.02.011>
13. Tsapko, Y., Tsapko, A., Bondarenko, O., Chudovska, V. (2021). Thermo-physical characteristics of the formed layer of foam coke when protecting fabric from fire by a formulation based on modified phosphorus-ammmonium compounds. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (10 (111)), 34–41. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.233479>
14. Tsapko, Y., Tsapko, A. (2017). Establishment of the mechanism and fireproof efficiency of wood treated with an impregnating solution and coatings. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (10 (87)), 50–55. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.102393>
15. ASTM D5035-11. Standard Test Method for Breaking Force and Elongation of Textile Fabrics (Strip Method). Available at: <https://www.mecmesin.com/standard/astm-d5035-11>
16. Tsapko, Y., Tsapko, A., Likhnyovskiy, R., Bielikova, K., Berdnyk, O., Gavryliuk, A. et al. (2025). Establishing regularities of fire protection of wood by a composite coating with a biopolymer. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (10 (135)), 16–25. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2025.332443>
17. 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>
18. Tsapko, Y., Sukhanevych, M., Bondarenko, O., Tsapko, O., Sarapin, Y. (2023). Investigation of changes in the process of thermal-oxidative destruction of fire-retardant fabric. IX International Conference on Actual Problems of Engineering Mechanics (APEM2022), 2840, 020009. <https://doi.org/10.1063/5.0168781>

DOI: 10.15587/1729-4061.2026.353021

DESIGN OF A FIRE FIGHTER'S PROTECTIVE MASK WITH A THIN LAYER OF WATER (p. 49–59)

Anatolii Vynogradov

Bohdan Khmelnytsky National University of Cherkasy, Cherkasy, Ukraine

ORCID <https://orcid.org/0000-0003-2104-307X>

Denis Kolesnikov

National University of Civil Protection of Ukraine, Cherkasy, Ukraine

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-4068-3454>

Serhiy Stas

National University of Civil Protection of Ukraine, Cherkasy, Ukraine

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-6139-6278>

Kostiantyn Myhalenko

National University of Civil Protection of Ukraine, Cherkasy, Ukraine

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-7125-8442>

A firefighter's protective mask with a viewing porthole, in which a thin layer of water is used as an optical filter, has been considered in this study. Such mask's structure is designed to solve the task of protecting the firefighter's face from intense thermal radiation in a fire zone.

The porthole of the mask is two parallel transparent plates with a gap between them, through which water continuously flows. The porthole exploits the unique optical properties of water, which is transparent in the visible region of the spectrum and opaque in the infrared region, characteristic of fire radiation. In addition to the function of weakening the radiant heat flux, water also performs the function of cooling the protective mask.

This paper reports a theoretical analysis of physical processes, the calculation formulae, as well as the estimated calculations of the design and operational parameters for a protective mask under typical operating conditions in a fire zone. In particular, a methodology was devised for calculating water consumption, changes in its temperature, and attenuation of radiant heat flux under given conditions in a fire zone. For example, for a heat flux intensity of 25 kW/m², a temperature at the fire site of 1200 K, and a water layer thickness in the porthole of 1 mm, a 15-fold attenuation of the heat flux was established. Under these conditions, the maximum operating time in a fire zone reaches 12 minutes, which is three times higher than the similar parameter for existing samples of heat-resistant suits. These parameters indicate the possibility of significant improvement of protective masks for firefighters.

Subject to experimental confirmation, the results of this work could be practically applied at design institutions engaged in the development of protective fire-fighting equipment.

Keywords: firefighter protective clothing, thermal radiation shielding, viewing porthole, layer of water.

References

1. Chan Kim, S., Lee, K. Y., Hamins, A. (2019). Energy balance in medium-scale methanol, ethanol, and acetone pool fires. *Fire Safety Journal*, 107, 44–53. <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2019.01.004>

DOI 10.15587/1729-4061.2026.351699

СТІЙКІСТЬ КОМПЗИТНИХ ІНДЕКСІВ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ В УМОВАХ ВІЙНИ: ЧУТЛИВІСТЬ ДО МЕТОДОЛОГІЇ ТА ВПЛИВ СТАТИСТИЧНИХ ВИКРИВЛЕНЬ (с. 6–21)

Є. С. Булгаков, В. В. Гнатюк, Т. О. Шаблій

Об'єктом дослідження був процес формування стійкої методологічної бази для оцінки екологічних ризиків регіонів. Розглядаються можливості застосування інтегральних показників екологічних ризиків, які є корисним інструментом для узагальнення складної інформації. Їх інтерпретація має бути особливо обережною у періоди суспільних потрясінь. Поєднання кількісного індексу з якісним аналізом є необхідним для повного і адекватного оцінювання екологічної безпеки для подібних періодів.

У роботі проаналізовано методологічну стійкість композитних індексів екологічної безпеки регіонів в умовах війни на прикладі України. Досліджено вплив вибору методів нормалізації, схем вагування та обробки пропущених даних на результати інтегрального ранжування. Показано, що у кризових умовах семантика ключових індикаторів зазнає якісних змін, унаслідок чого традиційні інтерпретації їх динаміки стають некоректними.

Проведено порівняльний аналіз комбінацій нормалізації та вагування показників для розрахунку інтегрального індексу екологічної безпеки регіонів України за 2021–2022 роки. Встановлено, що ранговий підхід у поєднанні з рівноважним вагуванням є методологічно нестійким у кризових умовах і призводить до інверсій у регіональному ранжуванні. Запропоновано алгоритм розрахунку індексу, який передбачає перевірку стійкості показників регіонів за повнотою та надійністю статистичних даних, що підвищує адекватність оцінювання екологічних ризиків у період конфлікту. Це важливо для України, а також релевантно для інших країн, які переживають або відновлюються після конфлікту. Отримані висновки дають можливість підвищити готовність системи екологічного моніторингу до надзвичайних ситуацій та сприяти формуванню стійкої методологічної бази для оцінки екологічних ризиків.

Ключові слова: екологічна безпека, індекси екологічних ризиків, екологічні індикатори, зони воєнних конфліктів.

DOI: 10.15587/1729-4061.2026.351507

ВИЯВЛЕННЯ БІОАКУМУЛЯЦІЇ КАДМІЮ В ҐРУНТІ ТА ЙОГО ТРАНСЛОКАЦІЯ У СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКУ ПРОДУКЦІЮ (с. 22–28)

М. М. Самілик, С. П. Боковець, О. М. Бахмат, У. І. Недільська, Т. М. Рижкова, І. В. Гносвий, Д. М. Грінченко, А. М. Петренко, А. С. Готвянська, Є. Г. Євтушенко

Об'єктом даного дослідження є коефіцієнти переходу Cd (TF) із ґрунту у корм для молочної худоби (траву пасовищ, сіно, солому) та у молоко корів. Дослідна територія є транзитною для руху військових повітряних об'єктів і ймовірно забруднюється важкими металами. Аналіз ґрунту та сільськогосподарської продукції дозволить встановити рівень їх безпечності. Польові дослідження проводилися у липні та жовтні 2025 року у с. Сульське (Україна), яке розташоване в межах 50 км зони бойових дій. Загальноприйнятими методами визначали концентрацію Cd та TF та трофічний фактор його переносу із кормів до молока (TTF). Концентрація Cd у ґрунті коливалася в межах 16,49–16,82 мг/кг, із найвищим значенням у ґрунті сільськогосподарського угіддя. Біоаккумуляція Cd у соломі (0,036 мг/кг) домінувала у жовтні, у траві (0,06 мг/кг) та сіні (0,09 мг/кг) – у липні. Рівні Cd в траві коливалися від 0,034 до 0,06 мг/кг, перевищуючи рекомендовану Всесвітньою організацією охорони здоров'я (ВООЗ) допустиму концентрацію втричі. Попри це, значення TF у всіх зразках не перевищує 1, що свідчить про незначну дифузію важких металів із чорноземів. Концентрація Cd в молоці була практично однаковою, перевищувала вставлену в Україні норму (0,01 мг/кг) та була в 3,8–4,6 рази вища за рекомендоване ВООЗ значення. Найвищий трофічний фактор переносу Cd із кормів у молоко (0,6) можливий при годівлі корів соломою у липні. У жовтні цей показник є однаковим для всіх видів кормів (0,3). Дослідження показало, що у ґрунтах, рослинах та молоці на територіях в межах 50 кілометрової зони військових дій відбувається біоаккумуляція Cd. Отримані результати можуть використовуватися для подальшого аналізу при подальшому моніторингу безпечності сільськогосподарської продукції на цій території.

Ключові слова: забруднення кадмієм, трофічний фактор переносу, коефіцієнт переходу, військові дії, безпечність молока.

DOI: 10.15587/1729-4061.2026.352738

ВИЗНАЧЕННЯ АПРІОРНОЇ ОЦІНКИ ПОХИБКИ ТЕПЛООВОГО ЗАХИСТУ ГАЗОГЕНЕРАТОРА СИСТЕМИ ЗБЕРІГАННЯ ТА ПОДАЧІ ВОДНЮ (с. 29–38)

Ю. О. Абрамов, О. Є. Басманов, В. І. Кривцова, А. О. Михайлюк, О. І. Богатов, В. О. Собина, І. М. Неклонський, Р. А. Черниш

Об'єктом дослідження є газогенератор системи зберігання та подачі водню із тепलोзахисним покриттям. Предметом дослідження є властивості теплозахисного покриття газогенератора системи зберігання та подачі водню в умовах пожежі. Властивості такого

теплозахисного покриття враховуються похибкою теплового захисту термодинамічної системи, яка включає теплозахисне покриття та стінку газогенератора. Для опису динамічних властивостей термодинамічної системи в частотній області використовуються амплітудно-фазово частотні характеристики та їх складові – амплітудно-фазові та фазово-частотні характеристики. Одержаний математичний опис частотних характеристик термодинамічної системи в загальному вигляді. Показано, що для характерних величин параметрів термодинамічної системи її властивості повністю відображаються за допомогою частотних характеристик в діапазоні частот $(0 \div 1,0) \text{ c}^{-1}$ при полосі пропускання $0,02 \text{ c}^{-1}$. Тепловий вплив пожежі на тепловий стан порожнини газогенератора системи зберігання та подачі водню враховуються за допомогою кореляційних функцій експоненційного типу. Теплові завади є «білим шумом». За цих умов та із використанням амплітудно-частотних характеристик термодинамічної системи одержані в загальному вигляді математичні моделі складових похибки теплового захисту газогенератора. В якості показника, який характеризує похибку теплового захисту газогенератора, використовуються її середньоквадратичне значення. Показано, що для реальних умов пожежі та експлуатації систем зберігання та подачі водню величина середньоквадратичної похибки теплового захисту газогенератора складає $5,14^\circ\text{C}$. На практиці наявність такої оцінки похибки відкриває можливість для підвищення достовірності визначення теплового захисту газогенератора.

Ключові слова: система зберігання та подачі водню, тепловий захист, похибка теплового захисту.

DOI: 10.15587/1729-4061.2026.352433

ВСТАНОВЛЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ФОРМУВАННЯ ВОГНЕСТІЙКОЇ SIP-ПАНЕЛІ З КОНОПЛЯНИМ УТЕПЛЮВАЧЕМ (с. 39–48)

Ю. В. Цапко, О. Ю. Цапко, О. Ю. Бердник, Р. В. Ліхнівський, К. Г. Белікова, О. М. Слущка, А. В. Борисова, В. В. Ломага, О. А. Ужегова, В. В. Чайковський

Об'єктом досліджень є процес формування вогнестійких властивостей SIP-панелі з конопляним утеплювачем на основі реактивного покриття та вапна. Проблема, яка досліджувалась, полягає у забезпеченні стійкості SIP-панелі та складових при обробленні покриттями до зміни умов експлуатації. Це важливо, оскільки виробництво з відновлюваних джерел для будівництва є актуальним. Доведено, що при термічній дії на зразки конопляного утеплювача, обробленого реактивним покриттям і вапном, займання та поширення полум'я поверхнею не відбулося. На поверхні зразка, обробленого реактивним покриттям, утворився шар пінококсу, який становить 22 мм. Дослідження показали, що при дії палика на зразок SIP-панелі з конопляним утеплювачем, обробленим реактивним покриттям, після 110 с термічного впливу, розпочався процес утворення теплоізоляційного шару коксу, що гальмував теплопередачу. Натомість, після впливу палика на зразок SIP-панелі з конопляним утеплювачем, обробленим вапном, проходив процес зуглення в місці термічної дії, проте займання і поширення полум'я не відбулося. За результатами визначення міцності встановлено, що оброблення поверхні конопляного утеплювача покриттям підвищує міцність на розтяг понад 2,5 рази. Так, підвищення кількості реактивного покриття на поверхні конопляного утеплювача вдвічі, підвищує межу міцності в 2,3 рази. У разі оброблення конопляного утеплювача вапном межа міцності знижується в 3,4 рази, проте збільшення кількості вапна при оброблення поверхні конопляного утеплювача до $0,38 \text{ кг/м}^2$ підвищує межу міцності в 5,3 рази. Таким чином, є підстави стверджувати про можливість ефективного створення експлуатаційно стійких біокомпозитів для будівництва.

Ключові слова: конопляний утеплювач, реактивне покриття, вапно, SIP-панелі, вогнестійкість, шар коксу.

DOI: 10.15587/1729-4061.2026.353021

РОЗРОБКА ЗАХИСНОЇ МАСКИ ПОЖЕЖНИКА З ТОНКИМ ШАРОМ ВОДИ (с. 49–59)

А. Г. Виноградов, Д. В. Колесніков, С. В. Стась, К. І. Мигаленко

Об'єктом дослідження є захисна маска пожежника з оглядовим ілюмінатором, в якому в якості оптичного фільтра використовується тонкий шар води. Маска вказаної конструкції покликана вирішити проблему захисту обличчя пожежника від інтенсивного теплового випромінювання в зоні пожежі. Ілюмінатор маски представляє собою дві паралельні прозорі пластини із проміжком між ними, через який неперервно протікає вода. В ілюмінаторі використовуються унікальні оптичні властивості води, яка є прозорою у видимій ділянці спектру і непрозорою в інфрачервоній ділянці, характерній для випромінювання пожеж. Крім функції ослаблення променистого теплового потоку, вода виконує також функцію охолодження захисної маски. В роботі виконано теоретичний аналіз фізичних процесів, отримано розрахункові формули, виконано оцінкові розрахунки конструктивних і експлуатаційних параметрів захисної маски для типових умов роботи в зоні пожежі. Зокрема, визначено методику розрахунку витрати води, зміну її температури, ослаблення променистого теплового потоку при заданих умовах в зоні пожежі. Наприклад, для інтенсивності теплового потоку 25 кВт/м^2 , ефективної температури осередку пожежі 1200 К і товщини шару води в ілюмінаторі 1 мм отримано ослаблення теплового потоку в 15 разів. При цих умовах граничний час роботи в зоні пожежі досягає 12 хвилин, що втричі перевищує аналогічний параметр для існуючих зразків тепловідбивних костюмів. Ці параметри свідчать про можливість суттєвого вдосконалення захисних масок пожежників. За умови експериментального підтвердження результати роботи можуть знайти практичне застосування у конструкторських установах, що займаються розробкою захисного протипожежного спорядження.

Ключові слова: захисний одяг пожежника, екранування теплового випромінювання, оглядовий ілюмінатор, прошарок води.