

## ABSTRACT AND REFERENCES

## ECOLOGY

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.268977

**ASSESSMENT OF ECONOMIC EFFICIENCY INDICATORS OF ENVIRONMENTAL PROTECTION MEASURES DURING THE CONSTRUCTION OF HYDRAULIC ENGINEERING STRUCTURES (p. 6–15)**

David Gurgenidze

Georgian Technical University, Tbilisi, Georgia  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8345-6780>

In order to ensure the integral management of water and land resources during the implementation of environmental protection engineering measures, as well as to solve ecological problems, a macroeconomic approach directed at the final results is necessary. The traditional “narrow” economics of nature use is viewed as a single cycle of water and land resources and production waste and pollution, with insufficient attention paid to the economy itself (“black box”). For purposeful use of macroeconomics, it is necessary to build a vertical of natural productivity of each natural resource (chain), which will connect the primary natural factors with the production of final products. An effective concept of the rationalization of nature use and environmental protection against debris-flow phenomena and the matching economic mechanism of nature use in sectors and complexes can be developed and realized only after the development of the concept of development of the sector complexes and the whole economy. Regional features of the formation of the economic mechanism of nature use are important.

The assessment of economic efficiency indicators of environmental protection measures during the construction of hydraulic engineering structures is discussed. The value of efficiency obtained by environmental activities is considered by the criteria for evaluating the efficiency of the investment project, where this criterion is called net discounted income, net discounted value, or modern net income. Functional-value analysis of environmental impact during the construction of hydraulic engineering structures, including the construction of high dams, for the realization of the analytical stage, a functional model is built based on the orography of the social-ecological-economic system.

Based on theoretical and field scientific studies, the economic efficiency of the innovative debris-flow control structure has been established, the numerical value of which is equal to 16.15 USD per 1 longitudinal meter of the structure.

**Keywords:** environmental protection, economic efficiency, hydraulic engineering structures, water and land resources, debris-flow phenomena.

## References

- Bianchi, M., Cordella, M. (2023). Does circular economy mitigate the extraction of natural resources? Empirical evidence based on analysis of 28 European economies over the past decade. *Ecological Economics*, 203, 107607. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2022.107607>
- Landry, C. E., Shonkwiler, J. S., Whitehead, J. C. (2020). Economic Values of Coastal Erosion Management: Joint Estimation of Use and Existence Values with recreation demand and contingent valuation data. *Journal of Environmental Economics and Management*, 103, 102364. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2020.102364>
- Gavardashvili, G., Vartanov, M. (2020). Methods to calculate the social-economic damage caused by floods. *Development of Management and Entrepreneurship Methods on Transport (ONMU)*, 3 (72), 5–11. doi: <https://doi.org/10.31375/2226-1915-2020-3-5-11>
- Gavardashvili, G. (2011). Measures for the safety of mountain landscapes during natural and technogenic disasters. Tbilisi. Available at: <https://dspace.nplg.gov.ge/bitstream/1234/34390/1/Bunebrivi-TeknologiebisKatastrofebi.pdf>
- Gurgenidze, D., Gavardashvili, G. (2022). Fundamentals of the ecological-economic theory of integrated natural resource management. Tbilisi. Available at: <https://dspace.nplg.gov.ge/bitstream/1234/389089/1/BunebriviResursebisIntegrirebuliMartvisEkologiurEkonomikuriTeoriisSafudzvlebi.pdf>
- Gurgenidze, D., Gavardashvili, G., Aliyev, V., Ujma, A. (2020). Dam Break and Flash Flood Prediction Case Study: Zhinvali Dam, Georgia. Abstracts of The Second Eurasian RISK-2020 Conference and Symposium. doi: <https://doi.org/10.21467/abstracts.93.55>
- Huang-Lachmann, J.-T., Hannemann, M., Guenther, E. (2018). Identifying Links between Economic Opportunities and Climate Change Adaptation: Empirical Evidence of 63 Cities. *Ecological Economics*, 145, 231–243. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.09.001>
- Costanza, R. (2020). Ecological economics in 2049: Getting beyond the argument culture to the world we all want. *Ecological Economics*, 168, 106484. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2019.106484>
- Osberghaus, D. (2015). The determinants of private flood mitigation measures in Germany – Evidence from a nationwide survey. *Ecological Economics*, 110, 36–50. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2014.12.010>
- Gavardashvili, G., Vartanov, M. (2009). Assessment of conomical and ecological damage to forests burned as a result of war took place in Georgia (August, 2008) and preventive measures against soil erosion on mountainous slopes. *Collected Papers No. 64 of Water Management Institute*. Tbilisi, 48–59. Available at: [https://dspace.nplg.gov.ge/bitstream/1234/237227/1/Samecniero\\_Shromata\\_Krebuli\\_2009\\_N64.pdf](https://dspace.nplg.gov.ge/bitstream/1234/237227/1/Samecniero_Shromata_Krebuli_2009_N64.pdf)
- Kozulia, T., Emelyanova, D., Kozulia, M. (2014). Complex ecological estimation of natural and manmade complexes which basis on MIPS- and risk analysis. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (10 (69)), 8–13. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2014.24624>
- Babaev, V., Sukhonos, M., Starostina, A., Beletsky, I. (2016). Improving the processes of cost management in the construction and energy projects. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (3 (82)), 10–14. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.75515>
- Boyko, T., Dzhygyrey, I., Abramova, A. (2017). Using the assessment method of environmental risk of a project in strategic territorial planning. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (10 (87)), 10–17. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.101848>

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.267949

**DEVELOPMENT OF A RESOURCE-SAVING TECHNOLOGY FOR THE TREATMENT OF FERRUM-CONTAINING WASTEWATER FROM ETCHING OPERATIONS (p. 16–26)**

Mykola Yatskov

National University of Water and Environmental Engineering,  
Rivne, Ukraine  
Rivne Technical Professional College of National University  
of Water and Environmental Engineering, Rivne, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6231-6583>

Natalia Korchyk

National University of Water and Environmental Engineering,  
Rivne, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4919-6510>

Nadia Budenkova

National University of Water and Environmental Engineering,  
Rivne, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2176-3405>

**Oksana Mysina**National University of Water and Environmental Engineering,  
Rivne, Ukraine**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-2556-0947>

The object of this study is wastewater from chloride and sulfate etching operations.

This paper reports results of research on ways to reduce the consumption of chemical reagents in wastewater treatment systems from etching operations. Spent etching solutions are subject to regeneration with return to the production process and partial dosing to the main stream of wastewater. It was found that at a ferrum concentration of 30 g/l in etching solutions, the solution must be treated with an alkaline reagent (10–20 % NaOH) to pH=3.5–4.0 in order to return to the technological process. In this case, the final concentration of ferrum is 11 g/l. The use of hydrogen peroxide (20–40 % H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) together with the alkaline reagent makes it possible to increase the degree of extraction by 30 %, that is, the final concentration of ferrum is 8 g/l. When discharging 1 m<sup>3</sup> of etching solutions, 0.5 m<sup>3</sup> is subject to regeneration and, after mixing with 0.5 m<sup>3</sup> of the commercial reagent (HCl) it returns to the technological process. Commercial acid consumption is reduced by 50 %. It was shown that the use of individual flows of waste solutions as a chemical reagent reduces the cost of reagents for their neutralization (saving alkaline reagent is 80 %). Thus, 1.2 kg/m<sup>3</sup> of a commercially available reagent (NaOH) is consumed per 1 m<sup>3</sup> of solutions (etching and degreasing) after mixing them, and, without mutual neutralization, this consumption is 6 kg/m<sup>3</sup>. To neutralize etching solutions, it is recommended to carry out the process in the range of pH=6.5–7.5. For a solution in which Fe<sup>3+</sup> ions predominate with an initial concentration of 0.53 mol/L, a degree of extraction of 0.9 is achieved, and the total consumption of the reagent (7.1 mol/l) exceeds the stoichiometric one by only 10 %.

Deep purification from ferrum-containing impurities using a magnetic device expands the possibilities of practical implementation of further desalting with inverse osmosis.

**Keywords:** resource-saving technology, etching solutions, ferrum-containing impurities, magnetic device, reagent consumption.

**References**

- Korchik, N. M., Belikova, S. V. (2012). Ochistka i regeneratsiya stochnykh vod gal'vanicheskogo proizvodstva. *Ekologiya plus. Nauchno-proizvodstvennyi ekologicheskii zhurnal*, 6 (33), 10–13.
- Cheremisin, A. V., Valiullin, L. R., Myazin, N. S., Logunov, S. E. (2021). Efficient treatment of wastewater from galvanic plants. *Journal of Physics: Conference Series*, 1942 (1), 012095. doi: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1942/1/012095>
- Liu, Q., Pan, D., Ding, T., Ye, M., He, F. (2020). Clean & environmentally friendly regeneration of Fe-surface cleaning pickling solutions. *Green Chemistry*, 22 (24), 8728–8733. doi: <https://doi.org/10.1039/d0gc03297b>
- Yatskov, M., Korchyk, N., Budenkova, N., Kyrylyuk, S., Prorok, O. (2017). Development of technology for recycling the liquid iron-containing wastes of steel surface etching. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (6 (86)), 70–77. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.97256>
- Garashchenko, V. I., Garashchenko, A. V., Luk'yanchuk, A. P. (2012). The precipitation of the dispersed phase of liquid medium impurities in a magnetized ferrito-ferromagnetic nozzle. *Russian Journal of Physical Chemistry A*, 86 (4), 685–688. doi: <https://doi.org/10.1134/s0036024412040085>
- Yatskov, M. V., Mysina, O. I. (2001). Pat. No. 36351 UA. Device for removal of magnetic and non-magnetic inclusions from liquid. No. 99126648; declared: 07.12.1999; published: 16.04.2001, *Bul. No. 3*. Available at: <https://uapatents.com/3-36351-pristriji-dlya-ochishhennya-ridini-vid-magnitnikh-ta-nemagnitnikh-vklyuchen.html>
- Merentsov, N. A., Bokhan, S. A., Lebedev, V. N., Persidskiy, A. V., Balashov, V. A. (2018). System for Centralised Collection, Recycling and Removal of Waste Pickling and Galvanic Solutions and Sludge. *Materials Science Forum*, 927, 183–189. doi: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/msf.927.183>
- Kochetov, G. M. (2000). Kompleksnaya ochistka stochnykh vod promyshlennykh predpriyatiy s regeneratsiey tyazhelykh metallov. *Ekotekhnologii i resursoberezhenie*, 4, 41–43.
- Cunha, T. N. D., Trindade, D. G., Canesin, M. M., Eftting, L., de Moura, A. A., Moisés, M. P. et al. (2020). Reuse of Waste Pickling Acid for the Production of Hydrochloric Acid Solution, Iron(II) Chloride and Magnetic Iron Oxide: An Eco-Friendly Process. *Waste and Biomass Valorization*, 12 (3), 1517–1528. doi: <https://doi.org/10.1007/s12649-020-01079-1>
- Uretskiy, E. A. (2007). *Resursoberegayushchie tekhnologii v vodnom khozyaystve promyshlennykh predpriyatiy*. Brest: BrGTU, 396.
- Xiaoyu, W., Gang, L., Shuo, Y. (2020). Study on the Treatment and Recovery of Acid in Steel Pickling Wastewater with Diffusion Dialysis. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 510 (4), 042046. doi: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/510/4/042046>
- Serdiuk, V. O. (2021). Membranni elektrokhimichni prystroi v protsesakh reheneratsiyi halvanichnykh rozchyniv. *Sumy: SDU*, 192. Available at: <https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/86159>
- Tevtul, Ya. Yu., Nechyporenko, O. V., Makh, N. Ya., Mykhaletska, O. M. (2008). Elektrokhimichna membranna reheneratsiya khlorydnykh rozchyniv travlennia midi. *Ukraynskyi khymycheskyi zhurnal*, 74 (2), 97–101. Available at: <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/14594>
- Koltyshev, S. M. et al. (2006). Opyt ochistki ot parov solyanoy kisloty aspiratsionnogo vozdukhа travil'nogo otdeleniya. *Stal'*, 2, 77–78.
- Vasylenko, I. A., Kumaniov, S. O. (2011). Pat. No.100944 UA. Process for the preparation of modified yellow iron oxide. No. 201112246; declared: 19.10.2011; published: 11.02.2013, *Bul. No. 3*. Available at: <https://base.uip.org/searchINV/search.php?action=viewdetails&IdClaim=182968>
- Pietrelli, L., Ferro, S., Vocciante, M. (2018). Raw materials recovery from spent hydrochloric acid-based galvanizing wastewater. *Chemical Engineering Journal*, 341, 539–546. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2018.02.041>
- Sharma, V. K., Yngard, R. A., Cabelli, D. E., Clayton Baum, J. (2008). Ferrate(VI) and ferrate(V) oxidation of cyanide, thiocyanate, and copper(I) cyanide. *Radiation Physics and Chemistry*, 77 (6), 761–767. doi: <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2007.11.004>
- Baran, B. A., Bubenshchykova, H. T., Khriashcheykyi, V. M. (2010). Antropohenne zabrudnennia vody ta sposoby yii ochyshchennia. *Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu*, 2, 234–237. Available at: [http://journals.khnu.km.ua/vestnik/pdf/tech/2010\\_2/44bar.pdf](http://journals.khnu.km.ua/vestnik/pdf/tech/2010_2/44bar.pdf)
- Korzhyk, N. N., Garniy, A. I., Shevchenko, V. E., Khaskin, V. Yu., Kostash, S. M. (2017). Primenenie mikrodogovoy obrabotki vo vraschayushchikhsya magnitnykh polyakh dlya ochistki zagryaznennykh i stochnykh vod. *Mezhdunarodnyy Nauchnyy Institut "Educatio" : Tekhnicheskie nauki*, I (26), 17–27.
- Kochetov, G., Samchenko, D., Lastivka, O., Derecha, D. (2022). Determining the rational parameters for processing spent etching solutions by ferritization using alternating magnetic fields. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (10 (117)), 21–28. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.259791>
- Garashchenko, I. V., Garashchenko, V. I., Astrelin, I. M. (2019). Magnetosorption purification of liquid chemical products from ferromagnetic impurities. *Voprosy Khimii i Khimicheskoi Tekhnologii*, 1, 80–85. doi: <https://doi.org/10.32434/0321-4095-2019-122-1-80-85>
- Mehta, D., Mazumdar, S., Singh, S. K. (2015). Magnetic adsorbents for the treatment of water/wastewater – A review. *Journal of Water Process Engineering*, 7, 244–265. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2015.07.001>

23. Korchyk, N. M., Yatskov, M. V., Bielikova, S. V. (2012). Pat. No. 76053 UA. Process for the purification of waste water of electroplating industry. No. u201206086; declared: 21.05.2012; published: 25.12.2012, Bul. No. 24. Available at: <https://uapatents.com/6-76053-sposib-ochyshhennya-stichnykh-vod-galvanichnogo-virobnictva.html>
24. Kyryliuk, S. V. (2017). Ochyshchennia kontsentrovanykh stichnykh vod halvanichnogo vyrobnytstva u kombinovanii systemi. Rivne: NUVHP, 206.
25. Yatskov, M., Korchyk, N., Mysina, O., Budenkova, N. (2021). Improvement of the technological treatment scheme of iron-containing wastewater from etching operations. EUREKA: Life Sciences, 3, 21–28. doi: <https://doi.org/10.21303/2504-5695.2021.001883>
26. Yatskov, M., Korchyk, N., Mysina, O., Budenkova, N. (2021). Creation of a combined system for treatment of iron-containing wastewater from etching operations. Technology Audit and Production Reserves, 6 (3 (62)), 21–26. doi: <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2021.247550>
27. Yatskov, M. V., Korchyk, N. M., Prorok, O. A., Besediuk, V. Yu. (2020). Pat. No. 147127. Sposib vyluchennia khromu iz vysokokontsentrovanykh vidkhodiv shkirzavodiv. No. 202006909; declared: 28.10.2020; published: 14.04.2021, Bul. No. 15. Available at: <https://base.uip.org/searchINV/search.php?action=viewdetails&IdClaim=275516>

**DOI: 10.15587/1729-4061.2022.270315**

**APPLYING A NEURAL NETWORK METHOD TO SEARCH FOR OPTIMAL AIR IONIZATION CONDITIONS (p. 27–34)**

**Serhii Sukach**

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University,  
Kremenchuk, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-6834-0197>

**Volodymyr Chenchevoi**

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University,  
Kremenchuk, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-6478-3767>

**Natalja Fjodorova**

National Institute of Chemistry, Ljubljana, Slovenia  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-1136-8447>

**Olga Chencheva**

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University,  
Kremenchuk, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-8826-3248>

**Volodymyr Bakharev**

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University,  
Kremenchuk, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-9312-654X>

**Olena Kortsova**

Scientific and Technical Center of Promekology Ltd,  
Kremenchuk, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-8101-322X>

**Volodymyr Shevchenko**

Institute of Geotechnical Mechanics named by N. Poljakov  
of National Academy of Sciences of Ukraine, Dnipro, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-7290-811X>

**Ivan Petrenko**

Institute of Geotechnical Mechanics named by N. Poljakov  
of National Academy of Sciences of Ukraine, Dnipro, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-9846-3737>

This paper reports measuring, modeling, and determining the optimized air ionic composition of the air at industrial premises to ensure safe living and working conditions for workers.

The possibility of using saline solutions with different degrees of concentration to increase the number of negative ions in the airspace, as well as the variability of the air flow rate for the process of ionization of the air of industrial premises, has been investigated. Analysis of experimental data revealed that an increase in the concentration of saline solutions leads to a decrease in the release of the number of air ions into the vapor-air space of the room.

It is proved that in order to improve air quality, it is advisable to enable air ionization using an ultrasonic air ion generator and the use of demineralized water. The optimal input parameters established for the ultrasonic installation are:  $s$  – distance to the ultrasonic installation, 40 cm;  $v$  – airflow rate, 6.00 m/s; and  $c$  – concentration of salt water solution, 3.3 %.

The result reported here could be used in the design and development of a control system for an ultrasonic generator of air ions of ventilation systems and microclimate systems in order to create the most comfortable high-quality ionized air at industrial premises.

To find the optimal mode of operation of the ionization process, a representation procedure for a neural network was applied, which was most accurate to determine the optimal parameters for ionizing the airspace of the working room.

Optimization was performed using a Feed Forward Bottle Neck Neural Network (FFBN NN) representation. This approach allows one to determine several optimal conditions for the process under study on the basis of a compromise solution.

**Keywords:** air ionization, air quality, neural network, production facilities, air indicators.

**References**

1. Standard of Building Biology Testing Methods: SBM-2015. BAUBIOLOGIE MAES / Institut für Baubiologie + Nachhaltigkeit IBN. Available at: <https://buildingbiology.com/site/wp-content/uploads/standard-2015-englisch.pdf>
2. Wang, H., Wang, B., Niu, X., Song, Q., Li, M., Luo, Y. et al. (2020). Study on the change of negative air ion concentration and its influencing factors at different spatio-temporal scales. Global Ecology and Conservation, 23, e01008. doi: <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e01008>
3. Yue, C., Yuxin, Z., Nan, Z., Dongyou, Z., Jiangning, Y. (2020). An inversion model for estimating the negative air ion concentration using MODIS images of the Daxing'anling region. PLOS ONE, 15 (11), e0242554. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0242554>
4. Kaiser, F.-J., Bassler, N., Tölli, H., Jäkel, O. (2011). Initial recombination in the track of heavy charged particles: Numerical solution for air filled ionization chambers. Acta Oncologica, 51 (3), 368–375. doi: <https://doi.org/10.3109/0284186x.2011.626452>
5. Rubenstone, J. (2021). Cleaning the Air, Fighting The Virus. ENR: Engineering News-Record, 286 (8), 8–11.
6. Wei, W., Ramalho, O., Malingre, L., Sivanantham, S., Little, J. C., Mandin, C. (2019). Machine learning and statistical models for predicting indoor air quality. Indoor Air, 29 (5), 704–726. doi: <https://doi.org/10.1111/ina.12580>
7. Sukach, S., Kozlovs'ka, T., Serhienko, I., Khodakovskyy, O., Liashok, I., Kipko, O. (2018). Studying and substantiation of the method for normalization of airionic regime at industrial premises at the ultrasonic ionization of air. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 4 (10 (94)), 36–45. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.141060>
8. Noakes, C. J., Sleight, P. A., Beggs, C. B. (2007). Modelling the air cleaning performance of negative air ionisers in ventilated rooms. Proceeding of the 10 th Int. Conference on Air Distribution in Rooms (Roomvent 2007). Helsinki.
9. Sydorov, O. V., Hlyva, V. A. (2013). Vplyv elektrostatychnykh poliv na kontsentratsiyi lehkykh aeroioniv na robochomu misti operatora PEOM. Stroitel'stvo, materialovedenie, mashinostroenie. Seriya: Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti, 71 (2), 176–183. Available at: <https://dspace.nau.edu.ua/handle/NAU/29609>

10. Biliaiev, M. M., Tsygankova, S. G. (2016). Complex of numerical models for computation of air ion concentration in premises. *Science and Transport Progress. Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport*, 2 (62), 16–24. doi: <https://doi.org/10.15802/stp2016/67281>
11. Rusakova, T. I. (2019). Method for predicting parameters of the aeroionic mode in open terrain ground areas. *Science and Transport Progress. Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport*, 3 (81), 16–26. doi: <https://doi.org/10.15802/stp2019/170273>
12. Podorozhniak, A., Liubchenko, N., Kvochka, M., Suarez, I. (2021). Usage of intelligent methods for multispectral data processing in the field of environmental monitoring. *Advanced Information Systems*, 5 (3), 97–102. doi: <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2021.3.13>
13. Sobchuk, V., Zamrii, I., Olimpiyeva, Y., Laptiev, S. (2021). Functional stability of technological processes based on nonlinear dynamics with the application of neural networks. *Advanced Information Systems*, 5 (2), 49–57. doi: <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2021.2.08>
14. Sukach, S. V., Sydorov, O. V. (2016). Metodolohichni zasady pidvyshchennia yakosti kontroliu aeroionnoho skladu povitria vyrobnychoho seredovyshcha. *Problemy okhorony pratsi v Ukraini*, 32, 127–133.
15. Daszykowski, M. (2003). A journey into low-dimensional spaces with autoassociative neural networks. *Talanta*, 59 (6), 1095–1105. doi: [https://doi.org/10.1016/s0039-9140\(03\)00018-3](https://doi.org/10.1016/s0039-9140(03)00018-3)
16. Eriksson, L., Johansson, E., Kettaneh-Wold, N., Wikström, C., Wold, S. (2008). *Design of Experiments: Principles and Applications*. Umetrics AB, Umeå.

**DOI: 10.15587/1729-4061.2022.268439**

**DEVELOPMENT OF MODELS OF THE ELECTROMAGNETIC ENVIRONMENT IN BUILDINGS AND URBANIZED AREAS (p. 35–45)**

**Larysa Levchenko**

National Technical University of Ukraine  
“Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Kyiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-7227-9472>

**Nataliia Ausheva**

National Technical University of Ukraine  
“Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Kyiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-0816-2971>

**Nataliia Burdeina**

Kyiv National University of Construction and Architecture,  
Kyiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-2812-1387>

**Iryna Aznaurian**

Kyiv National University of Construction and Architecture,  
Kyiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-7085-7291>

**Yana Biruk**

Kyiv National University of Construction and Architecture,  
Kyiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-3669-9744>

**Natalia Kasatkina**

National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-6905-7502>

**Iryna Matvieieva**

National Aviation University, Kyiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-8636-0538>

**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>

**Kyrylo Nikolaiev**

Ministry of Strategic Industries of Ukraine, Kyiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-0404-6113>

**Oksana Tykhenko**

National Aviation University, Kyiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-6459-6497>

A set of measures and means to control the electromagnetic situation of the environment in the territories of urban development, in buildings and individual premises has been substantiated and developed. The simulation tools show the ability to rationalize the parameters of overhead lines with voltages of 220 kV and below, which will reduce the electromagnetic load in the territories. Modeling the propagation of fields from underground high-voltage lines has established that the values of magnetic fields compared to overhead lines are lower up to 30 times. Models of propagation of electromagnetic fields of very high and ultrahigh frequency were built. Sources of electromagnetic fields of non-production origin in industrial buildings have been investigated. Uncompensated currents in power networks with nonlinear electric consumers generate magnetic fields by induction of 0.35–1.20  $\mu\text{T}$ , which exceeds the maximum permissible levels of operation of computer equipment. Leakage currents on grounded metal structures generate magnetic fields with 1.52–6.75  $\mu\text{T}$ .

Simulation of the propagation of electric and magnetic fields of components of personal computers of controlled ranges according to the MPRII standard was carried out. Models of propagation of the magnetic field of industrial frequency around electric motors and generators with their cross sections were built. On the basis of such models, design schemes for placing equipment in production areas are selected or places of safe stay and movement of personnel are selected. The expediency of using shielding to reduce field levels to safe values due to coating surfaces with liquid protective mixtures was shown. Metal-containing composition based on water-dispersion paint makes it possible to reduce the level of magnetic field of industrial frequency by 2.5–2.6 times, electric field by 1.6–1.7 times, electromagnetic field of industrial frequency – by 1.2–1.3 times.

**Keywords:** electromagnetic field, electromagnetic situation, industrial frequency, power line, personal computer.

**References**

1. Directive 2013/35/EU of the European Parliament and of the Council of 26 June 2013 on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (electromagnetic fields) (20th individual Directive within the meaning of Article 16 (1) of Directive 89/391/EEC) and repealing Directive 2004/40/EC. Available at: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2013/35/oj>
2. Directives. Directive 2014/52/EU of the European parliament and of the council of 16 April 2014 amending Directive 2011/92/EU on the assessment of the effects of certain public and private projects on the environment (Text with EEA relevance). Available at: <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/eur133116.pdf>
3. Pelevin, D. Ye. (2014). The methods of reducing of the magnetic fields of overhead power lines outside security zones. *Tekhnichna elektrodynamika*, 5, 14–16. Available at: <http://dspace.nbu.gov.ua/handle/123456789/135627>
4. Grinchenko, V. S. (2018). Mitigation of three-phase power line magnetic field by grid electromagnetic shield. *Tekhnichna Elektrodynamika*, 2018 (4), 29–32. doi: <https://doi.org/10.15407/techned2018.04.029>
5. Rozov, V. Yu., Reutskyi, S. Yu., Pelevin, D. Ye., Kundius, K. D. (2022). Approximate method for calculating the magnetic field of 330–750 kV high-voltage power line in maintenance area under voltage. *Electrical Engineering & Electromechanics*, 5, 71–77. doi: <https://doi.org/10.20998/2074-272x.2022.5.12>

6. Kuznetsov, B. I., Nikitina, T. B., Bovdii, I. V., Voloshko, O. V., Kolo-miets, V. V., Kobylanskyi, B. B. (2022). Comparison of the effective-ness of thruple-loop and double-loop systems of active shielding of a magnetic field in a multi-storey old buildings. *Electrical Engineering & Electromechanics*, 3, 21–27. doi: <https://doi.org/10.20998/2074-272x.2022.3.04>
7. Rozov, V. Yu., Pelevin, D. Ye., Pielievina, K. D. (2017). External magnetic field of urban transformer substations and methods of its normalization. *Electrical Engineering & Electromechanics*, 5, 60–66. doi: <https://doi.org/10.20998/2074-272x.2017.5.10>
8. Koppel, T., Ahonen, M., Carlberg, M., Hedendahl, L., Hardell, L. (2019). Radiofrequency radiation from nearby mobile phone base stations—a case comparison of one low and one high exposure apartment. *Oncology Letters*, 18 (5). doi: <https://doi.org/10.3892/ol.2019.10899>
9. Mordachev, V. I., Svistunov, A. S. (2013). Required and sufficient level of GSM base stations electromagnetic radiation power. *Doklady BGUIR*, 7, 44–50.
10. Sukach, S., Riznik, D., Zachepa, N., Chencheyov, V. (2020). Normalization of the Magnetic Fields of Electrical Equipment in Case of Unauthorized Influence on Critical Information Infrastructure Facilities. *Soft Target Protection*, 337–349. doi: [https://doi.org/10.1007/978-94-024-1755-5\\_28](https://doi.org/10.1007/978-94-024-1755-5_28)
11. Chen, F., Liu, Y., Wang, P. (2015). Study on the Propagation Characteristics of Radio Wave for Indoor Non-Line-of-Sight. *Journal of Computer and Communications*, 03 (03), 40–43. doi: <https://doi.org/10.4236/jcc.2015.33007>
12. Singh, J. (2015). Computer Generated Energy Effects on Users and Shielding Interference. *International Journal of Innovative Research in Computer and Communication Engineering*, 3, 10022–10027.
13. Glyva, V., Kasatkina, N., Levchenko, L., Tykhenko, O., Nazarenko, V., Burdeina, N. et al. (2022). Determining the dynamics of electromagnetic fields, air ionization, low-frequency sound and their normalization in premises for computer equipment. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (10 (117)), 47–55. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.258939>
14. Bolibrukh, B., Glyva, V., Kasatkina, N., Levchenko, L., Tykhenko, O., Panova, O. et al. (2022). Monitoring and management ion concentrations in the air of industrial and public premises. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (10 (115)), 24–30. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.253110>
15. Tudose, I. V., Mouratis, K., Ionescu, O. N., Romanitan, C., Pachi, C., Popescu, M. et al. (2022). Novel Water-Based Paints for Composite Materials Used in Electromagnetic Shielding Applications. *Nanomaterials*, 12 (3), 487. doi: <https://doi.org/10.3390/nano12030487>
16. Kochetov, G., Prikhna, T., Samchenko, D., Prysiashna, O., Monastyr-rov, M., Mosshchil, V., Mamalis, A. (2021). Resource efficient ferritization treatment for concentrated wastewater from electroplating production with aftertreatment by nanosorbents. *Nanotechnology Perceptions*, 17 (1), 9–18. doi: <https://doi.org/10.4024/n22ko20a.ntp.17.01>
17. Kochetov, G., Kovalchuk, O., Samchenko, D. (2020). Development of technology of utilization of products of ferritization processing of galvanic waste in the composition of alkaline cements. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (10 (107)), 6–13. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.215129>
18. Khodakovskiy, O., Levchenko, L., Kolumbet, V., Kozachuk, A., Kuzhavskiy, D. (2021). Calculation apparatus for modeling the distribution of electromagnetic fields of different sources. *Advanced Information Systems*, 5 (1), 34–38. doi: <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2021.1.04>
19. Sayenko, Y. (2019). Kompensacja mocy biernej w sieciach elektrycznych ze źródłami interharmonicznych. *PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY*, 1 (3), 43–46. doi: <https://doi.org/10.15199/48.2019.03.10>
20. Getman, A. (2018). Development of the technique for improving the structure of a magnetic field in the aperture of a quadrupole

electromagnet with a superconducting winding. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (5 (95)), 6–12. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.142163>

**DOI: 10.15587/1729-4061.2022.268699**

**DETERMINING PATTERNS IN THE GENERATION OF MAGNETIC FIELDS WHEN USING DIFFERENT CONTACT WELDING TECHNIQUES (p. 46–53)**

**Oleg Levchenko**

National Technical University of Ukraine  
“Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Kyiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-9737-7212>

**Yury Polukarov**

National Technical University of Ukraine  
“Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Kyiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-6261-3991>

**Olga Goncharova**

E. O. Paton Electric Welding Institute of the National Academy  
of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-5213-6300>

**Olga Bezushko**

E. O. Paton Electric Welding Institute of the National Academy  
of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-6148-1675>

**Olexandr Arlamov**

National Technical University of Ukraine  
“Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Kyiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-2174-5928>

**Olena Zemlyanska**

National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv  
Polytechnic Institute”, Kyiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-9608-3677>

The object of this study is the quantitative characteristics of magnetic fields induced during electric contact welding in various ways: contact point, arc-butt, capacitor point, contact-butt continuous, and pulsating fusion. The problem to be solved is the lack of necessary information regarding the electromagnetic safety of these welding techniques. A description of the proposed methodological approaches to determining the levels of magnetic fields, their measurement tools, and methods for assessing their impact on the welder's body is given. Based on the analysis and processing of the acquired oscillograms and spectrograms of magnetic fields, their quantitative characteristics were measured. To determine the general level of the polyfrequency magnetic field arising at contact welding, the proposed generalized indicator of the level of the magnetic field was used. It was established that during contact point welding by a stationary machine, the level of the magnetic field exceeds the maximum permissible value at the workplace in the range of 50–1000 Hz at a distance of 0.3 m from the welding electrodes. When manually welding in this way, the magnetic field level exceeds the permissible level in the frequency bands of 5–50, 50–1000 Hz directly near the electrical cable. Capacitor spot welding with direct current is characterized by exceeding the maximum permissible MP at the workplace in the high-frequency range of 1000–10000 Hz. During arc-butt welding, no excess of the maximum permissible levels of the magnetic field was detected at the workplace. It is shown that the spectral composition and magnitude of the magnetic field signal is determined by the welding technique and the initial parameters of power supplies. Orimani results can be used in the field of welding production and labor protection.

**Keywords:** contact welding, magnetic field, field intensity, oscillograms, spectrograms, welder protection.

## References

1. Modenese, A., Gobba, F. (2021). Occupational Exposure to Electromagnetic Fields and Health Surveillance according to the European Directive 2013/35/EU. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18 (4), 1730. doi: <https://doi.org/10.3390/ijerph18041730>
2. Stam, R. (2018). Comparison of international policies on electromagnetic fields (power frequency and radiofrequency fields). National Institute of Public Health and the Environment. Available at: <https://rivm.openrepository.com/bitstream/handle/10029/623629/2018998.pdf?sequence=1>
3. Yamaguchi-Sekino, S., Ojima, J., Sekino, M., Hojo, M., Saito, H., Okuno, T. (2011). Measuring Exposed Magnetic Fields of Welders in Working Time. *Industrial Health*, 49 (3), 274–279. doi: <https://doi.org/10.2486/indhealth.ms1269>
4. Weingrill, L., Krutzler, J., Enzinger, N. (2016). Temperature Field Evolution during Flash Butt Welding of Railway Rails. *Materials Science Forum*, 879, 2088–2093. doi: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/msf.879.2088>
5. Hu, S., Haselhuhn, A. S., Ma, Y., Li, Z., Qi, L., Li, Y. et al. (2021). Effect of external magnetic field on resistance spot welding of aluminium to steel. *Science and Technology of Welding and Joining*, 27 (2), 84–91. doi: <https://doi.org/10.1080/13621718.2021.2013707>
6. Qi, L., Zhang, Q., Niu, S., Chen, R., Li, Y. (2021). Influencing mechanism of an external magnetic field on fluid flow, heat transfer and microstructure in aluminum resistance spot welding. *Engineering Applications of Computational Fluid Mechanics*, 15 (1), 985–1001. doi: <https://doi.org/10.1080/19942060.2021.1938684>
7. Michałowska, J., Przystupa, K., Krupski, P. (2020). Empirical assessment of the MAG welder's exposure to an electromagnetic field. *Przegląd Elektrotechniczny*, 1 (12), 224–227. doi: <https://doi.org/10.15199/48.2020.12.48>
8. Levchenko, O., Polukarov, Y., Goncharova, O., Bezushko, O., Arlamov, O., Zemlyanska, O. (2022). Determining patterns in the generation of magnetic fields when using different arc welding techniques. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (10 (116)), 50–56. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.254471>
9. Levchenko, O. G., Levchuk, V. K., Goncharova, O. N. (2012). Spatial distribution of magnetic field and its minimization in resistance spot welding. *The Paton Welding Journal*, 8, 47–51. Available at: <https://patonpublishinghouse.com/tpwj/pdf/2012/pdfarticles/08/11.pdf>
10. Levchenko, O. (2020). Methodology of determination of the of multifrequency magnetic field level at welder's working zone. *Labour Protection Problems in Ukraine*, 36 (4), 3–7. doi: <https://doi.org/10.36804/nndipbop.36-4.2020.3-7>
11. Pro zatverdzhennia Derzhavnykh sanitarnykh norm ta pravyl pry roboti z dzherelamy elektromahnitnykh poliv (DSNiP 3.3.6.096-2002). Ministerstvo Okhorony Zdorovia Ukrainy. Nakaz 18.12.2002 No. 476. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0203-03#Text>
12. Tan, L., Jiang, J. (2019). *Digital signal processing: fundamentals and applications*. Academic Press. doi: <https://doi.org/10.1016/C2017-0-02319-4>

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.269140

## ANALYSIS OF THE EFFECT OF EMPLOYEE STATUS ON CONSTRUCTION WORKER'S SAFETY BEHAVIOR USING STRUCTURAL EQUATION MODEL (p. 54–62)

Fifi Damayanti

Brawijaya University, Kota Malang, Jawa Timur, Indonesia  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8786-604X>

Ludfi Djakfar

Brawijaya University, Kota Malang, Jawa Timur, Indonesia  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2812-9263>

Wisnumurti

Brawijaya University, Kota Malang, Jawa Timur, Indonesia  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2939-2170>

Agung Murti Nugroho

Brawijaya University, Kota Malang, Jawa Timur, Indonesia  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0655-1228>

The construction industry is one of the most at risk to worker safety. The number of work accidents in Indonesia continues to increase so that by 2021 the number of work accidents will reach 234,270 cases. Therefore, in-depth research is needed to maintain the safety of all workers. Recognizing the factors that cause work accidents helps stakeholders take preventive action. It is necessary to increase worker safety behaviour by identifying its factors. Both those that occur in casual workers and permanent workers. Therefore, it is important to see whether employment status affects the safety behaviour of construction workers so that preventive measures can be taken as a form of prevention of work accidents. The research objective was to analyze the status of workers on the safety behaviour of construction workers. Data was collected through a survey method of 300 construction workers in the cities of Surabaya, Malang, and Batu in East Java, Indonesia. The results of the study show that worker status has a positive effect on construction work safety behaviour. This means that the higher the Employee Status will increase the Safety Behavior variable, with a path coefficient of 0.390. Among the indicators that are dominant in measuring the ES Worker Status construct is the Type of Worker, with the highest loading factor of 0.842. Thus, if the management wants to raise the value of the variable Safety Behavior through improving aspects of Employee Status, what need to be evaluated as a top priority is the Employee Type. The results of this study can be used as a reference in setting policies related to worker safety. Project management can determine what strategic steps need to be taken for construction workers with different types of employee statuses. so as to increase worker awareness of a culture of safety behavior.

**Keywords:** employee status, contractual worker, daily workers, outsourcing worker, permanent workers, safety behaviour, PLS-SEM.

## References

1. Probst, T. M., Bettac, E. L., Austin, C. T. (2019). Accident under-reporting in the workplace. Increasing Occupational Health and Safety in Workplaces, 30–47. doi: <https://doi.org/10.4337/9781788118095.00009>
2. 2019 Audited Financial Report (2019). Indonesian Government's Department of Employment Social Security Administrative.
3. Aggressive Growth For Sustainable Protection (2019) Indonesian Government's Department of Employment Social Security Administrative.
4. Martiano, M. R. A., Soekiman, D. A. (2021). The Effect of Occupational Health and Safety, Work Accidents and Skills of Construction Workers on the Quality of Life of Construction Industry Workers in Indonesia. *International Journal of Academic Research in Economics and Management Sciences*, 10 (1). doi: <https://doi.org/10.6007/ijarems/v10-i1/8868>
5. Andersen, L. P., Nørddam, L., Joensson, T., Kines, P., Nielsen, K. J. (2017). Social identity, safety climate and self-reported accidents among construction workers. *Construction Management and Economics*, 36 (1), 22–31. doi: <https://doi.org/10.1080/01446193.2017.1339360>
6. Machfudiyanto, R. A., Latief, Y., Arifuddin, R., Yogiswara, Y. (2017). Identification of Safety Culture Dimensions Based on the Implementation of OSH Management System in Construction Company. *Procedia Engineering*, 171, 405–412. doi: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.01.350>
7. Loosemore, M., Sunindijo, R. Y., Lestari, F., Kusminanti, Y., Widanarko, B. (2019). Comparing the safety climate of the Indonesian and Australian construction industries. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 26 (10), 2206–2222. doi: <https://doi.org/10.1108/ecam-08-2018-0340>

8. Tehrani, V. Z., Rezaifar, O., Gholhaki, M., Khosravi, Y. (2019). Investigating Factors of Safety Culture Assessment in Construction Industry Projects. *Civil Engineering Journal*, 5 (4), 971–983. doi: <https://doi.org/10.28991/cej-2019-03091304>
9. Latief, Y., Machfudiyanto, R. A., Arifuddin, R., Setiawan, R. M. F., Yogiswara, Y. (2017). Study of Evaluation OSH Management System Policy Based On Safety Culture Dimensions in Construction Project. *Journal of Physics: Conference Series*, 877, 012028. doi: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/877/1/012028>
10. Seo, H.-C., Lee, Y.-S., Kim, J.-J., Jee, N.-Y. (2015). Analyzing safety behaviors of temporary construction workers using structural equation modeling. *Safety Science*, 77, 160–168. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2015.03.010>
11. Shuang, D., Heng, L., Skitmore, M., Qin, Y. (2019). An experimental study of intrusion behaviors on construction sites: The role of age and gender. *Safety Science*, 115, 425–434. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2019.02.035>
12. Nasab, H. S., Ghofranpour, F., Kazemnejad, A., Khavanin, A., Tavakoli, R. (2009). Evaluation of knowledge, attitude and behavior of workers towards occupational health and safety. *Iranian Journal of Public Health*, 38 (2), 125–129.
13. Moortel, D., Vanroelen, J. C. (2018). Working conditions – Employment status and job quality, *Interface Demography*. Available at: <https://policycommons.net/artifacts/2216250/working-conditions/2973194/>
14. Meng, X., Chan, A. H. S. (2020). Demographic influences on safety consciousness and safety citizenship behavior of construction workers. *Safety Science*, 129, 104835. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2020.104835>
15. Scoot, G. E. (2001). *The Psychology Of Safety Handbook*. Lewis Publisher.
16. Cooper, M. D. (1998). *Improving Safety Culture: A Practical Guide*. Chichester: J. Wiley & Sons.
17. Loosemore, M., Malouf, N. (2019). Safety training and positive safety attitude formation in the Australian construction industry. *Safety Science*, 113, 233–243. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2018.11.029>
18. Heinrich, H. W., Petersen, Dan, Roos, N. (1980). *Industrial Accident Prevention*. New York: Mc. Graw Hill Book Company, 468.
19. Soares Júnior, G. G., Satyro, W. C., Bonilla, S. H., Contador, J. C., Barbosa, A. P., Monken, S. F. de P. et al. (2021). Construction 4.0: Industry 4.0 enabling technologies applied to improve workplace safety in construction. *Research, Society and Development*, 10 (12). doi: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i12.20280>
20. Martis, M. (2013). *The Influence Of Employment Status On Job Stress, Affective Commitment And Job Satisfaction : Possible Moderators The Influence Of Employment Status On Job Stress , Affective Commitment And Job Satisfaction : Possible Moderators*. Master of Business Administration Human Resource Management track, 73.
21. Indonesian Government's Law Number 11 of 2020 Job Creation (2020). Indonesian Government.
22. Sugiyono (2013). *Statistika untuk Penelitian*. Bandung: Alfabeta
23. Engkos, A. K., Riduwan, D. (2007). *Cara Menggunakan dan Memaknai Analisis Jalur*. Bandung : Alfabeta. Ardianto, Elvinaro.
24. Fernandes, S. A. A. R., Nurjannah (2020). *Pemodelan Persamaan Struktural (SEM) Pendekatan WarpPLS*. Malang: UB Press.

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.268437

**REVEALING THE FEATURES OF THE THIRD ORDER PHASE SPECTRUM OF THE MAIN DANGEROUS PARAMETERS OF THE GAS MEDIUM (p. 63–70)**

**Boris Pospelov**

Scientific-Methodical Center of Educational Institutions  
in the Sphere of Civil Defence, Kyiv, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0957-3839>

**Yuliia Bezuhla**

National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4022-2807>

**Oleksandr Yashchenko**

National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7129-389X>

**Batyr Khalmuradov**

National Aviation University, Kyiv, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2225-6528>

**Olena Petukhova**

National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4832-1255>

**Stella Gornostal**

National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0789-7669>

**Yurii Kozar**

Bogdan Khmelnytsky Melitopol State Pedagogical University,  
Melitopol, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6424-6419>

**Kateryna Tishechkina**

Mykolayiv National Agrarian University, Mykolayiv, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1814-0813>

**Olga Salamatina**

Mykolayiv National Agrarian University, Mykolayiv, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1457-2822>

**Zhanna Ihnatenko**

Mykolayiv National Agrarian University, Mykolayiv, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1115-1325>

The object of this study is the dynamics of hazardous parameters of the gas environment when materials are ignited in the premises. The task addressed was the early detection of fires in the premises. It is proposed to resolve this issue on the basis of using an assessment of the coherence of frequency components in the third-order spectrum relative to the dynamics of hazardous parameters of the gas environment. The results indicate the nonlinear nature of the dynamics of hazardous parameters of the gas environment both in the absence and in the presence of fires. It was established that the assessment of the coherence of the frequency components relative to the considered triplets in the third-order spectrum contains information on the ratio of order to chaos in the dynamics of hazardous parameters of the gas environment. This information can be used to reliably detect fires. It was found that when the test materials in the form of alcohol, paper, wood, and textiles are ignited, the ratio of order to chaos in the temperature and CO dynamics in a gaseous medium is halved. It was established that the average values for frequency indices from 0 to 20 of the coherence of the frequency components of the dynamics of hazardous parameters on the ignition interval of test materials are in the range from +0.005 to –0.187. At the same time, in the interval of absence of ignition of test materials, the average values of the coherence assessment for frequency indices from 0 to 20 are in the range from +0.48 to +0.022. The reported results generally indicate the prospects and further development of studies into the coherence of the frequency components of the third-order spectrum for the dynamics of hazardous parameters of the gas environment in order to detect fires in the premises.

**Keywords:** coherence, third-order spectrum, parameter dynamics, gas medium, room, ignition.

**References**

1. Vambol, S., Vambol, V., Bogdanov, I., Suchikova, Y., Rashkevich, N. (2017). Research of the influence of decomposition of wastes of polymers with nano inclusions on the atmosphere. *Eastern-European Jour-*

- nal of Enterprise Technologies, 6 (10 (90)), 57–64. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.118213>
2. Semko, A., Rusanova, O., Kazak, O., Beskrovnaya, M., Vinogradov, S., Gricina, I. (2015). The use of pulsed high-speed liquid jet for putting out gas blow-out. *The International Journal of Multiphysics*, 9 (1), 9–20. doi: <https://doi.org/10.1260/1750-9548.9.1.9>
  3. Popov, O., Iatsyshyn, A., Kovach, V., Artemchuk, V., Taraduda, D., Sobyna, V. et al. (2018). Conceptual Approaches for Development of Informational and Analytical Expert System for Assessing the NPP impact on the Environment. *Nuclear and Radiation Safety*, 3 (79), 56–65. doi: [https://doi.org/10.32918/nrs.2018.3\(79\).09](https://doi.org/10.32918/nrs.2018.3(79).09)
  4. Andronov, V., Pospelov, B., Rybka, E., Skliarov, S. (2017). Examining the learning fire detectors under real conditions of application. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (9 (87)), 53–59. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.101985>
  5. Dubinin, D., Korytchenko, K., Lisnyak, A., Hrytsyna, I., Trigub, V. (2017). Numerical simulation of the creation of a fire fighting barrier using an explosion of a combustible charge. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (10 (90)), 11–16. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.114504>
  6. Popov, O., Iatsyshyn, A., Kovach, V., Artemchuk, V., Taraduda, D., Sobyna, V. et al. (2019). Physical Features of Pollutants Spread in the Air During the Emergency at NPPs. *Nuclear and Radiation Safety*, 4 (84), 88–98. doi: [https://doi.org/10.32918/nrs.2019.4\(84\).11](https://doi.org/10.32918/nrs.2019.4(84).11)
  7. Vambol, S., Vambol, V., Kondratenko, O., Koloskov, V., Suchikova, Y. (2018). Substantiation of expedience of application of high-temperature utilization of used tires for liquefied methane production. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, 2 (87), 77–84. doi: <https://doi.org/10.5604/01.3001.0012.2830>
  8. Dubinin, D., Korytchenko, K., Lisnyak, A., Hrytsyna, I., Trigub, V. (2018). Improving the installation for fire extinguishing with finelydispersed water. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (10 (92)), 38–43. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.127865>
  9. Kovalov, A., Otrosh, Y., Ostroverkh, O., Hrushovinchuk, O., Savchenko, O. (2018). Fire resistance evaluation of reinforced concrete floors with fire-retardant coating by calculation and experimental method. *E3S Web of Conferences*, 60, 00003. doi: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20186000003>
  10. Ragimov, S., Sobyna, V., Vambol, S., Vambol, V., Feshchenko, A., Zakora, A. et al. (2018). Physical modelling of changes in the energy impact on a worker taking into account high-temperature radiation. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, 1 (91), 27–33. doi: <https://doi.org/10.5604/01.3001.0012.9654>
  11. Pospelov, B., Andronov, V., Rybka, E., Krainiukov, O., Maksymenko, N., Meleshchenko, R. et al. (2020). Mathematical model of determining a risk to the human health along with the detection of hazardous states of urban atmosphere pollution based on measuring the current concentrations of pollutants. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (10 (106)), 37–44. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.210059>
  12. Otrosh, Y., Semkiv, O., Rybka, E., Kovalov, A. (2019). About need of calculations for the steel framework building in temperature influences conditions. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 708 (1), 012065. doi: <https://doi.org/10.1088/1757-899x/708/1/012065>
  13. Vambol, S., Vambol, V., Kondratenko, O., Suchikova, Y., Hurenko, O. (2017). Assessment of improvement of ecological safety of power plants by arranging the system of pollutant neutralization. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (10 (87)), 63–73. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.102314>
  14. Vasyukov, A., Loboichenko, V., Bushtec, S. (2016). Identification of bottled natural waters by using direct conductometry. *Ecology, Environment and Conservation*, 22 (3), 1171–1176.
  15. Kovalov, A., Otrosh, Y., Rybka, E., Kovalevska, T., Togobytska, V., Rolin, I. (2020). Treatment of Determination Method for Strength Characteristics of Reinforcing Steel by Using Thread Cutting Method after Temperature Influence. *Materials Science Forum*, 1006, 179–184. doi: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/msf.1006.179>
  16. Pospelov, B., Andronov, V., Rybka, E., Samoilo, M., Krainiukov, O., Biryukov, I. et al. (2021). Development of the method of operational forecasting of fire in the premises of objects under real conditions. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (10 (110)), 43–50. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.226692>
  17. Pospelov, B., Andronov, V., Rybka, E., Skliarov, S. (2017). Design of fire detectors capable of self-adjusting by ignition. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (9 (88)), 53–59. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.108448>
  18. Andronov, V., Pospelov, B., Rybka, E. (2017). Development of a method to improve the performance speed of maximal fire detectors. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (9 (86)), 32–37. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.96694>
  19. Pospelov, B., Andronov, V., Rybka, E., Skliarov, S. (2017). Research into dynamics of setting the threshold and a probability of ignition detection by selfadjusting fire detectors. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (9 (89)), 43–48. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.110092>
  20. Cheng, C., Sun, F., Zhou, X. (2011). One fire detection method using neural networks. *Tsinghua Science and Technology*, 16 (1), 31–35. doi: [https://doi.org/10.1016/s1007-0214\(11\)70005-0](https://doi.org/10.1016/s1007-0214(11)70005-0)
  21. Ding, Q., Peng, Z., Liu, T., Tong, Q. (2014). Multi-Sensor Building Fire Alarm System with Information Fusion Technology Based on D-S Evidence Theory. *Algorithms*, 7 (4), 523–537. doi: <https://doi.org/10.3390/a7040523>
  22. BS EN 54-30:2015. Fire detection and fire alarm systems Multi-sensor fire detectors. Point detectors using a combination of carbon monoxide and heat sensors.
  23. BS EN 54-31:2014. Fire detection and fire alarm system - Part 31: Multi-sensor fire detectors. Point detectors using a combination of smoke, carbon monoxide and optionally heat sensors.
  24. ISO 7240-8:2014. Fire detection and alarm systems – Part 8: Point-type fire detectors using a carbon monoxide sensor in combination with a heat sensor.
  25. Aspey, R. A., Brazier, K. J., Spencer, J. W. (2005). Multiwavelength sensing of smoke using a polychromatic LED: Mie extinction characterization using HLS analysis. *IEEE Sensors Journal*, 5 (5), 1050–1056. doi: <https://doi.org/10.1109/jsen.2005.845207>
  26. Chen, S.-J., Hovde, D. C., Peterson, K. A., Marshall, A. W. (2007). Fire detection using smoke and gas sensors. *Fire Safety Journal*, 42 (8), 507–515. doi: <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2007.01.006>
  27. Shi, M., Bermak, A., Chandrasekaran, S., Amira, A., Brahim-Belhouari, S. (2008). A Committee Machine Gas Identification System Based on Dynamically Reconfigurable FPGA. *IEEE Sensors Journal*, 8 (4), 403–414. doi: <https://doi.org/10.1109/jsen.2008.917124>
  28. Skinner, A. J., Lambert, M. F. (2006). Using Smart Sensor Strings for Continuous Monitoring of Temperature Stratification in Large Water Bodies. *IEEE Sensors Journal*, 6 (6), 1473–1481. doi: <https://doi.org/10.1109/jsen.2006.881373>
  29. Cheon, J., Lee, J., Lee, I., Chae, Y., Yoo, Y., Han, G. (2009). A Single-Chip CMOS Smoke and Temperature Sensor for an Intelligent Fire Detector. *IEEE Sensors Journal*, 9 (8), 914–921. doi: <https://doi.org/10.1109/jsen.2009.2024703>
  30. Wu, Y., Harada, T. (2004). Study on the Burning Behaviour of Plantation Wood. *Scientia Silvae Sinicae*, 40, 131.
  31. Ji, J., Yang, L., Fan, W. (2003). Experimental Study on Effects of Burning Behaviours of Materials Caused by External Heat Radiation. *Journal of Combustion Science and Technology*, 9, 139.
  32. Peng, X., Liu, S., Lu, G. (2005). Experimental Analysis on Heat Release Rate of Materials. *Journal of Chongqing University*, 28, 122.
  33. Pospelov, B., Andronov, V., Rybka, E., Meleshchenko, R., Gornostal, S. (2018). Analysis of correlation dimensionality of the state of a gas

- medium at early ignition of materials. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (10 (95)), 25–30. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.142995>
34. Pospelov, B., Andronov, V., Rybka, E., Meleshchenko, R., Borodych, P. (2018). Studying the recurrent diagrams of carbon monoxide concentration at early ignitions in premises. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (9 (93)), 34–40. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.133127>
  35. Pospelov, B., Rybka, E., Meleshchenko, R., Krainiukov, O., Biryukov, I., Butenko, T. et al. (2021). Short-term fire forecast based on air state gain recurrence and zero-order brown model. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (10 (111)), 27–33. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.233606>
  36. Pospelov, B., Rybka, E., Krainiukov, O., Yashchenko, O., Bezuhla, Y., Bielai, S. et al. (2021). Short-term forecast of fire in the premises based on modification of the Brown's zero-order model. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (10 (112)), 52–58. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.238555>
  37. Pospelov, B., Rybka, E., Togobytska, V., Meleshchenko, R., Danchenko, Y., Butenko, T. et al. (2019). Construction of the method for semi-adaptive threshold scaling transformation when computing recurrent plots. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (10 (100)), 22–29. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.176579>
  38. Pospelov, B., Andronov, V., Rybka, E., Krainiukov, O., Karpets, K., Pirohov, O. et al. (2019). Development of the correlation method for operative detection of recurrent states. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (4 (102)), 39–46. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.187252>
  39. Sadkovyi, V., Pospelov, B., Andronov, V., Rybka, E., Krainiukov, O., Rud, A. et al. (2020). Construction of a method for detecting arbitrary hazard pollutants in the atmospheric air based on the structural function of the current pollutant concentrations. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (10 (108)), 14–22. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.218714>
  40. Pospelov, B., Rybka, E., Meleshchenko, R., Krainiukov, O., Harbuz, S., Bezuhla, Y. et al. (2020). Use of uncertainty function for identification of hazardous states of atmospheric pollution vector. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (10 (104)), 6–12. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.200140>
  41. Pospelov, B., Andronov, V., Rybka, E., Bezuhla, Y., Liashevska, O., Butenko, T. et al. (2022). Empirical cumulative distribution function of the characteristic sign of the gas environment during fire. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (10 (118)), 60–66. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.263194>
  42. McGrattan, K., Hostikka, S., McDermott, R., Floyd, J., Weinschenk, C., Overholt, K. (2016). *Fire Dynamics Simulator Technical Reference Guide. Volume 3: Validation*. National Institute of Standards and Technology. Available at: [https://www.fse-italia.eu/PDF/ManualiFDS/FDS\\_Validation\\_Guide.pdf](https://www.fse-italia.eu/PDF/ManualiFDS/FDS_Validation_Guide.pdf)
  43. Floyd, J., Forney, G., Hostikka, S., Korhonen, T., McDermott, R., McGrattan, K. (2013). *Fire Dynamics Simulator (Version 6) User's Guide. Volume 1*. National Institute of Standard and Technology.
  44. Polstiankin, R. M. (2016). Mathematical model of quality detection ignition point heat detection. *Problemy požarnoy bezopasnosti*, 39, 201–207. Available at: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Ppb\\_2016\\_39\\_34](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Ppb_2016_39_34)
  45. Heskestad, G., Newman, J. S. (1992). Fire detection using cross-correlations of sensor signals. *Fire Safety Journal*, 18 (4), 355–374. doi: [https://doi.org/10.1016/0379-7112\(92\)90024-7](https://doi.org/10.1016/0379-7112(92)90024-7)
  46. Gottuk, D. T., Wright, M. T., Wong, J. T., Pham, H. V., Rose-Pehrsson, S. L., Hart, S. et al. (2002). Prototype Early Warning Fire Detection System: Test Series 4 Results. *NRL/MR/6180-02-8602*, Naval Research Laboratory. Available at: <https://apps.dtic.mil/sti/pdfs/ADA399480.pdf>
  47. Pospelov, B., Rybka, E., Savchenko, A., Dashkovska, O., Harbuz, S., Naden, E. et al. (2022). Peculiarities of amplitude spectra of the third order for the early detection of indoor fires. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (10 (119)), 49–56. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.265781>
  48. Saeed, M., Alfatih, S. (2013). Nonlinearity detection in hydraulic machines utilizing bispectral analysis. *TJ Mechanical engineering and machinery*, 13–21. Available at: <http://eprints.utm.my/id/eprint/42178/>
  49. Yang, K., Zhang, R., Chen, S., Zhang, F., Yang, J., Zhang, X. (2015). Series Arc Fault Detection Algorithm Based on Autoregressive Bispectrum Analysis. *Algorithms*, 8 (4), 929–950. doi: <https://doi.org/10.3390/a8040929>
  50. Yang, B., Wang, M., Zan, T., Gao, X., Gao, P. (2021). Application of Bispectrum Diagonal Slice Feature Analysis in Tool Wear States Monitoring. *Posted Content*. doi: <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-775113/v1>
  51. Cui, L., Xu, H., Ge, J., Cao, M., Xu, Y., Xu, W., Sumarac, D. (2021). Use of Bispectrum Analysis to Inspect the Non-Linear Dynamic Characteristics of Beam-Type Structures Containing a Breathing Crack. *Sensors*, 21 (4), 1177. doi: <https://doi.org/10.3390/s21041177>
  52. Max, J. (1981). *Principes généraux et méthodes classiques*. Vol. 1. Paris, 311.
  53. Mohankumar, K. (2015). Implementation of an underwater target classifier using higher order spectral features. *Cochin*. Available at: <https://dyuthi.cusat.ac.in/xmlui/bitstream/handle/purl/5368/T-2396.pdf?sequence=1>
  54. Nikias, C. L., Raghuvver, M. R. (1987). Bispectrum estimation: A digital signal processing framework. *Proceedings of the IEEE*, 75 (7), 869–891. doi: <https://doi.org/10.1109/proc.1987.13824>
- 
- DOI: 10.15587/1729-4061.2022.268286**  
**IDENTIFYING PARAMETERS FOR WOOD PROTECTION AGAINST WATER ABSORPTION (p. 71–81)**
- Yuriy Tsapko**  
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,  
Kyiv, Ukraine  
Kyiv National University of Construction and Architecture,  
Kyiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-0625-0783>
- Ruslan Likhnyovskiy**  
Institute of Public Administration and Research  
in Civil Protection, Kyiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-9187-9780>
- Oleksandra Horbachova**  
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,  
Kyiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-7533-5628>
- Serhii Mazurchuk**  
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,  
Kyiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-6008-9591>
- Aleksii Tsapko**  
Ukrainian State Research Institute “Resource”, Kyiv, Ukraine  
Kyiv National University of Construction and Architecture,  
Kyiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-2298-068x>
- Kostiantyn Sokolenko**  
Bila Tserkva National Agrarian University, Bila Tserkva, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-4436-0377>
- Andrii Matviichuk**  
V. I. Vernadsky National Library of Ukraine, Kyiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-4051-2484>

**Maryna Sukhanevych**

Kyiv National University of Construction and Architecture,  
Kyiv, Ukraine

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-9644-2852>

An issue related to using wood and timber for building structures is to ensure the stability and durability during operation within wide limits. Therefore, the object of research was the inhibition of the process of water absorption of pine and hornbeam wood during a thermal change in its structure. It is proved that in the process of thermal modification of wood, its structure changes, and, accordingly, water absorption. Namely, the maximum increase in mass under the action of water on an untreated sample of wood was more than 40 %, after thermal modification – less than 35 %. The increase in the mass of wood samples thermally modified and treated with a hydrophobic agent was less than 25 %. On the basis of the obtained results of physicochemical studies, discrepancies were found in the IR spectra of wood, both during thermal modification and with additional treatment with a hydrophobic agent, indicating structural changes in the components. In particular, the decrease or absence of the intensities of the absorption bands of some functional groups and the appearance or intensification of others. On the original hornbeam and pine thermogram, thermally modified, and thermally modified with the addition of a hydrophobic coating, thermogravimetric curves are similar to each other and are characterized by a loss of sample mass. This is possible with increasing temperature due to the processes of dehydration, destruction of hemicellulose, lignin, and cellulose with the formation of a non-combustible residue. During heat treatment of cellulose in the region of temperatures of 150–450 °C, two processes take place in parallel. This is dehydration, accompanied by the destruction of the pyranose cycle and carbonization to form a carbon residue. Also, the process of destruction of glycosidic bonds while maintaining hydroxyl groups, accompanied by regrouping of pyranose cycles.

**Keywords:** thermally modified wood, resistance to water, change in the structure of wood, treatment with a hydrophobic agent.

## References

- Esteves, B. M., Pereira, H. M. (2008). Wood modification by heat treatment: A review. *BioResources*, 4 (1), 370–404. doi: <https://doi.org/10.15376/biores.4.1.370-404>
- Humar, M., Lesar, B., Kržišnik, D. (2020). Moisture Performance of Façade Elements Made of Thermally Modified Norway Spruce Wood. *Forests*, 11 (3), 348. doi: <https://doi.org/10.3390/f11030348>
- Keržič, E., Lesar, B., Humar, M. (2021). Influence of weathering on surface roughness of thermally modified wood. *BioResources*, 16 (3), 4675–4692. doi: <https://doi.org/10.15376/biores.16.3.4675-4692>
- Aytin, A., Korkut, S. (2015). Effect of thermal treatment on the swelling and surface roughness of common alder and wych elm wood. *Journal of Forestry Research*, 27 (1), 225–229. doi: <https://doi.org/10.1007/s11676-015-0136-7>
- Pelosi, C., Agresti, G., Lanteri, L., Picchio, R., Gennari, E., Monaco, A. L. (2020). Artificial Weathering Effect on Surface of Heat-Treated Wood of Ayous (*Triplochiton scleroxylon* K. Shum). The 1st International Electronic Conference on Forests – Forests for a Better Future: Sustainability, Innovation, Interdisciplinarity. doi: <https://doi.org/10.3390/iecf2020-07975>
- Ugovšek, A., Šubic, B., Starman, J., Rep, G., Humar, M., Lesar, B. et al. (2018). Short-term performance of wooden windows and facade elements made of thermally modified and non-modified Norway spruce in different natural environments. *Wood Material Science & Engineering*, 14 (1), 42–47. doi: <https://doi.org/10.1080/17480272.2018.1494627>
- Bonifazi, G., Serranti, S., Capobianco, G., Agresti, G., Calienno, L., Picchio, R. et al. (2016). Hyperspectral imaging as a technique for investigating the effect of consolidating materials on wood. *Journal of Electronic Imaging*, 26 (1), 011003. doi: <https://doi.org/10.1117/1.jei.26.1.011003>
- Ahmed, S. A., Morén, T., Sehlstedt-Persson, M., Blom, Å. (2016). Effect of oil impregnation on water repellency, dimensional stability and mold susceptibility of thermally modified European aspen and downy birch wood. *Journal of Wood Science*, 63 (1), 74–82. doi: <https://doi.org/10.1007/s10086-016-1595-y>
- Panov, D., Terziev, N. (2015). Durability of Epoxi-Oil Modified and Alkoxysilane Treated Wood in Field Testing. *BioResources*, 10 (2). doi: <https://doi.org/10.15376/biores.10.2.2479-2491>
- Esposito Corcione, C., Frigione, M. (2013). Novel ultraviolet-curable methacrylate nanocomposite as coatings for cultural heritage applications. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part N: Journal of Nanoengineering and Nanosystems*, 228 (1), 33–39. doi: <https://doi.org/10.1177/1740349913486098>
- Arminger, B., Jaxel, J., Bacher, M., Gindl-Altmatter, W., Hansmann, C. (2020). On the drying behavior of natural oils used for solid wood finishing. *Progress in Organic Coatings*, 148, 105831. doi: <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2020.105831>
- Janesch, J., Gusenbauer, C., Mautner, A., Gindl-Altmatter, W., Hansmann, C. (2021). Efficient Wood Hydrophobization Exploiting Natural Roughness Using Minimum Amounts of Surfactant-Free Plant Oil Emulsions. *ACS Omega*, 6 (34), 22202–22212. doi: <https://doi.org/10.1021/acsomega.1c02885>
- Tsapko, Y., Horbachova, O., Tsapko, A., Mazurchuk, S., Zavalov, D., Buiskykh, N. (2021). Establishing regularities in the propagation of phase transformation front during timber thermal modification. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (10 (109)), 30–36. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.225310>
- Tsapko, Y., Horbachova, O., Mazurchuk, S., Tsapko, A., Sokolenko, K., Matviichuk, A. (2022). Establishing regularities of wood protection against water absorption using a polymer shell. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (10(115)), 48–54. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.252176>
- Tsapko, Y., Horbachova, O., Mazurchuk, S., Bondarenko, O. (2021). Study of resistance of thermomodified wood to the influence of natural conditions. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1164 (1), 012080. doi: <https://doi.org/10.1088/1757-899x/1164/1/012080>
- Pettersen, R. C. (1984). The chemical composition of wood. *The Chemistry of Solid Wood, Advances in Chemistry Series 20*. Washington, 57–126.
- Broido, A. (1969). A simple, sensitive graphical method of treating thermogravimetric analysis data. *Journal of Polymer Science Part A-2: Polymer Physics*, 7 (10), 1761–1773. doi: <https://doi.org/10.1002/pol.1969.160071012>
- Tsapko, Y., Horbachova, O., Mazurchuk, S., Bondarenko, O. P. (2022). Specific Aspects of the Study of the Surface Properties of Plywood. *Materials Science Forum*, 1066, 175–182. doi: <https://doi.org/10.4028/p-b15jpx>
- Tsapko, Y., Buiskykh, N., Likhnyovskiy, R., Horbachova, O., Tsapko, A., Mazurchuk, S. et al. (2022). Establishing regularities in the application of dry pine wood. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (10 (118)), 51–59. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.262203>
- Tsapko, Y., Horbachova, O., Mazurchuk, S., Tsapko, A., Sokolenko, K., Matviichuk, A. (2021). Determining patterns in reducing the level of bio-destruction of thermally modified timber after applying protective coatings. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (10 (113)), 48–55. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.242899>
- Pinchevska, O., Sedliačik, J., Spirochkin, A., Rohovskiy, I. (2019). Properties of Hornbeam (*Carpinus betulus*) wood thermally treated under different conditions. *Acta Facultatis Xylogologiae Zvolens*, 61 (2), 25–39. doi: <https://doi.org/10.17423/afx.2019.61.2.03>

**DOI: 10.15587/1729-4061.2022.268977****ОЦІНКА ПОКАЗНИКІВ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКОЛОГІЧНИХ ЗАХОДІВ ПРИ БУДІВНИЦТВІ ГІДРОТЕХНІЧНИХ СПОРУД (с. 6–15)****David Gurgidze**

Для забезпечення комплексного управління водними та земельними ресурсами під час реалізації природоохоронних технічних заходів, а також для вирішення екологічних завдань, необхідний макроекономічний підхід, спрямований на кінцевий результат. Традиційна «вузька» економіка природокористування розглядається як єдиний кругообіг водно-земельних ресурсів та відходів виробництва та забруднення при недостатній увазі до самої економіки («чорна скринька»). Для цілеспрямованого використання макроекономіки необхідно побудувати вертикаль природної продуктивності кожного природного ресурсу (ланцюжок), який зв'яже первинні природні фактори з виробництвом кінцевої продукції. Ефективна концепція раціоналізації природокористування та охорони навколишнього середовища від селевих явищ та відповідний економічний механізм природокористування в секторах та комплексах можуть бути розроблені та реалізовані лише після розробки концепції розвитку галузевих комплексів та в цілому економіка. Важливими є регіональні особливості формування господарського механізму природокористування.

Розглянуто оцінку показників економічної ефективності природоохоронних заходів при будівництві гідротехнічних споруд. Величина ефективності, одержувана природоохоронною діяльністю, розглядається за критеріями оцінки ефективності інвестиційного проекту, де цей критерій називається чистим дисконтованим доходом, чистою дисконтованою вартістю або сучасним чистим прибутком. Функціонально-ціннісний аналіз впливу на довкілля при будівництві гідротехнічних споруд, у тому числі зведенні високих гребель, для реалізації аналітичного етапу побудовано функціональну модель на основі орографії соціально-еколого-економічної системи.

На підставі теоретичних та польових наукових досліджень встановлено економічну ефективність інноваційної селезахисної споруди, чисельне значення якої дорівнює 16,15 дол. США на 1 поздовжній метр споруди.

**Ключові слова:** охорона навколишнього середовища, економічна ефективність, гідротехнічні споруди, водні та земельні ресурси, селеві явища.

**DOI: 10.15587/1729-4061.2022.267949****РОЗРОБКА РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ОЧИЩЕННЯ ФЕРУМОВМІСНИХ СТІЧНИХ ВОД ВІД ОПЕРАЦІЙ ТРАВЛЕННЯ (с. 16–26)****М. В. Яцков, Н. М. Корчик, Н. М. Буденкова, О. І. Мисіна**

Об'єктом дослідження є стічні води від операцій хлоридного та сульфатного травлення.

Представлені результати досліджень шляхів зменшення витрат хімічних реагентів в системах очищення стічних вод від операцій травлення. Відпрацьовані травильні розчини підлягають регенерації з поверненням у виробничий процес та частковим дозуванням в основний потік стічних вод. Встановлено, що при концентрації феруму 30 г/л у травильних розчинах з метою повернення в технологічний процес розчин підлягає обробці лужним реагентом (10–20 % NaOH) до рН=3,5–4,0. При цьому кінцева концентрація феруму складає 11 г/л. Застосування гідроген пероксиду (20–40 % H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) разом з лужним реагентом дозволяє збільшити ступінь вилучення на 30 %, тобто кінцева концентрація феруму складає 8 г/л. При скиді 1 м<sup>3</sup> травильних розчинів 0,5 м<sup>3</sup> підлягає регенерації і після змішування з 0,5 м<sup>3</sup> товарного реагенту (HCl) повертається у технологічний процес. Витрата товарної кислоти зменшується на 50 %. Показано, що використання як хімічного реагенту окремих потоків відпрацьованих розчинів дозволяє зменшити витрати реагентів для їх знешкодження (економія лужного реагенту складає 80 %). Так, на 1 м<sup>3</sup> розчинів (травлення та знежирення) після їх змішування витрачається 1,2 кг/м<sup>3</sup> товарного реагенту (NaOH), а без взаємного знешкодження ця витрата складає 6 кг/м<sup>3</sup>. Для знешкодження розчинів травлення рекомендовано проводити процес в інтервалі рН=6,5–7,5. Для розчину, у якому переважають йони Fe<sup>3+</sup> з початковою концентрацією 0,53 моль/л досягається ступінь вилучення 0,9, а загальна витрата реагенту (7,1 моль/л) перевищує стехіометричну тільки на 10 %.

Глибоче очищення від ферумовмісних домішок із застосуванням магнітного пристрою розширює можливості практичної реалізації подальшого знесолення оберненим осмосом.

**Ключові слова:** ресурсозберігаюча технологія, розчини травлення, ферумовмісні домішки, магнітний пристрій, витрата реагентів.

**DOI: 10.15587/1729-4061.2022.270315****ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОМЕРЕЖЕВОГО МЕТОДУ ДЛЯ ПОШУКУ ОПТИМАЛЬНИХ УМОВ ІОНІЗАЦІЇ ПОВІТРЯ (с. 27–34)****С. В. Сукач, В. В. Ченчевой, Natalja Fjodorova, О. О. Ченчева, В. С. Бахарев, О. Л. Корцова, В. Г. Шевченко, І. С. Петренко**

Проведено вимірювання, моделювання та визначення оптимізованого аероіонного складу повітря виробничих приміщень для забезпечення безпечних умов життя та праці працівників.

Досліджено можливість використання сольових розчинів з різними ступенями концентрації для збільшення кількості негативних іонів у повітряному просторі, а також варіабельності швидкості повітряного потоку для процесу іонізації повітря виробничих примі-

щень. Аналіз експериментальних даних показав, що збільшення концентрації сольових розчинів призводить до зменшення виділення кількості аероіонів у паро-повітряний простір приміщення.

Доведено, що для покращення якості повітря доцільно забезпечити іонізацію повітря за допомогою ультразвукового генератора аероіонів і використання демінералізованої води. Оптимальними вхідними параметрами для ультразвукової установки визначено такі:  $s$  – відстань до ультразвукової установки – 40 см,  $v$  – швидкість повітряного потоку – 6,00 м/с і  $c$  – концентрація розчину соленої води – 3,3 %.

Отриманий результат може бути використаний при проектуванні та розробці системи керування ультразвуковим генератором аероіонів вентиляційних систем та систем мікроклімату з метою створення максимально комфортного якісного іонізованого повітря виробничих приміщень.

Для знаходження оптимального режиму роботи процесу іонізації було застосовано методику відображення нейронної мережі, яка найбільш точно здатна визначити оптимальні параметри іонізації повітряного простору робочого приміщення.

Оптимізацію було виконано за допомогою технології відображення нейронної мережі вузького місця (FFBN NN). Такий підхід дозволяє визначити кілька оптимальних умов досліджуваного процесу на основі компромісного рішення.

**Ключові слова:** іонізація повітря, якість повітря, нейронна мережа, виробничі приміщення, показники повітря.

**DOI: 10.15587/1729-4061.2022.268439**

### **РОЗРОБЛЕННЯ МОДЕЛЕЙ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ ОБСТАНОВКИ У БУДІВЛЯХ ТА НА УРБАНІЗОВАНИХ ТЕРИТОРІЯХ (с. 35–45)**

**Л. О. Левченко, Н. М. Аушева, Н. Б. Бурдейна, І. О. Азнаурян, Я. І. Бірук, Н. В. Касаткіна, І. В. Матвєєва, В. І. Назаренко, К. Д. Ніколас, О. М. Тихенко**

Обґрунтовано та розроблено комплекс заходів і засобів керування електромагнітною обстановкою середовища на територіях міської забудови, у будівлях і окремих приміщеннях. Засобами моделювання показано можливість раціоналізувати параметри повітряних ліній напругами 220 кВ і нижче, що дозволить знизити електромагнітне навантаження на територіях. Моделювання поширення полів від підземних високовольтних ліній встановлено, що значення магнітних полів порівняно з повітряними лініями нижчі до 30 разів. Отримані моделі поширення електромагнітних полів дуже високої та ультрависокої частоти. Досліджено джерела електромагнітних полів невиробничого походження у виробничих будівлях. Некомпенсовані струми у силових мережах з нелінійними електроспоживачами генерують магнітні поля індукцією 0,35–1,20 мкТл, що перевищує гранично допустимі рівні експлуатації комп'ютерної техніки. Струми витоку на заземлені металеві конструкції генерують магнітні поля з 1,52–6,75 мТл.

Проведено моделювання поширення електричних та магнітних полів компонентів персональних комп'ютерів контрольованих діапазонів згідно стандарту МРPII. Отримано моделі поширення магнітного поля промислової частоти навколо електродвигунів та генераторів з їх перетинами. На основі таких моделей обираються схеми проектування розміщення обладнання на виробничих площах або обираються місця безпечного перебування та пересування персоналу. Показана доцільність застосування екранування для зниження рівнів полів до безпечних значень за рахунок покриття поверхонь рідкими захисними сумішами. Металовмісна композиція на основі водно-дисперсійної фарби дозволяє знизити рівні магнітного поля промислової частоти у 2,5–2,6 разів, електричного поля у 1,6–1,7 разів, електромагнітного поля промислової частоти – у 1,2–1,3 рази.

**Ключові слова:** електромагнітне поле, електромагнітна обстановка, промислова частота, лінія електропередачі, персональний комп'ютер.

**DOI: 10.15587/1729-4061.2022.268699**

### **ВИЗНАЧЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ СТВОРЕННЯ МАГНІТНИХ ПОЛІВ ПРИ РІЗНИХ СПОСОБАХ КОНТАКТНОГО ЗВАРЮВАННЯ (с. 46–53)**

**О. Г. Левченко, Ю. О. Полукаров, О. М. Гончарова, О. М. Безушко, О. Ю. Арламов, О. В. Землянська**

Об'єктом досліджень є кількісні характеристик магнітних полів, що створюються під час електричного контактного зварювання різними способами: контактним точковим, дуго-стиківим, конденсаторним точковим, контактено-стиківим безперервним та пульсуючим оплавленням. Проблема, що вирішується, полягає у відсутності необхідної інформації щодо електромагнітної безпеки зазначених способів зварювання. Наведено опис запропонованих методичних підходів до визначення рівнів магнітних полів, засобів їх вимірювань та методів оцінки їх впливу на організм зварника. На основі аналізу і обробки отриманих осцилограм та спектрограм магнітних полів виконано вимірювання їх кількісних характеристик. Для визначення загального рівня полічастотного магнітного поля, що виникає при контактному зварюванні, використано запропонований узагальнений показник рівня магнітного поля. Встановлено, що при контактному точковому зварюванні стаціонарною машиною рівень магнітного поля перевищує гранично допустиме значення на робочому місці в діапазоні 50–1000 Гц на відстані 0,3 м від зварювальних електродів. При ручному зварюванні даним способом рівень магнітного поля перевищує допустимий рівень у діапазонах частот 5–50, 50–1000 Гц безпосередньо біля електричного кабелю. Конденсаторне точкове зварювання постійним струмом характеризується перевищенням гранично допустимого МП на робочому місці у високочастотному діапазоні 1000–10000 Гц. При дуго-стиківому зварюванні на робочому місці перевищення гранично допустимих рівнів магнітного поля не виявлено. Показано, що спектральний склад та величина сигналу магнітного поля визначається самим способом зварювання та вихідними параметрами джерел живлення. Отримані результати можуть бути використані у сфері зварювального виробництва та охорони праці.

**Ключові слова:** контактне зварювання, магнітне поле, інтенсивність поля, осцилограми, спектрограми, захист зварника.

---

**DOI: 10.15587/1729-4061.2022.269140****АНАЛІЗ ВПЛИВУ СТАТУСУ РОБОТНИКА НА БЕЗПЕЧНУ ПОВЕДІНКУ БУДІВЕЛЬНИКІВ З ВИКОРИСТАННЯМ МОДЕЛІ СТРУКТУРНИХ РІВНЯНЬ (с. 54–62)****Fifi Damayanti, Ludfi Djakfar, Wisnumurti, Agung Murti Nugroho**

Будівельна галузь є однією з найнебезпечніших для здоров'я працівників. Кількість нещасних випадків на виробництві в Індонезії продовжує зростати, тому до 2021 року кількість нещасних випадків на виробництві досягла 234270 випадків. Саме тому потрібні глибокі дослідження для забезпечення безпеки всіх працівників. Виявлення факторів, що викликають нещасні випадки на виробництві, допомагає заінтересованим сторонам вживати превентивних заходів. Необхідно підвищувати безпечну поведінку працівників шляхом виявлення його факторів як тих, що виникають у тимчасових працівників, і у постійних працівників. Тому важливо побачити, чи впливає статус зайнятості на безпечну поведінку будівельних робітників, щоб можна було вжити превентивних заходів як форму запобігання нещасним випадкам на виробництві. Мета дослідження полягала в тому, щоб проаналізувати стан робітників щодо безпечної поведінки будівельних робітників. Дані були зібрані методом опитування 300 будівельників у містах Сурабая, Маланг та Бату у Східній Яві, Індонезія. Результати дослідження показують, що статус робітника позитивно впливає на безпеку будівельних робіт. Це означає, що чим вище стоїть статус співробітника, то вище змінна «Безпечна поведінка» з коефіцієнтом шляху 0,390. Серед індикаторів, що домінують під час вимірювання конструкту «Статус працівника», є тип працівника з найвищим коефіцієнтом завантаження 0,842. Таким чином, якщо керівництво хоче підвищити значення змінної «Безпечна поведінка» за рахунок покращення аспектів статусу співробітника, в першу чергу необхідно оцінити тип співробітника. Результати цього дослідження можуть бути використані як довідковий матеріал при розробці політики, пов'язаної з безпекою праці. Управління проектом може визначити, які стратегічні кроки необхідно зробити для будівельників із різними типами статусів працівників, щоб підвищити обізнаність працівників щодо культури безпечної поведінки.

**Ключові слова:** статус працівника, контрактний працівник, поденні працівники, аутсорсинговий працівник, постійні працівники, безпечна поведінка, PLS-SEM.

---

**DOI: 10.15587/1729-4061.2022.268437****ВИЯВЛЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ФАЗОВОГО СПЕКТРА ТРЕТЬОГО ПОРЯДКУ ОСНОВНИХ НЕБЕЗПЕЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ГАЗОВОГО СЕРЕДОВИЩА (с. 63–70)****Б. Б. Поспєлов, Ю. С. Безугла, О. А. Яценко, Б. Д. Халмурадов, О. А. Петухова, С. А. Горносталь, Ю. Ю. Козар, К. В. Тішечкіна, О. О. Саламатіна, Ж. В. Ігнатенко**

Об'єктом дослідження є динаміка небезпечних параметрів газового середовища при загорянні матеріалів у приміщеннях. Проблема, що вирішувалась, полягала у ранньому виявленні загорянь у приміщеннях. Запропоновано вирішення цієї проблеми здійснювати на основі використання оцінки когерентності частотних складових у спектрі третього порядку щодо динаміки небезпечних параметрів газового середовища. Одержані результати свідчать про нелінійний характер динаміки небезпечних параметрів газового середовища як за відсутності, так і при наявності загорянь. Встановлено, що оцінка когерентності частотних складових щодо розглянутих триплетів у спектрі третього порядку містить інформацію про співвідношення порядку до хаосу в динаміці небезпечних параметрів газового середовища. Ця інформація може бути використана для надійного виявлення загорянь. Отримано, що при загорянні тестових матеріалів у вигляді спирту, паперу, деревини та текстилю співвідношення порядку до хаосу в динаміці температури та СО в газовому середовищі зменшується в двічі. Встановлено, що середні значення для частотних індексів від 0 до 20 оцінки когерентності частотних складових динаміки небезпечних параметрів на інтервалі загоряння тестових матеріалів лежать у межах від +0,005 до -0,187. При цьому на інтервалі відсутності загоряння тестових матеріалів середні значення оцінки когерентності для частотних індексів від 0 до 20 знаходяться в інтервалі від +0,48 до +0,022. Отримані результати в цілому свідчать про перспективність та подальший розвиток досліджень когерентності частотних складових спектру третього порядку для динаміки небезпечних параметрів газового середовища з метою виявлення загорянь у приміщеннях.

**Ключові слова:** когерентність, спектр третього порядку, динаміка параметрів, газове середовище, приміщення, загоряння.

---

**DOI: 10.15587/1729-4061.2022.268286****ВИЯВЛЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ЗАХИСТУ ДЕРЕВИНИ ДО ПОГЛИНАННЯ ВОДИ (с. 71–81)****Ю. В. Цапко, Р. В. Ліхнівський, О. Ю. Горбачова, С. М. Мазурчук, О. Ю. Цапко, К. І. Соколенко, А. В. Матвійчук, М. В. Суханевич**

Проблема застосування деревини та деревинних виробів для будівельних конструкцій полягає в забезпеченні їх стійкості і довговічності при експлуатації в широких межах. Тому об'єктом досліджень було гальмування процесу водопоглинання деревини сосни та граба при термічній зміні її структури. Доведено, що в процесі термічного модифікування деревини змінюється її структура, а відповідно і водопоглинання. А саме максимальний приріст маси при дії води на необроблений зразок деревини склав понад 40 %, після термічної модифікації – менше 35 %. Приріст маси зразків деревини термічно модифікованої та обробленої гідрофобізатором становив менше 25 %. На основі одержаних результатів фізико-хімічних досліджень виявлені розбіжності в ІЧ-спектрах деревини, як при термічній модифікації, так і при додатковому обробленні гідрофобізатором, вказують на структурні зміни в складових компонентах. Зокрема, зниження або відсутність інтенсивностей смуг поглинання одних функціональних груп та з'явлення або інтенсифікація інших. На термограмах граба та сосни вихідного, термічно модифікованого та термічно модифікованого з додаванням гідрофобного покриття термогравіметричні криві схожі між собою і характеризуються втратою маси зразка. Це можливо з підвищенням температури за рахунок процесів дегідратації, деструкції геміцелюлоз, лігніну та целюлози з утворенням негорючого залишку. При термічній обробці целюлози в області температур 150÷450 °С паралельно протікають два процеси. Це дегідратація, що супроводжується деструкцією піранозного циклу і карбонізацією з утворенням вуглецевого залишку. Також процес руйнування глікозидних зв'язків при збереженні гідроксильних груп, що супроводжується перегрупуванням піранозних циклів.

**Ключові слова:** термічно модифікована деревина, стійкість до води, зміна структури деревини, оброблення гідрофобізатором.