

## ABSTRACT AND REFERENCES

## ECOLOGY

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.259537

**ENSURING THE ECONOMIC AND ENVIRONMENTAL EFFICIENCY IN MANAGING THE FLOWS OF CONSTRUCTION AND DEMOLITION WASTE BY USING TOOLS OF ECONOMIC AND MATHEMATICAL MODELING (p. 6–13)****Anton Shuvaiev**Zaporizhzhia National University,  
Zaporizhzhia, Ukraine,ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4919-485X>**Irina Arutiunian**Zaporizhzhia National University,  
Zaporizhzhia, Ukraine,ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5049-3742>**Victor Anin**Zaporizhzhia National University,  
Zaporizhzhia, Ukraine,ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2936-2262>**Artem Ichetovkin**Zaporizhzhia National University,  
Zaporizhzhia, Ukraine,ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5894-5168>**Serhii Sylenko**Zaporizhzhia Polytechnic National University,  
Zaporizhzhia, UkraineORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8110-516X>

This paper argues that in the context of transformation from the linear to circular model of the economy, the issues of managing the flow of construction and demolition waste (C&DW) are becoming increasingly relevant, which is primarily due to the increase in prices for building materials, as well as resource saving and interest of stakeholders in the creation of eco-cities.

The tools and methods to manage C&DW flows have been examined in the context of simultaneous ensuring the environmental and economic efficiency of the process. It is substantiated that the expediency of implementing the C&DW flow management process exists only within the framework of the system of integrated management of waste flows from construction and demolition of real estate in compliance with logistical principles and coverage of the interests of all stakeholders of the process.

Tools, methods to forecast and plan C&DW volumes within IFMS have been proposed, which contributed to the construction of a model for forecasting the volume of C&DW formation and, therefore, determining the amount of total costs for the creation of appropriate technological capacities; the development of a model for assessing information risks in the process of logistics management of C&DW flows (based on solving the transport problem according to Kolmogorov's differentiated equations) and constructing an algorithm for its application, the introduction of which in practice will ensure the balancing of the interests of each stakeholder interested in the processing of C&DW; solving the problem of synthesis of reducing the cost of managing C&DW flows and reducing environmental pressure. In order to combine the goals of minimizing costs and minimizing environmental damage within the framework of SIWFM, a two-purpose dynamic optimization model is proposed, as well as restrictions on the possibility of its introduction and validation of this study's results.

It is substantiated that the tools and methods of economic and mathematical modeling proposed in the current study could solve an important scientific and practical task to effectively manage C&DW flows.

**Keywords:** construction and demolition waste, integrated management system, potential of secondary resources.

**References**

1. De Melo, A. B., Gonçalves, A. F., Martins, I. M. (2011). Construction and demolition waste generation and management in Lisbon (Portugal). *Resources, Conservation and Recycling*, 55 (12), 1252–1264. doi: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2011.06.010>
2. States in 2013, by material (in million tons). Available at: <https://www.statista.com/statistics/504120/construction-and-demolition-waste-generation-in-the-us-by-material/>
3. Villoria Saez, P., del Río Merino, M., San-Antonio González, A., Porrás-Amores, C. (2013). Best practice measures assessment for construction and demolition waste management in building constructions. *Resources, Conservation and Recycling*, 75, 52–62. doi: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2013.03.009>
4. Marrero, M., Puerto, M., Rivero-Camacho, C., Freire-Guerrero, A., Solís-Guzmán, J. (2017). Assessing the economic impact and ecological footprint of construction and demolition waste during the urbanization of rural land. *Resources, Conservation and Recycling*, 117, 160–174. doi: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2016.10.020>
5. Arutiunian, I. A., Shuvaev, A. A. (2020). Environmentally-economic feasibility of integrated management of waste flows in the construction industry. *Bridges and tunnels: Theory, Research, Practice*, 18, 9–17. doi: <https://doi.org/10.15802/bttrp2020/217692>
6. Shuvaiev, A. (2021). Perspektivy vykorystannia metodiv ta prynstypiv lohistyky v systemi kompleksnoho upravlinnia potokamy vtorynnykh resursiv budivelnoi haluzi. *Zbirnyk naukovykh prats AOFOS*. doi: <https://doi.org/10.36074/logos-01.10.2021.v2.31>
7. Aleksanin, A. V. (2015). Formirovanie logisticheskikh struktur po obrascheniyu s otkhodami stroitel'stva. *Estestvennye i tekhnicheskije nauki*, 11, 623–625.
8. Shen, L. Y., Tam, V. W. Y. (2002). Implementation of environmental management in the Hong Kong construction industry. *International Journal of Project Management*, 20 (7), 535–543. doi: [https://doi.org/10.1016/s0263-7863\(01\)00054-0](https://doi.org/10.1016/s0263-7863(01)00054-0)
9. Li, R. Y. M., Du, H. (2014). Sustainable Construction Waste Management in Australia: A Motivation Perspective. *Construction Safety and Waste Management*, 1–30. doi: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-12430-8\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-12430-8_1)
10. Chiveralls, K., Palmer, J., Zillante, G., Zuo, J., Wilson, L., Pullen, S. (2012). Reconsidering sustainable building and design: lessons from China, Germany and Australia. Adelaide. Available at: <https://www.isecoeco.org/conferences/isee2012-versao3/pdf/114.pdf>
11. Park, J., Tucker, R. (2016). Overcoming barriers to the reuse of construction waste material in Australia: a review of the literature. *International Journal of Construction Management*, 17 (3), 228–237. doi: <https://doi.org/10.1080/15623599.2016.1192248>
12. Gálvez-Martos, J.-L., Styles, D., Schoenberger, H., Zeschmar-Lahl, B. (2018). Construction and demolition waste best management practice in Europe. *Resources, Conservation and Recycling*, 136, 166–178. doi: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.04.016>
13. Ganglells, M., Casals, M., Forcada, N., Macarulla, M. (2014). Analysis of the implementation of effective waste management practices in construction projects and sites. *Resources, Conser-*

- vation and Recycling, 93, 99–111. doi: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2014.10.006>
14. Nußholz, J. L. K., Nygaard Rasmussen, F., Milios, L. (2019). Circular building materials: Carbon saving potential and the role of business model innovation and public policy. *Resources, Conservation and Recycling*, 141, 308–316. doi: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.10.036>
  15. Tam, V., Lu, W. (2016). Construction Waste Management Profiles, Practices, and Performance: A Cross-Jurisdictional Analysis in Four Countries. *Sustainability*, 8 (2), 190. doi: <https://doi.org/10.3390/su8020190>
  16. Lu, W., Yuan, H. (2013). Investigating waste reduction potential in the upstream processes of offshore prefabrication construction. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 28, 804–811. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.08.048>
  17. Huang, X., Xu, X. (2011). Legal regulation perspective of eco-efficiency construction waste reduction and utilization. *Urban Dev. Stud.*, 9, 90–94.
  18. Yuan, H., Shen, L. (2011). Trend of the research on construction and demolition waste management. *Waste Management*, 31 (4), 670–679. doi: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2010.10.030>
  19. Wiedenhofer, D., Steinberger, J. K., Eisenmenger, N., Haas, W. (2015). Maintenance and Expansion: Modeling Material Stocks and Flows for Residential Buildings and Transportation Networks in the EU25. *Journal of Industrial Ecology*, 19 (4), 538–551. doi: <https://doi.org/10.1111/jiec.12216>
  20. Winstead, V. J. (2005). *Methods of fault detection in stochastic delay-differential linear systems*. The University of Wisconsin-Madison. Available at: <https://www.proquest.com/openview/8fabf6688ab3feede2cc277e3cc0dca9/1?pq-origsite=gscholar&cbl=18750&diss=y>
  21. Kisielewski, P. (2016). The system of IT support for logistics in the rail transport. *Archives of Transport*, 40 (4), 39–50. doi: <https://doi.org/10.5604/08669546.1225465>
  22. Qiao, L., Liu, D., Yuan, X., Wang, Q., Ma, Q. (2020). Generation and Prediction of Construction and Demolition Waste Using Exponential Smoothing Method: A Case Study of Shandong Province, China. *Sustainability*, 12 (12), 5094. doi: <https://doi.org/10.3390/su12125094>
  23. Nema, A. K., Gupta, S. K. (1999). Optimization of regional hazardous waste management systems: an improved formulation. *Waste Management*, 19 (7-8), 441–451. doi: [https://doi.org/10.1016/s0956-053x\(99\)00241-x](https://doi.org/10.1016/s0956-053x(99)00241-x)
  24. Hu, Y.-P., You, X.-Y., Wang, L., Liu, H.-C. (2018). An integrated approach for failure mode and effect analysis based on uncertain linguistic GRA-TOPSIS method. *Soft Computing*, 23 (18), 8801–8814. doi: <https://doi.org/10.1007/s00500-018-3480-7>

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.259477

**REVEALING THE EFFECT OF PLASMA-CHEMICAL TREATMENT OF PROPANE-BUTANE FUEL ON THE ENVIRONMENTAL CHARACTERISTICS OF THE INTERNAL COMBUSTION ENGINE (p. 14–20)**

**Andrii Avramenko**

A. Pidhornyi Institute of Mechanical Engineering Problems  
of the National Academy of Sciences of Ukraine,  
Kharkiv, Ukraine  
Kharkiv National Automobile and Highway University,  
Kharkiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-8130-1881>

**Nataliia Vnukova**

Kharkiv National Automobile and Highway University,  
Kharkiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-4097-864X>

**Oleksandr Kozlovskiy**

Kharkiv National Automobile and Highway University,  
Kharkiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-0256-8383>

**Mykola Zipunnikov**

A. Pidhornyi Institute of Mechanical Engineering Problems  
of the National Academy of Sciences of Ukraine,  
Kharkiv, Ukraine  
Kharkiv National Automobile and Highway University,  
Kharkiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-0579-2962>

**Nina Hradovych**

Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine  
and Biotechnologies Lviv, Lviv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-1634-2561>

**Eleonora Darmofal**

Kharkiv State Academy of Physical Culture, Kharkiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-9868-0486>

**Katarina Khanichuk**

Kharkiv National Automobile and Highway University,  
Kharkiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-0726-5979>

One of the key problems of modern engine construction is the improvement of environmental performance while ensuring a competitive price of produced engines. This is achieved using state-of-the-art control systems, expensive fuel equipment, and complex exhaust gas neutralization systems. The search for ways to improve the environmental performance of transport engines without significant complication of their structure is a priority area of modern research.

Plasma chemical treatment of gas makes it possible to reduce the level of harmful substances in exhaust gases by 1.5–4 times relative to operation on propane-butane without processing. This paper considers the possibility of using a plasma dynamic stabilization technique and conducting an electric discharge without contact with metal electrodes for the implementation of endothermic reactions whose implementation requires energy from an external source. During test experiments, volt-ampere characteristics of the system with needle electrodes were established, the distance between which was 2–5 mm at different feed pressures of propane-butane gas mixture (75 % propane and 25 % butane). At the outlet of the plasma-chemical reactor, a hydrogen-containing gas mixture is obtained, which is subsequently supplied to the combustion chamber through the regular gas fuel system of the engine. Next, when such a gas mixture burns in the combustion chamber, hydrogen acts as a catalyst for chemical reactions, which reduces the thickness of the flame extinguishing front, increases the speed and completeness of combustion of the gas mixture. Based on the results of comparative motor studies, it was found that plasma-chemical treatment of propane-butane has almost no influence on the effective efficiency of the engine and specific fuel consumption. It should also be noted that the use of plasma-chemical reactors on board a vehicle allows them to be integrated into regular gas fuel engine systems with minimal changes in their structure, which has almost no effect on the mass-size indicators and maintenance conditions of the gas fuel system.

**Keywords:** gas mixture, needle electrodes, propane-butane, plasma-chemical treatment, exhaust gases, environmental indicators.

**References**

1. Langshaw, L., Ainalis, D., Acha, S., Shah, N., Stettler, M. E. J. (2020). Environmental and economic analysis of liquefied natural gas (LNG) for heavy goods vehicles in the UK: A Well-to-Wheel and total cost of ownership evaluation. *Energy Policy*, 137, 111161. doi: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.111161>

2. Solovey, V., Vnukova, N., Grytsenko, A., Kanilo, P. (2014). Influence of energy-environmental factors on the competitiveness of hydrogen as a motor fuel (in transport energy installations). *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (8 (71)), 41–46. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2014.27657>
3. Faris, A. S., Al-Naseri, S. K., Jamal, N., Isse, R., Abed, M., Fouad, Z. et. al. (2012). Effects of Magnetic Field on Fuel Consumption and Exhaust Emissions in Two-Stroke Engine. *Energy Procedia*, 18, 327–338. doi: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2012.05.044>
4. Wolf, A. J., Righart, T. W. H., Peeters, F. J. J., Groen, P. W. C., van de Sanden, M. C. M., Bongers, W. A. (2019). Characterization of CO<sub>2</sub> microwave plasma based on the phenomenon of skin-depth-limited contraction. *Plasma Sources Science and Technology*, 28 (11), 115022. doi: <https://doi.org/10.1088/1361-6595/ab4e61>
5. Bromberg, L., Rabinovich, A., Alexeev, N., Cohn, D. (1999). Plasma Reforming of Diesel Fuel. *Proceedings of the 1999 U.S. DOE Hydrogen Program Review NREL/CP-570-26938*. Available at: <https://www1.eere.energy.gov/hydrogenandfuelcells/pdfs/26938n.pdf>
6. Bromberg, L., Cohn, D., Hadidi, K., Heywood, J., Rabinovich, A. (2005). *Plasmatron Fuel Reformer Development and Internal Combustion Engine Vehicle Applications*. MIT Plasma Science and Fusion Center. Available at: <http://hdl.handle.net/1721.1/94127>
7. Kohse-Höinghaus, K. (2021). Combustion in the future: The importance of chemistry. *Proceedings of the Combustion Institute*, 38 (1), 1–56. doi: <https://doi.org/10.1016/j.proci.2020.06.375>
8. Yao, S., Nakayama, A., Suzuki, E. (2001). Methane conversion using a high-frequency pulsed plasma: Discharge features. *AIChE Journal*, 47 (2), 419–426. doi: <https://doi.org/10.1002/aic.690470218>
9. Vialletto, L., van de Steeg, A. W., Viegas, P., Longo, S., van Rooij, G. J., van de Sanden, M. C. M. et. al. (2022). Charged particle kinetics and gas heating in CO<sub>2</sub> microwave plasma contraction: comparisons of simulations and experiments. *Plasma Sources Science and Technology*, 31 (5), 055005. doi: <https://doi.org/10.1088/1361-6595/ac56c5>
10. Gritsuk, I. V., Pohorletskiy, D. S., Adrov, D. S., Bilai, A. V. (2021). Peculiarities of determination of fuel consumption and emissions of harmful substances of engines of vehicles operating on gas fuel. *Internal Combustion Engines*, 1, 25–35. doi: <https://doi.org/10.20998/0419-8719.2021.1.04>
11. Rusanov, A., Solovei, V., Zipunnikov, M., Shevchenko, A. (2018). Thermogasdynamics of physical and energy processes in alternative technologies. *Kharkiv: PC TECHNOLOGY CENTER*, 336. doi: <https://doi.org/10.15587/978-617-7319-18-3>
12. Bruggeman, P. J., Kushner, M. J., Locke, B. R., Gardeniers, J. G. E., Graham, W. G., Graves, D. B. et. al. (2016). Plasma-liquid interactions: a review and roadmap. *Plasma Sources Science and Technology*, 25 (5), 053002. doi: <https://doi.org/10.1088/0963-0252/25/5/053002>
13. National Research Council (2011). *Assessment of Fuel Economy Technologies for Light-Duty Vehicles*. The National Academies Press. doi: <https://doi.org/10.17226/12924>
14. Van Rooij, G. J., van den Bekerom, D. C. M., den Harder, N., Minea, T., Berden, G., Bongers, W. A. et. al. (2015). Taming microwave plasma to beat thermodynamics in CO<sub>2</sub> dissociation. *Faraday Discussions*, 183, 233–248. doi: <https://doi.org/10.1039/c5fd00045a>
15. Kosarev, I. N., Kindysheva, S. V., Momot, R. M., Plastinin, E. A., Aleksandrov, N. L., Starikovskiy, A. Y. (2016). Comparative study of nonequilibrium plasma generation and plasma-assisted ignition for C<sub>2</sub>-hydrocarbons. *Combustion and Flame*, 165, 259–271. doi: <https://doi.org/10.1016/j.combustflame.2015.12.011>
16. Holota, V. I., Karas, V. I., Pashchenko, I. O., Taran, H. V., Shylo, S. N., Kochetov, I. V. et. al. (1998). *Doslidzhennia heneratsiyi ozonu v ob'iemnomu peremishchenomu rozriadi pry atmosfernomu tysku*. *Pytannia atomnoi nauky ta tekhniki. Ser. Plazmova elektronika ta novi metody pryskorennia*, 1, 60–64.
17. Frank-Kamenetskiy, D. A. (1968). *Lektsii po fizike plazmy*. Moscow: Atomizdat, 289.
18. Golota, V. I., Zavada, L. M., Kadolin, B. B., Karas', V. I., Paschenko, I. A., Pugach, S. G., Yakovlev, A. V. (2003). *Issledovanie nestatsionarnykh mod v igla-ploskost' gazovom razryade pri atmosfernom davlenii v razlichnykh N2-O2 smesyakh*. *Voprosy atomnoy nauki i tekhniki*, 4, 258–262. Available at: <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/111171>

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.259791

**DETERMINING THE RATIONAL PARAMETERS FOR PROCESSING SPENT ETCHING SOLUTIONS BY FERRITIZATION USING ALTERNATING MAGNETIC FIELDS (p. 21–28)**

**Gennadii Kochetov**

Kyiv National University of Construction and Architecture,  
Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0041-7335>

**Dmitry Samchenko**

Kyiv National University of Construction and Architecture,  
Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3305-8180>

**Oles Lastivka**

Kyiv National University of Construction and Architecture,  
Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3670-0020>

**Dmitry Derecha**

Institute of Magnetism National Academy of Sciences  
of Ukraine and Ministry of Education and Science of Ukraine,  
Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2442-3759>

This paper reports the results of studying the application of a ferritization method for the integrated purification of used etching solutions. A feature of this work is the use of energy-saving activation of the process by alternating magnetic fields. Its advantages are shown in comparison with traditional thermal activation. The influence of magnetic induction amplitude and key technological parameters of ferritization on the quality of cleaning an etching solution has been studied. The qualitative and quantitative composition of sediments obtained after the ferritization of etching solutions was investigated.

Used etching solutions are large-tonnage waste of industrial enterprises. They contain harmful pollutants that have a detrimental effect on the environment. It is promising to treat these solutions in order to obtain valuable commodity products.

It is established that with an optimal value of magnetic induction amplitude of 0.1 Tl, the degree of extraction of iron ions from the solution reaches a value of 99.99 %. The best values for the main technological parameters of the process have been determined: the concentration of iron ions in the reaction mixture is 6.6 g/dm<sup>3</sup>; pH, 11.5; the duration of ferritization is 15 min. The residual concentration of iron ions in purified solutions does not exceed 0.3 mg/dm<sup>3</sup>. Thus, according to the norms of current standards, they can be reused in production. Comparative analysis indicates the advantages of electromagnetic activation of the reaction mixture. The phases of magnetite Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> and iron monohydrate δ – FeOOH were detected by the method of X-ray phase analysis in ferritization sediments. It is established that with an amplitude of 0.1 Tl, the sediment contains only magnetite. The study's results indicate the possibility of further use of sediments for the manufacture of important ferromagnetic substances.

The application of the improved ferritization process in production will achieve less energy consumption compared to well-known processing technologies.

**Keywords:** etching solutions, waste processing, ferritization, electromagnetic activation, ferrite sediments, magnetite.

### References

- 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>
- Sultan, B. B. M., Thierry, D., Torrescano-Alvarez, J. M., Ogle, K. (2022). Selective dissolution during acid pickling of aluminum alloys by element-resolved electrochemistry. *Electrochimica Acta*, 404, 139737. doi: <https://doi.org/10.1016/j.electacta.2021.139737>
- Wieszcycka, K., Filipowiak, K., Wojciechowska, I., Buchwald, T. (2021). Efficient metals removal from waste pickling liquor using novel task specific ionic liquids - classical manner and encapsulation in polymer shell. *Separation and Purification Technology*, 262, 118239. doi: <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2020.118239>
- Xu, C., Zhou, J., Yin, S., Wang, Y., Zhang, L., Hu, S. et. al. (2021). Solvent extraction and separation of zinc-iron from spent pickling solution with tri-n-octylamine. *Separation and Purification Technology*, 278, 119579. doi: <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2021.119579>
- Ramezani, M., Enayati, M., Ramezani, M., Ghorbani, A. (2021). A study of different strategical views into heavy metal(oid) removal in the environment. *Arabian Journal of Geosciences*, 14 (21). doi: <https://doi.org/10.1007/s12517-021-08572-4>
- Sharma, P., Chaturvedi, P., Chandra, R., Kumar, S. (2022). Identification of heavy metals tolerant *Brevundimonas* sp. from rhizospheric zone of *Saccharum munja* L. and their efficacy in in-situ phytoremediation. *Chemosphere*, 295, 133823. doi: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.133823>
- Reis, M. T. A., Ismael, M. R. C. (2018). Electroplating wastes. *Physical Sciences Reviews*, 3 (6). doi: <https://doi.org/10.1515/psr-2018-0024>
- 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>
- Pietrelli, L., Ferro, S., Voccianta, 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>
- 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>
- Drápala, J., Petlák, D., Brožová, S., Malcharcziková, J., Langová, Š., Vontorová, J. et. al. (2021). Possibilities of zinc extraction from galvanic sludges by means of electrolysis. *METAL 2021 Conference Proceedings*. doi: <https://doi.org/10.37904/metal.2021.4244>
- Tatarintseva, E. A., Dolbnaya, I. V., Bukharova, E. A., Olshanskaya, L. N., Politaeva, N. A. (2019). Purification of natural water and wastewater from petroleum and petroleum products by sorption materials on a basis of industrial waste. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 288 (1), 012030. doi: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/288/1/012030>
- 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>
- Heuss-Aßbichler, S., John, M., Klapper, D., Bläß, U. W., Kochetov, G. (2016). Recovery of copper as zero-valent phase and/or copper oxide nanoparticles from wastewater by ferritization. *Journal of Environmental Management*, 181, 1–7. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.05.053>
- Kochetov, G., Prikhna, T., Samchenko, D., Prysiazhna, O., Monastyrkov, 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>
- Kochetov, G., Prikhna, T., Samchenko, D., Kovalchuk, O. (2019). Development of ferritization processing of galvanic waste involving the energysaving electromagnetic pulse activation of the process. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (10 (102)), 6–14. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.184179>
- Kochetov, G., Samchenko, D., Arhatenko, T. (2021). Determination of influence of pH on reaction mixture of ferritization process with electromagnetic pulse activation on the processing of galvanic sludge. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (10 (112)), 24–30. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.239102>
- Yemchura, B., Kochetov, G., Samchenko, D., Prikhna, T. (2021). Ferritization-Based Treatment of Zinc-Containing Wastewater Flows: Influence of Aeration Rates. *Environmental Science and Engineering*, 171–176. doi: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-51210-1\\_29](https://doi.org/10.1007/978-3-030-51210-1_29)
- Justin, J. M. (2018). On Generalized Variance Functions for Sample Means and Medians. *JSM 2018 – Survey Research Methods Section*, 584–594. Available at: <https://www.bls.gov/osmr/research-papers/2018/pdf/st180080.pdf>
- Glyva, V. A., Levchenko, L. O., Panova, O. V., Tykhenko, O. M., Radomska, M. M. (2020). The composite facing material for electromagnetic fields shielding. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 907 (1), 012043. doi: <https://doi.org/10.1088/1757-899x/907/1/012043>
- Derecha, D. O., Skirta, Y. B., Gerasimchuk, I. V. (2014). Electrolyte Vortex Dynamics in the Vicinity of a Ferromagnetic Surface in a Direct Current Magnetic Field. *The Journal of Physical Chemistry B*, 118 (50), 14648–14651. doi: <https://doi.org/10.1021/jp510275x>
- Derecha, D. O., Skirta, Y. B., Gerasimchuk, I. V., Hruzevych, A. V. (2020). Statistical and Fourier analysis of the vortex dynamics of fluids in an external magnetic field. *Journal of Electroanalytical Chemistry*, 873, 114399. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jelechem.2020.114399>
- Trus, I., Gomelya, M. (2021). Effectiveness of Nanofiltration During water Purification from heavy metal ions. *Journal of Chemical Technology and Metallurgy*, 56 (3), 615–620. Available at: [https://dl.uctm.edu/journal/node/j2021-3/21\\_20-03p615-620.pdf](https://dl.uctm.edu/journal/node/j2021-3/21_20-03p615-620.pdf)
- Manashev, I. R., Gavrilova, T. O., Shatokhin, I. M., Ziatdinov, M. K., Leont'ev, L. I. (2020). Recycling Dispersed Waste of Ferroalloy Production on the Basis of Metallurgical Self-Propagating High-Temperature Synthesis. *Steel in Translation*, 50 (9), 585–591. doi: <https://doi.org/10.3103/s0967091220090089>
- Kim, D., Kirakosyan, A., Lee, J. W., Jeong, J.-R., Choi, J. (2018). Flexible h-BN foam sheets for multifunctional electronic packaging materials with ultrahigh thermostability. *Soft Matter*, 14 (20), 4204–4212. doi: <https://doi.org/10.1039/c8sm00521d>

27. Guan, Y., Meng, X., Zhao, X., Lin, Y., Li, S., Wang, T., Cheng, J. (2022). The Effects of the Structural Tuning on the Sensing Performance of Extinguishant Detector Based on the Differential Pressure Principle. *IEEE Sensors Journal*, 22 (8), 7808–7815. doi: <https://doi.org/10.1109/jsen.2022.3158815>
28. Kovalchuk, O., Kochetov, G., Samchenko, D. (2019). Study of service properties of alkali-activated cement using wastewater treatment residues. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 708 (1), 012087. doi: <https://doi.org/10.1088/1757-899x/708/1/012087>
29. 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>

**DOI: 10.15587/1729-4061.2022.258949**

**AN ANALYSIS OF PERFORMANCE OF COMBINED AEROBIC BIOFILTER – GRANULAR ADSORPTION – NANO ADSORPTION PROCESS IN SEAWEED INDUSTRIAL WASTEWATER TREATMENT (p. 29–36)**

**Prayitno**

State Polytechnic of Malang, Malang, Indonesia  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-8607-8719>

**Nanik Hendrawati**

State Polytechnic of Malang, Malang, Indonesia  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-5294-3188>

**Indrazno Siradjuddin**

State Polytechnic of Malang, Malang, Indonesia  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-8706-3570>

**Sri Rulianah**

State Polytechnic of Malang, Malang, Indonesia  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-8402-520X>

Wastewater of Seaweed industry contains macronutrients, alkalies, moderately biodegradable organics, and has a large volume, which it is treated using a biological process (activated sludge) followed by an adsorption process. The results of this treatment are quite effective in reducing the concentration of pollutants to reach the quality standard. However, the reuse of seaweed industrial wastewater into drinking water or process water is still not effective when using a combination of these processes.

On the other hand, biological treatment such as aerobic fixed film biofilter (AF2B) and nano adsorption has high effectiveness in reducing biodegradable organic matter (BOD, COD), bacteria, and other metals. Therefore, the reuse of seaweed industrial wastewater into drinking water can be done by combining the two types of processes. The aim of the research was to study the ability of the AF2B – Granular adsorption – nano adsorption process in reducing pollutants in seaweed industrial wastewater. The experiment is conducted by flowing wastewater continuously into a series of process an AF2B reactor, GAC, and CNTs column. By making changes to the factors that affect the performance of each process, and then measuring the pollutant concentration at the input and output of each process, so the performance of each process can be known. Data is analysed to obtain optimum condition in each process that used for design process in wastewater treatment plant. The results showed that of the AF2B/GAC process was able to reduce contaminants such as TSS, BOD, COD, NH<sub>3</sub>N and Chlorine by 98 %, 99 %, 97.3 %, 97.8 %, and 100 % respectively. Furthermore, in the CNTs process, all pollutants not detected until they meet drinking water quality standards.

**Keywords:** aerobic biofilter, granular adsorption, nano adsorption, seaweed, performance, pollutants, wastewater.

**References**

1. Samudra, G., Syarafina, N., Budihardjo, M. A. (2016). Application of UASB Reactor to Reduce the Concentration of BOD, COD and Phosphate in the Domestic Waste. *Nature Environment and Pollution Technology*, 15 (3), 951–956. Available at: [http://neptjournal.com/upload-images/NL-57-28-\(26\)D-423.pdf](http://neptjournal.com/upload-images/NL-57-28-(26)D-423.pdf)
2. Gullicks, H., Hasan, H., Das, D., Moretti, C., Hung, Y.-T. (2011). Bio-film Fixed Film Systems. *Water*, 3 (3), 843–868. doi: <https://doi.org/10.3390/w3030843>
3. Kragelund, C. (2017). Efficient pharmaceutical removal from (hospital) wastewater by staged- MBBRs followed by ozonation. 11th annualmeeting at DWF 2017. Available at: [https://businessdocbox.com/Biotech\\_and\\_Biomedical/104700682-Efficient-pharmaceutical-removal-from-hospital-wastewater-by-staged-mbbrs-followed-by-ozonation.html](https://businessdocbox.com/Biotech_and_Biomedical/104700682-Efficient-pharmaceutical-removal-from-hospital-wastewater-by-staged-mbbrs-followed-by-ozonation.html)
4. Farrokhi, M., Ashrafi, D., Roohbakhsh, E., Yoonesi, A. (2014). Hospital Wastewater Treatment by Integrated Fixed Film Activated Sludge, Using Rice Husk as Fixed Media. *Advances in Life Sciences*, 4 (3), 178–183. Available at: [https://www.academia.edu/30643178/Hospital\\_Wastewater\\_Treatment\\_by\\_Integrated\\_Fixed\\_Film\\_Activated\\_Sludge\\_Using\\_Rice\\_Husk\\_as\\_Fixed\\_Media](https://www.academia.edu/30643178/Hospital_Wastewater_Treatment_by_Integrated_Fixed_Film_Activated_Sludge_Using_Rice_Husk_as_Fixed_Media)
5. Aeppli, J., Dyer-Smith, P. (1996). Ozonation and Granular Activated Carbon Filtration. Proceedings of the first Australasian conference of the international ozone association down under '96. Sydney. Available at: <https://docplayer.net/35462792-Ozonation-and-granular-activated-carbon-filtration-the-solution-to-many-problems.html>
6. Fazal, S., Zhang, B., Zhong, Z., Gao, L., Chen, X. (2015). Industrial Wastewater Treatment by Using MBR (Membrane Bioreactor) Review Study. *Journal of Environmental Protection*, 06 (06), 584–598. doi: <https://doi.org/10.4236/jep.2015.66053>
7. Reungoat, J., Escher, B. I., Macova, M., Argaud, F. X., Gernjak, W., Keller, J. (2012). Ozonation and biological activated carbon filtration of wastewater treatment plant effluents. *Water Research*, 46 (3), 863–872. doi: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2011.11.064>
8. Casas, M. E., Chhetri, R. K., Ooi, G., Hansen, K. M. S., Litty, K., Christensson, M. et. al. (2015). Biodegradation of pharmaceuticals in hospital wastewater by staged Moving Bed Biofilm Reactors (MBBR). *Water Research*, 83, 293–302. doi: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2015.06.042>
9. Prayitno, P., Saroso, H., Rulianah, S., Prastika, M. (2017). The influence of starter volume and air flowrate in hospital waste water treatment using aerobic fixed film biofilter batch (AF2B) reactor. *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*, 6 (1), 6–13. doi: <https://doi.org/10.15294/jbat.v6i1.7952>
10. Prayitno, H., Saroso, H., Rulianah, S., Meilany, D. (2017). Biodegradation Chemical COD and Phenol Using Bacterial Consortium in AF2B Reactor Batch. *Advanced Science Letters*, 23 (3), 2311–2313. doi: <https://doi.org/10.1166/asl.2017.8717>
11. Prayitno, Rulianah, S., Saroso, H., Meilany, D. (2017). Biodegradation of BOD and ammonia-free using bacterial consortium in aerated fixed film bioreactor (AF2B). doi: <https://doi.org/10.1063/1.4985515>
12. Nguyen, L. N., Hai, F. I., Kang, J., Nghiem, L. D., Price, W. E., Guo, W. et. al. (2013). Comparison between sequential and simultaneous application of activated carbon with membrane bioreactor for trace organic contaminant removal. *Bioresource Technology*, 130, 412–417. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2012.11.131>
13. Abdelkader, A. M. S.-A. (2012). Comparison Study Between Integrated Fixed Film Activated Sludge (IFAS), Membrane Bioreactor

- (MBR) and Conventional Activated Sludge (AS). Conference: International Water Technology Conference.
14. Aparicio, M. A., Eiroa, M., Kennes, C., Veiga, M. C. (2007). Combined post-ozonation and biological treatment of recalcitrant wastewater from a resin-producing factory. *Journal of Hazardous Materials*, 143 (1-2), 285–290. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2006.09.025>
  15. Prayitno, Kusuma, Z., Yanuwadi, B., Laksmono, R. W., Kamahara, H., Daimon, H. (2014). Hospital wastewater treatment using aerated fixed film Biofilter--ozonation (Af2b/O<sub>3</sub>). *Advances in Environmental Biology*, 8 (5), 1251–1259. Available at: [https://www.researchgate.net/publication/285955167\\_Hospital\\_wastewater\\_treatment\\_using\\_aerated\\_fixed\\_film\\_biofilter\\_-\\_Ozonation\\_Af2bO3](https://www.researchgate.net/publication/285955167_Hospital_wastewater_treatment_using_aerated_fixed_film_biofilter_-_Ozonation_Af2bO3)
  16. Munandar, A., Muhammad, S., Mulyati, S. (2016). Penyisihan COD dari Limbah Cair Pabrik Minyak Kelapa Sawit menggunakan Nano Karbon Aktif. *Jurnal Rekayasa Kimia & Lingkungan*, 11 (1), 24. doi: <https://doi.org/10.23955/rkl.v11i1.4231>
  17. Said, M., Mohammad, A. W., Mohd Nor, M. T., Sheikh Abdullah, S. R., Abu Hasan, H. (2015). Investigation of Three Pre-treatment Methods Prior to Nanofiltration Membrane for Palm Oil Mill Effluent Treatment. *Sains Malaysiana*, 44 (3), 421–427. doi: <https://doi.org/10.17576/jsm-2015-4403-14>
  18. Gehrke, I., Geiser, A., Somborn-Schulz, A. (2015). Innovations in nanotechnology for water treatment. *Nanotechnology, Science and Applications*, 8, 1. doi: <https://doi.org/10.2147/nsa.s43773>
  19. Khan, N. A., Khan, S. U., Ahmed, S., Farooqi, I. H., Dhingra, A., Hussain, A., Changani, F. (2019). Applications of Nanotechnology in Water and Wastewater Treatment: A Review. *Asian Journal of Water, Environment and Pollution*, 16 (4), 81–86. doi: <https://doi.org/10.3233/ajw190051>
  20. Abdelbasir, S. M., Shalan, A. E. (2019). An overview of nanomaterials for industrial wastewater treatment. *Korean Journal of Chemical Engineering*, 36 (8), 1209–1225. doi: <https://doi.org/10.1007/s11814-019-0306-y>
  21. Thekkudan, V. N., Vaidyanathan, V. K., Ponnusamy, S. K., Charles, C., Sundar, S., Vishnu, D. et. al. (2016). Review on nanoadsorbents: a solution for heavy metal removal from wastewater. *IET Nanobiotechnology*, 11 (3), 213–224. doi: <https://doi.org/10.1049/iet-nbt.2015.0114>
  22. Ada, R. C. R. (2015). Removal of cadmium (II), lead (II) and chromium (VI) in water with nanomaterials. *Universitat Autònoma de Barcelona*.
  23. Nik Abdul Ghani, N., Jami, M., Alam, M. (2021). The role of nano-adsorbents and nanocomposite adsorbents in the removal of heavy metals from wastewater: A review and prospect. *Pollution*, 7 (1), 153–179. doi: <https://doi.org/10.22059/poll.2020.307069.859>
  24. Kazner, C. (2011). Advanced wastewater treatment by nanofiltration and activated carbon for high quality water reuse. Available at: <https://d-nb.info/1025517369/34>
  25. Ma, L., Dong, X., Chen, M., Zhu, L., Wang, C., Yang, F., Dong, Y. (2017). Fabrication and Water Treatment Application of Carbon Nanotubes (CNTs)-Based Composite Membranes: A Review. *Membranes*, 7 (1), 16. doi: <https://doi.org/10.3390/membranes7010016>
  27. Andersson, S. (2009). Characterization of Bacterial Biofilms for Wastewater Treatment. Stockholm. Available at: <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:209486/FULLTEXT01.pdf>
  26. Zekić, E., Vuković, Ž., Halkijević, I. (2018). Application of nanotechnology in wastewater treatment. *Journal of the Croatian Association of Civil Engineers*, 70 (04), 315–323. doi: <https://doi.org/10.14256/jce.2165.2017>
  28. Pramanik, B. K., Fatihah, S., Shahrom, Z., Ahmed, E. (2012). Biological aerated filters (BAFs) for carbon and nitrogen removal: A review. *Journal of Engineering Science and Technology*, 7 (4), 428–446.
  29. Prayitno, P., Rulianah, S., Zamrud, W., Susilo, S. H. (2021). An analysis of performance of an anaerobic fixed film biofilter (AnF2B) reactor in treatment of cassava wastewater. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (10 (109)), 6–13. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.225324>
  30. Xing, W., Ngo, H. H., Kim, S. H., Guo, W. S., Hagare, P. (2008). Adsorption and bioadsorption of granular activated carbon (GAC) for dissolved organic carbon (DOC) removal in wastewater. *Bioresource Technology*, 99 (18), 8674–8678. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.04.012>
  31. Karamah, E. F., Adripratiwi, I. P., Anindita, L. (2018). Combination of Ozonation and Adsorption Using Granular Activated Carbon (GAC) for Tofu Industry Wastewater Treatment. *Indonesian Journal of Chemistry*, 18 (4), 600. doi: <https://doi.org/10.22146/ijc.26724>
  32. Tiwari, D. K., Behari, J., Sen, P. (2008). Application of Nanoparticles in Waste Water Treatment. *World Applied Sciences Journal*, 3 (3), 417–433. Available at: <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.388.2845&rep=rep1&type=pdf>
  33. Tambe Patil, B. B. (2015). Wastewater Treatment Using Nanoparticles. *Journal of Advanced Chemical Engineering*, 5 (3). doi: <https://doi.org/10.4172/2090-4568.1000131>
  34. Shon, H. K., Phuntsho, S., Chaudhary, D. S., Vigneswaran, S., Cho, J. (2013). Nanofiltration for water and wastewater treatment – a mini review. *Drinking Water Engineering and Science Discussions*, 6, 59–77. doi: <https://doi.org/10.5194/dwesd-6-59-2013>

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.258493

#### UTILIZATION OF POULTRY DROPPINGS IN TERMS OF NON-WASTE TECHNOLOGY (p. 37–46)

**Rovshan Hajiyev Mustafa**

University of Technology of Azerbaijan, Ganja, Azerbaijan  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-5110-8140>

**Rasim Saidov**

Azerbaijan State University of Economics (UNEC),  
 Baku, Azerbaijan  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-6010-6208>

**Gabil Mammadov**

Azerbaijan State Agricultural University, Ganja, Azerbaijan  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-7003-5995>

**Gahira Allahverdiyeva**

Azerbaijan State Agricultural University, Ganja, Azerbaijan  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-8018-0440>

**Urfan Taghiyev**

Azerbaijan State Agricultural University, Ganja, Azerbaijan  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-3063-7948>

The processing of poultry droppings under anaerobic conditions, in special hermetic reactors – methane tanks is considered to be the most promising technology in terms of efficiency in agrochemical, environmental, and energy fields. Organic fertilizer in the methane tank is in the form of concentrated liquid, purified from disease causatives and weed seeds. It is easily absorbed by fermented plant mass and contains macro and micronutrients, amino acids and phytohormones that stimulate the development of the plant. The rare utilization of such facilities is explained by the lack of funds for their purchase. On the other hand, it is assumed that biogas is not a dominant factor in terms of economic efficiency, and organic fertilizer is also important. In this respect, the utilization of poultry droppings has also gained practical relevance.

The paper covers the discussion of the feasibility of utilizing poultry droppings as a non-waste technology. The methodological approach is based on the evaluation of more rational technological projects. In logical modeling, the rules drawn up by highly qualified specialists are used. The rules determine how to act in a certain situation. Such rules are considered favorable for non-skilled performers. The results of the studies have allowed analyzing the dynamics of nitrogen preservation depending on the utilization technology of poultry droppings and impact factors. Based on a mathematical model, a computer methodology for research on improving the energy efficiency of a poultry farm has been developed. The number of LEDs ( $\alpha=20^0$ ,  $I_0=20$  kd) for a  $66 \times 12$  m poultry house using a computer program  $N=273$  pcs., the number of LEDs ( $\alpha=20^0$ ,  $I_0=20$  kd) for a building with dimensions of  $78 \times 18$  m  $N=259$  pcs. The design parameters of the lamps are substantiated.

**Keywords:** mathematical modeling, fertilizer processing, nitrogen preservation, non-waste technology, organic fertilizer.

## References

- Drózd, D., Wystalska, K., Malińska, K., Grosser, A., Grobelak, A., Kacprzak, M. (2020). Management of poultry manure in Poland – Current state and future perspectives. *Journal of Environmental Management*, 264, 110327. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110327>
- Yaqoob, H., Teoh, Y. H., Ud Din, Z., Sabah, N. U., Jamil, M. A., Mujtaba, M. A., Abid, A. (2021). The potential of sustainable biogas production from biomass waste for power generation in Pakistan. *Journal of Cleaner Production*, 307, 127250. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127250>
- Vechera, O., Tereshchuk, M., Chuba, V., Tsyvenkova, N. (2019). Investigation of aerobic solid fraction fermentation process parameters for organic material. 19th International Scientific Conference Engineering for Rural Development Proceedings. doi: <https://doi.org/10.22616/erdev.2020.19.tf363>
- Golub, G., Kukharets, S., Yarosh, Y., Zavadska, O. (2019). Structural models of agroecosystems and calculation of their energy autonomy. *Engineering for Rural Development*. doi: <https://doi.org/10.22616/erdev2019.18.n073>
- Marchenko, V., Sorokin, A., Sidel'nikov, D., Panasenko, A. (2017). Investitsii v protsess fermentatsii medi v bioreaktore. *Inzhener dlya razvitiya sel'skikh rayonov Elgava*, 860–866.
- Eigner, E. (1990). Pat. No. US4909825A. Process and apparatus for drying and conditioning chicken manure or similar pasty substances. Available at: <https://patents.google.com/patent/US4909825>
- Bryukhanov, A. Yu., Gaas, A. V. (2016). Strategiya upravleniya ot-khodami predpriyatii ptitsevodstva na osnove vnedreniya nailuchshikh dostupnykh tekhnologiy pererabotki pometa. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii*, 2, 60–63.
- Islam, O., Akter, S., Islam, M. A., Jamee, D. K., Khan, R. I. (2018). Preparation of wastelage with poultry droppings and rice straw (*Oryza sativa* L.) as a cattle feed. *Asian Journal of Medical and Biological Research*, 4 (3), 251–258. doi: <https://doi.org/10.3329/ajmbr.v4i3.38463>
- Mahboob, S., Al-Ghanim, K. A. (2014). Effect of Poultry Droppings on the Primary Productivity and Growth Performance of Major Carps in Polyculture Syste. *Pakistan Journal of Zoology*, 46 (3), 799–803. Available at: <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.878.5867&rep=rep1&type=pdf>
- Antonov, A., Ivanov, G., Pastukhova, N. (2021). Quail Droppings Utilization System. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 666 (2), 022073. doi: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/666/2/022073>
- Agwa, O. K., Abu, G. O. (2014). Utilization of poultry waste for the cultivation of *Chlorella* sp. for biomass and lipid production. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.*, 3 (8) 1036–1047. Available at: <https://www.ijcmas.com/vol-3-8/O.K.Agwa%20and%20G.O.Abu.pdf>
- Es'kov, A. I., Lukin, S. M., Tarasov, S. I. (2006). *Novye vidy organicheskikh, organo-mineral'nykh udobreniy i biokompostov*. *Plodorodie*, 5, 20–23.
- Sekar, S., Karthikeyan, S., Iyappan, P. (2010). Trends in patenting and commercial utilisation of poultry farm excreta. *World's Poultry Science Journal*, 66 (3), 533–572. doi: <https://doi.org/10.1017/s0043933910000607>
- Kamra, D. N., Srivastava, S. K. (1991). Lactic fermentation of poultry droppings with molasses and wheat straw. *World Journal of Microbiology & Biotechnology*, 7 (5), 537–540. doi: <https://doi.org/10.1007/bf00368357>
- Atinkut, H. B., Yan, T., Arega, Y., Raza, M. H. (2020). Farmers' willingness-to-pay for eco-friendly agricultural waste management in Ethiopia: A contingent valuation. *Journal of Cleaner Production*, 261, 121211. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121211>
- Shafeeva, E., Komissarov, A., Ishbulatov, M., Mindibayev, R., Lykasov, O. (2022). Utilization of poultry manure when cultivating potatoes in the southern steppe of the Republic of Bashkortostan. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 29(3), 1501–1509. doi: <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.11.022>
- Islam, M., Urmi, U., Rana, M., Sultana, F., Jahan, N., Hossain, B. et al. (2020). Poultry chicken gut-bacteria carry high extent of colistin resistant mcr-1 gene in Bangladesh. *International Journal of Infectious Diseases*, 101, 60. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijid.2020.09.187>
- Mau, V., Arye, G., Gross, A. (2020). Poultry litter hydrochar as an amendment for sandy soils. *Journal of Environmental Management*, 271, 110959. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110959>
- Gudda, F. O., Ateia, M., Waigi, M. G., Wang, J., Gao, Y. (2022). Ecological and human health risks of manure-borne steroid estrogens: A 20-year global synthesis study. *Journal of Environmental Management*, 301, 113708. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113708>
- Gadzhiev, R. M. (2018). Otsenka tekhnologii utilizatsii ptich'ego pometa. IX Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya "Voprosy tekhnicheskikh, fiziko-matematicheskikh nauk v svete sovremennykh issledovaniy".
- Gogoladze, D. T., Kotlyar, P. Yu., Serova, N. Yu. (2015). Promyshlennoe ptitsevodstvo v Rossii - realii i vozmozhnye ugrozy. *Ptitsa i produkty ptitsevodstva*, 4, 8–10. Available at: <http://www.vniipp.ru/images/statya/0415/st4.pdf>
- Dolgov, Yu. A. (2009). *Osnovy matematicheskogo modelirovaniya*. Tiraspol': Izdatel'stvo Pridnestrovskogo universiteta, 100.
- Dubrovin, A. A. (2011). Tekhniko-ekonomicheskoe obosnovanie energosbergayushey sistemy otopleniya v ptitsevodstve. *Ptitsevodstvo. Ptitsefabrika*, 3, 32–38.
- Zavrzhnov, A. I., Mironov, V. V. (2012). Matematicheskoe modelirovanie biotekhnologicheskoy sistemy proizvodstva organicheskikh udobreniy. *Michurinsk: Izd-vo MichGAU*, 151.
- Kachanova, L. S., Bondarenko, A. M. (2013). Tekhniko-ekonomicheskoe obosnovanie sistem primeneniya udobreniy. *Vestnik Irkutskoy gosudarstvennoy sel'sko-khozyaystvennoy akademii*, 59, 7–14.
- Kovalev, N. G. (2008). Resursosbergayuschie tekhnologii pererabotki organicheskogo syr'ya. *Ptitsevodstvo i produkty ptitsevodstva*, 4, 21–23.
- Kovalev, N. G., Baranovskiy, I. N. (2006). Organicheskie udobreniya v XXI veke (Biokonversiya organicheskogo syr'ya). *Tver': CHudo*, 304.
- Bryukhanov, A. Yu., Trifanov, A. V., Spesivtsev, A. V., Subbotin, I. A. (2016). Logiko-lingvisticheskoe modelirovanie dlya resheniya agro-

ekologicheskikh problem. Sbornik dokladov XIX Mezhdunarodnoy konferentsii po myagkim vychisleniyam i izmereniyam (SCM-2016). Sankt-Peterburg: LETI, 236–239.

29. Lokhvinskaya, T. I. (2015). Sistemnyy podkhod v reshenii zadach tekhnologicheskogo protsessa obespecheniya kachestva produkttsii. SOK (Santekhnika, otoplenie, konditsionirovanie), Ezhemesyachnyy otraslevoy zhurnal, 12, 71–73.
30. Popov, V. D., Spesivtsev, A. V., Sukhoparov, A. I. (2014). Formalizatsiya ekspertnykh znaniy v vide logiko-lingvisticheskikh modeley. Vestnik Rossiyskoy akademii sel'skokhozyaystvennykh nauk, 13, 10–13.
31. Kardashev, I. P., Motorin, V. B., Spesivtsev, A. V., Utkin, N. N. (2003). Elementy preventivnogo upravleniya riskami pri ekspluatatsii sistemnykh obektov. Sankt-Peterburg: izd-vo SPbGTU, 132.

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.258939

**DETERMINING THE DYNAMICS OF ELECTROMAGNETIC FIELDS, AIR IONIZATION, LOW-FREQUENCY SOUND AND THEIR NORMALIZATION IN PREMISES FOR COMPUTER EQUIPMENT (p. 47–55)**

**Valentyn Glyva**

Kyiv National University of Construction and Architecture,  
Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1257-3351>

**Natalia Kasatkina**

National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6905-7502>

**Larysa Levchenko**

National Technical University of Ukraine  
«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7227-9472>

**Oksana Tykhenko**

National Aviation University, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6459-6497>

**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>

**Nataliia Burdeina**

Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv,  
Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2812-1387>

**Olena Panova**

Kyiv National University of Construction and Architecture,  
Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7975-1584>

**Mariia Bahrii**

National Aviation University, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3543-4741>

**Kyrylo Nikolaiev**

Ministry of Strategic Industries of Ukraine, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0404-6113>

**Yana Biruk**

Kyiv National University of Construction and Architecture,  
Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3669-9744>

This paper reports a study into the quantitative values and dynamics of physical factors in premises and workplaces of stationary and portable computers. The factors that are practically not perceived by the senses of operators were investigated. It is

established that modern monitors do not generate electromagnetic fields of hygienically significant levels. System units generate electric fields (18–22 V/m) and magnetic fields (220–245 nT) that are approaching the maximum permissible. Sources of uninterruptible power supply and fluorescent lighting systems generate excess magnetic fields (up to 2250 nT and 2300 nT), respectively. The main excessive factor for portable computers is electric fields (up to 9 kV/m), which is the cause of air deionization in the user's zone of stay. It is shown that one system unit in the normative volume of the room (20 m<sup>3</sup>) deionizes air (into 100 cm<sup>-3</sup> positive and 200 cm<sup>-3</sup> negative). The generation of ions by modernized laser printers and photocopiers of various models (up to 1500 cm<sup>-3</sup> and 2800 cm<sup>-3</sup>, respectively) was investigated. The distances at which the ionic composition of the air corresponds to the background values (1.0–1.5 m) were determined. That requires the introduction of artificial air ionization in workplaces of users and a decrease in the levels of electrostatic fields. The spectral composition and amplitudes of magnetic fields of external power supplies of laptop computers were determined. It is shown that the difference in sound levels measured on the scales “Lin” and “A” reaches 24 dB, which indicates a significant impact of infrasound on users. Membrane-type protective panels configured for maximum resonant frequencies of low-frequency sound and infrasound have been proposed.

**Keywords:** personal computer, physical factors, microclimate, electromagnetic field, air ionization, infrasound.

**References**

1. Council Directive 90/270/EEC of 29 May 1990 on the minimum safety and health requirements for work with display screen equipment (fifth individual Directive within the meaning of Article 16 (1) of Directive 89/391/EEC). Official Journal of the European Union. Available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/GA/ALL/?uri=CELEX:31990L0270>
2. MPR II. The Swedish government standard for maximum video terminal radiation.
3. TCO'03 Displays Flat Panel Displays Ver. 3.0. Available at: <http://poradme.se/images/d/d7/Tco03.pdf>
4. ISO 9241-3:1992. Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) – Part 6: Environmental requirements. Available at: <https://www.iso.org/obp/ui/fr/#iso:std:iso:9241:-3:ed-1:v1:en>
5. Brodic, D. (2015). Measurement of the extremely low frequency magnetic field in the laptop neighborhood. Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia, 76. doi: <https://doi.org/10.17533/udea.redin.n76a05>
6. Usikalu, M. R. (2018). Radiation from Different Parts of Laptops. International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development, 8 (5), 153–160. doi: <https://doi.org/10.24247/ijmperdoct201819>
7. Ilori, A. O., Gbadamosi, O. A., Ibitola, G. A., Ajanaku, O. (2019). Risk Assessments of Magnetic Field Radiation from AC and Battery Powered Laptop Computers. American Journal of Science and Technology, 6 (2), 14–19. Available at: [https://www.researchgate.net/publication/352771361\\_Risk\\_Assessments\\_of\\_Magnetic\\_Field\\_Radiation\\_from\\_AC\\_and\\_Battery\\_Powered\\_Laptop\\_Computers](https://www.researchgate.net/publication/352771361_Risk_Assessments_of_Magnetic_Field_Radiation_from_AC_and_Battery_Powered_Laptop_Computers)
8. Sydorov, O. V. (2014). Technique of small air ions concentration measurements on workplace of computer operator. Engineering industry and life safety, 1, 36–41.
9. 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>
10. Hlyva, V. A. (2018). Zahalni pryntsy py monitorynhu ta normalizatsiyi fizychnykh parametriv vyrobnychoho seredovyscha pid chas ekspluatatsiyi avtomatyzovanykh system. Problemy okhorony pratsi v Ukraini, 18, 112–122.
  11. 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>
  12. Malyyeva, O., Kosenko, V., Davydovskiy, Y., Boiev, D. (2020). Factor synergy analysis and merger strategy models in investigation of telecommunication operators' performance. Advanced Information Systems, 4 (2), 130–136. doi: <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2020.2.19>
  13. Kravchenko, V., Knyazev, V., Serkov, A., Breslavets, V., Yakovenko, I. (2019). Electromagnetic compatibility of semiconductor structures with a two-dimensional electron layer. Advanced Information Systems, 3 (4), 132–136. doi: <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2019.4.20>

**DOI: 10.15587/1729-4061.2022.259493**

**DEVELOPMENT OF A METHOD FOR ASSESSING THE RELIABILITY OF FIRE DETECTION IN PREMISES (p. 56–62)**

**Volodymyr Sadkovyi**

National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-7054-671X>

**Boris Pospelov**

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

**Evgeniy Rybka**

National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine  
**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-5396-5151>

**Borys Kreminskyi**

State Scientific Institution  
 «Institute of education content modernization», Kyiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-1689-6986>

**Oleksandr Yashchenko**

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

**Yuliia Bezuhla**

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

**Eleonora Darmofal**

Kharkiv State Academy of Physical Culture, Kharkiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-9868-0486>

**Svitlana Hryshko**

Bogdan Khmelnytsky Melitopol State Pedagogical University,  
 Melitopol, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-5054-3893>

**Kochanov Eduard**

V. N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-8443-4054>

**Iryna Kozynska**

Pavlo Tychyna Uman State Pedagogical University, Uman, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-3299-8461>

The object of this study is the detection of fires in the premises. The problem that was solved is the development of tools to assess the reliability of detection of fires in the premises based on the recurrence of the vector of increases in dangerous parameters of the gas environment. The method includes the sequential implementation of five procedures related to the formation of the vector of current increases in dangerous parameters, determining the recurrence of the current vector and evaluating the empirical distribution function relative to the calculated current recurrence of the state vector. Features and distinctive attributes of the developed method are the use of empirical cumulative distribution function in relation to the current recurrence of the state of hazardous parameters of the gas environment in the premises during fires. This makes it possible to solve the task of developing tools for the numerical determining of the trust limit for the predefined level of significance (reliability) and the likelihood of detecting fires in the premises in real time. The scope and conditions for the practical use of the obtained results are the modern and promising means and fire protection systems of various types of premises in buildings and structures. The proposed method was tested on the example of igniting test materials in the laboratory chamber. It is established that for materials with a high combustion rate (alcohol and cellulose) with a probability of 0.95, there is a sharp decrease in the value of the empirical function assessment to zero values. For timber, the value of this estimate is 0.15, and for textiles, the minimum value of the estimate is 0.31. It is established that the boundaries of the confidence interval with the level of significance covering the obtained estimates are determined by the value of  $\pm 0.086$ . In general, the results of the test indicate the operability of the proposed method for determining the reliability of detection of fires in the premises on the basis of the current degree of recurrence of increases in dangerous parameters of the gas environment.

**Keywords:** fire detection, empirical distribution function, confidence interval, probability of fire, recurrence.

**References**

1. Brushlinsky, N. N., Ahrens, M., Sokolov, S. V., Wagner, P. (2019). World Fire Statistics. Report No. 24. Berlin: Center of Fire Statistics of CTIF, 65.
2. Mygalenko, K., Nuyanzin, V., Zemlianskyi, A., Dominik, A. (2018). Development of the technique for restricting the propagation of fire in natural peat ecosystems. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 1 (10 (91)), 31–37. doi: <http://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.121727>
3. 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: <http://doi.org/10.5604/01.3001.0012.2830>
4. Vambol, S., Vambol, V., Sobyina, V., Koloskov, V., Poberezhna, L. (2019). Investigation of the energy efficiency of waste utilization technology, with considering the use of low-temperature separation of the resulting gas mixtures. Energetika, 64 (4), 186–195. doi: <http://doi.org/10.6001/energetika.v64i4.3893>
5. Semko, A., Beskrovnaya, M., Vinogradov, S., Hritsina, I., Yagudina, N. (2017). The usage of high speed impulse liquid jets for putting out gas blowouts. Journal of Theoretical and Applied Mechanics, 3, 655–664.
6. 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: <http://doi.org/10.1088/1757-899x/708/1/012065>

7. 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: <http://doi.org/10.5604/01.3001.0012.9654>
8. 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: <http://doi.org/10.1051/e3sconf/20186000003>
9. Sadkovyi, V., Andronov, V., Semkiv, O., Kovalov, A., Rybka, E., Otrosh, Yu. et. al.; Sadkovyi, V., Rybka, E., Otrosh, Yu. (Eds.) (2021). Fire resistance of reinforced concrete and steel structures. Kharkiv: PC TECHNOLOGY CENTER, 180. doi: <http://doi.org/10.15587/978-617-7319-43-5>
10. Dadashov, I., Loboichenko, V., Kireev, A. (2018). Analysis of the ecological characteristics of environment friendly fire fighting chemicals used in extinguishing oil products. *Pollution Research*, 37 (1), 63–77.
11. Kustov, M., Kalugin, V., Tutunik, V., Tarakhno, O. (2019). Physicochemical principles of the technology of modified pyrotechnic compositions to reduce the chemical pollution of the atmosphere. *Voprosy Khimii i Khimicheskoi Tekhnologii*, 1, 92–99. doi: <http://doi.org/10.32434/0321-4095-2019-122-1-92-99>
12. Vasyukov, A., Loboichenko, V., Bushtec, S. (2016). Identification of bottled natural waters by using direct conductometry. *Ecology, Environment and Conservation*. 22 (3), 1171–1176.
13. Reproduced with permission from Fire Loss in the United States During 2019 (2020). National Fire Protection Association, 11.
14. 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: <http://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.127865>
15. 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: <http://doi.org/10.1260/1750-9548.9.1.9>
16. 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: [http://doi.org/10.32918/nrs.2019.4\(84\).11](http://doi.org/10.32918/nrs.2019.4(84).11)
17. Pospelov, B., Andronov, V., Rybka, E., Popov, V., Romin, A. (2018). Experimental study of the fluctuations of gas medium parameters as early signs of fire. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (10 (91)), 50–55. doi: <http://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.122419>
18. 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: <http://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.133127>
19. Pospelov, B., Andronov, V., Rybka, E., Popov, V., Semkiv, O. (2018). Development of the method of frequencytemporal representation of fluctuations of gaseous medium parameters at fire. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (10 (92)), 44–49. doi: <http://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.125926>
20. Ahn, C.-S., Kim, J.-Y. (2011). A study for a fire spread mechanism of residential buildings with numerical modeling. *WIT Transactions on the Built Environment*, 117, 185–196. doi: <http://doi.org/10.2495/safe110171>
21. 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: <http://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.108448>
22. 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: <http://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.101985>
23. 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: <http://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.110092>
24. Angus, D. (2019). Recurrence Methods for Communication Data, Reflecting on 20 Years of Progress. *Frontiers in Applied Mathematics and Statistics*, 5. doi: <http://doi.org/10.3389/fams.2019.00054>
25. 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: <http://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.142995>
26. Pospelov, B., Rybka, E., Meleshchenko, R., Gornostal, S., Shcherbak, S. (2017). Results of experimental research into correlations between hazardous factors of ignition of materials in premises. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (10 (90)), 50–56. doi: <http://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.117789>
27. Bendat, J. S., Piersol, A. G. (2010). *Random data: analysis and measurement procedures*. John Wiley & Sons. doi: <http://doi.org/10.1002/9781118032428>
28. Shafi, I., Ahmad, J., Shah, S. I., Kashif, F. M. (2009). Techniques to Obtain Good Resolution and Concentrated Time-Frequency Distributions: A Review. *EURASIP Journal on Advances in Signal Processing*, 2009 (1). doi: <http://doi.org/10.1155/2009/673539>
29. 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: <http://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.176579>
30. Pospelov, B., Andronov, V., Rybka, E., Samoilov, 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: <http://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.226692>
31. 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: <http://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.233606>
32. Mandelbrot, B. (2002). *Fraktalnaia geometriia prirody*. Moscow: Institut kompiuternykh issledovaniy, 656.
33. 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: <http://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.210059>
34. *Materials of 7th International Symposium on Recurrence Plots* (2017).
35. Marwan, N. (2011). How to avoid potential pitfalls in recurrence plot based data analysis. *International Journal of Bifurcation and Chaos*, 21 (4), 1003–1017. doi: <http://doi.org/10.1142/s0218127411029008>
36. Marwan, N., Webber, C. L., Macau, E. E. N., Viana, R. L. (2018). Introduction to focus issue: Recurrence quantification analysis

for understanding complex systems. *Chaos: An Interdisciplinary Journal of Nonlinear Science*, 28 (8), 085601. doi: <http://doi.org/10.1063/1.5050929>

37. Ramachandran, K. M., Tsokos, C. P. (2021). *Mathematical Statistics with Applications in R*. Elsevier Inc., 680.
38. Cheng, R., Currie, C. (2009). Resampling methods of analysis in simulation studies. *Proceedings of the 2009 Winter Simulation Conference*, 45–59. doi: <http://doi.org/10.1109/wsc.2009.5429319>
39. 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: <http://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.187252>
40. Bakhrushyn, V. E. (2011). *Metody analizu danykh*. Zaporizhzhia: KPU, 268.
41. Wasserman, L. (2006). *All of nonparametric statistics*. Springer, 270. doi: <http://doi.org/10.1007/0-387-30623-4>
42. Li, Z., Zhao, Y., Hu, X., Botta, N., Ionescu, C., Chen, G. (2022). ECOD: Unsupervised Outlier Detection Using Empirical Cumulative Distribution Functions. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 1–1. doi: <http://doi.org/10.1109/tkde.2022.3159580>
43. Naaman, M. (2021). On the tight constant in the multivariate Dvoretzky-Kiefer-Wolfowitz inequality. *Statistics & Probability Letters*, 173, 109088. doi: <http://doi.org/10.1016/j.spl.2021.109088>

DOI: 10.15587/1729-40612022.259582

#### ESTABLISHING REGULARITIES IN THE REDUCTION OF FLAMMABLE PROPERTIES OF WOOD PROTECTED WITH TWO-COMPONENT INTUMESCENT VARNISH (p. 63–71)

**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>

**Vasyl Lomaha**

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,  
Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0569-9987>

**Roman Vasylyshyn**

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,  
Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7268-8911>

**Oleksandr Melnyk**

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,  
Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3967-4710>

**Volodymyr Balanyuk**

Lviv State University of Life Safety, Lviv, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0853-4229>

**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>

**Olga Bondarenko**

Kyiv National University of Construction and Architecture,  
Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8164-6473>

**Anatolii Karpuk**

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,  
Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7619-4161>

This paper reports the analysis of compositions for fire protection of wood that established that there are not enough data to explain and describe the process of fire protection and, accordingly, the fire-hazardous properties of wood, in order to protect people. The development and research of a set of properties of fire-resistant materials leads to the design of new types of such materials. The object of this study was a fire-protective two-component intumescent varnish for wood. The essence of the research is to determine the indicators of fire danger of wood, fire-protected by coatings, and the impact exerted on them by the formed heat-insulating layer of coke, making it possible to justify the effectiveness of the fire-retardant coating under the influence of temperature. The volume of fire-retardant and hydrophobic coating has been optimized, which ensures the lowest value of loss of mass by fire-protected wood during thermal action. Its lowest value was determined when using flame retardant in the volume of 589 g/m<sup>2</sup> and a hydrophobic agent in the volume of 54 g/m<sup>2</sup>. When determining the combustibility of fire-resistant wood, it was established that the temperature of flue gases during tests was no more than 103 °C, the length of damage to the sample did not exceed 143 mm. At the same time, the weight loss did not exceed 19 g, and the independent burning of wood did not exceed 23 s. In addition, the wood withstood the surface effect of a heat flow of 35 kW/m<sup>2</sup>, while surface combustion did not occur, and the value of the coefficient of smoke formation was 432 m<sup>2</sup>/kg during the smoldering of the fire-proof sample. Unlike wood protection with fire-retardant swelling paint, the fireproof wood with two-component varnish, does not change color and refers to low combustibility materials; it is hard to ignite, does not spread the flame by surface, with moderate smoke-forming ability. The practical significance is the fact that a certificate of conformity was issued based on the reported results. Thus, there are grounds to assert the possibility of directed adjustment of wood fire protection processes by using coatings that can form a protective layer on the surface of the material.

**Keywords:** protective equipment, fire-protected wood, indicators of fire danger of wood, weight loss, wood surface treatment.

#### References

1. Krüger, S., Gluth, G. J. G., Watolla, M.-B., Morys, M., Häbler, D., Schartel, B. (2016). Neue Wege: Reaktive Brandschutzbeschichtungen für Extrembedingungen. *Bautechnik*, 93 (8), 531–542. doi: <https://doi.org/10.1002/bate.201600032>
2. Wang, Y., Zhao, J., Chen, J. (2020). Effect of polydimethylsiloxane viscosity on silica fume-based geopolymer hybrid coating for flame-retarding plywood. *Construction and Building Materials*, 239, 117814. doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.117814>
3. Zhan, W., Chen, L., Cui, F., Gu, Z., Jiang, J. (2020). Effects of carbon materials on fire protection and smoke suppression of waterborne intumescent coating. *Progress in Organic Coatings*, 140, 105491. doi: <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2019.105491>
4. Shi, X.-H., Chen, L., Zhao, Q., Long, J.-W., Li, Y.-M., Wang, Y.-Z. (2020). Epoxy resin composites reinforced and fire-retarded by surficially-treated carbon fibers via a tunable and facile process. *Composites Science and Technology*, 187, 107945. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compscitech.2019.107945>
5. Lu, J., Li, L., Jiang, P., Chen, Z., Fontaine, G., Zhang, Y. et. al. (2022). Flammability properties of intumescent vinyl acetate–ethylene copolymer emulsion including natural carbonization agent. *Polymer*, 245, 124709. doi: <https://doi.org/10.1016/j.polymer.2022.124709>
6. Wang, T., Liu, T., Ma, T., Li, L., Wang, Q., Guo, C. (2018). Study on degradation of phosphorus and nitrogen composite UV-cured flame

- retardant coating on wood surface. *Progress in Organic Coatings*, 124, 240–248. doi: <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2018.08.017>
7. Ma, G., Wang, X., Cai, W., Ma, C., Wang, X., Zhu, Y. et al. (2022). Preparation and Study on Nitrogen- and Phosphorus- Containing Fire Resistant Coatings for Wood by UV-Cured Methods. *Frontiers in Materials*, 9. doi: <https://doi.org/10.3389/fmats.2022.851754>
  8. Zhang, T., Huang, H., Ge, X., Zhang, Z., Li, P. (2022). Experimental study on hygrothermal accelerated aging effects of transparent fire resistive wood structure coatings. *Journal of Physics: Conference Series*, 2194 (1), 012038. doi: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2194/1/012038>
  9. Son, D. W., Kang, M. R., Hwang, W. J., Lee, H. M., Park, S. B. (2014). Hygroscopic Property, Leaching Resistance and Metal Corrosive Efficacy of Wood Treated with Fire Retardants. *Journal of the Korean Wood Science and Technology*, 42 (2), 157–162. doi: <https://doi.org/10.5658/wood.2014.42.2.157>
  10. Chu, T., Gao, Y., Yi, L., Fan, C., Yan, L., Ding, C. et al. (2022). Highly fire-retardant optical wood enabled by transparent fireproof coatings. *Advanced Composites and Hybrid Materials*. doi: <https://doi.org/10.1007/s42114-022-00440-3>
  11. GOST 16363-98. Sredstva ognезaschitnye dlya drevesiny. Metody opredeleniya ognезaschitnykh svoystv. Available at: [https://dnaop.com/html/42795/doc-%D0%93%D0%9E%D0%A1%D0%A2\\_16363-98](https://dnaop.com/html/42795/doc-%D0%93%D0%9E%D0%A1%D0%A2_16363-98)
  12. Tsapko, Y., Tsapko, A., Bondarenko, O. (2019). Effect of a flame-retardant coating on the burning parameters of wood samples. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (10 (98)), 49–54. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.163591>
  13. DBN V.1.1-7:2016. Pozhezhna bezpeka ob'ektiv budivnytstva. Available at: <http://kbu.org.ua/assets/app/documents/dbn2/32.1.%20ДБН%20В.1.1-7-2016.%20Пожезна%20безпека%20об'єктів%20будівни.pdf>
  14. Tsapko, Y., Bondarenko, O., Pinchevska, O., Buys'kykh, N., Lakida, Y. (2019). Features of studying the efficiency of fire protection of a wooden wall with external exposure to the flame of combustible substances. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 708 (1), 012111. doi: <https://doi.org/10.1088/1757-899x/708/1/012111>
  15. DSTU 8829:2019. Fire and explosion hazard of substances and materials. Nomenclature of indices and methods of their determination. Classification. Available at: [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id\\_doc=82139](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=82139)
  16. Tsapko, Y. V., Tsapko, Yu. A., Bondarenko, O. P., Sukhanevych, M. V., Kobryn, M. V. (2019). Research of the process of spread of fire on beams of wood of fire-protected intumescent coatings. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 708 (1), 012112. doi: <https://doi.org/10.1088/1757-899x/708/1/012112>
  17. DSTU B V.1.1-2-97. Building Materials. Ignitability Test Method. Available at: [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=40059](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=40059)
  18. DSTU B V.2.7-70-98. Materialy budivelni. Metod vyprovuvannya na rozpovsiudzhennia polum'ya (HOST 30444-97). Available at: [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=40051](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=40051)
  19. Tsapko, Y., Tsapko, A. (2017). Influence of dry mixtures in a coating on the effectiveness of wood protection from the action of a magnesium flame. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (10 (89)), 55–60. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.111106>

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.259533

## DETERMINING THE EFFECT OF FIRE FROM EXTERNAL AIR CONDITIONING UNITS ON BUILDINGS' FACADES (p. 72–79)

Yaroslav Ballo

Institute of Public Administration and Research in Civil Protection, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9044-1293>

Roman Yakovchuk

Lviv State University of Life Safety, Lviv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5523-5569>

Vadym Nizhnyk

Institute of Public Administration and Research in Civil Protection, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3370-9027>

Anna Borysova

Institute of Public Administration and Research in Civil Protection, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8700-0761>

This paper considers the issue of assessing the possible impact of fire in external air conditioning units on the evolution of façade fires using the example of a typical façade of the building. Current methods for assessing the effectiveness of limiting the spread of façade fires do not take into account the possibility of external fire load. Existing methods of studying the effects of combustible components in façade systems are intended only to investigate the reaction to the fire of façade systems. At the same time, it should be understood that modern façade systems include additional components that not only have a significant fire load but can be the cause of a fire. Taking that into consideration, a study was conducted on the impact of a possible fire of external air conditioning units on the development of its evolution by vertical structures in buildings. During the FDS modeling, the possibility of facing materials from a low combustibility group, which are typical for modern systems, is taken into account. Analysis of the fire load of the components included in the design of air conditioning units has made it possible to recreate the model of the combustion reaction of the main components and determine the value of its maximum intensity. The data on the thermal distributions on the surface of the façade made it possible to make assumptions about the necessary structural parameters that should be observed when determining the places of installation of baskets for air conditioners. The established dependences are a prerequisite for revising the criteria for assessing the potential fire danger of façade systems, which may include additional engineering systems. The derived dependences will make it possible to revise approaches to existing field procedures for assessing the fire danger of façade systems. The practical result of the implementation of these data may be amendments to building codes to increase the level of fire protection of façade systems and buildings in general.

**Keywords:** restriction of fire spread, fires of external air conditioning units, façade fires, temperature distributions on the façade of the building.

### References

1. Analitichna dovidka pro pozhezh ta yikh naslidky v Ukraini za 12 misiatsiv 2018–2021 roky. Available at: <https://idundcz.dns.gov.ua/statistika-pozhezh/analitichni-materiali>
2. Protecting your home from an air conditioner fire. Available at <https://www.conditionedairsolutions.com/protecting-your-home-from-an-air-conditioner-fire/>
3. Hunt, C. 6 Top causes of electrical fires (With Official Statistics): [https://firefightergarage.com/electrical-fire-causes/#5\\_Air\\_Conditioners\\_3](https://firefightergarage.com/electrical-fire-causes/#5_Air_Conditioners_3)
4. Fires involving air conditioning fan coil units (2008 – 2014) (2022). Fire Analysis Report, 1 (2). Available at: <https://www.scdf.gov.sg/docs/default-source/scdf-library/far-issue-2.pdf>
5. 6 Air conditioner fire prevention measures. Available at: <https://americanhomewater.com/air-conditioner-fire/>
6. 8 Old air conditioner dangers and potential hazards. Available at: <https://climateexperts.ca/blog/8-old-air-conditioner-dangers-and-potential-hazards/>

7. The 5 Biggest HVAC Fire Hazards. Available at: <https://www.irish-heatandair.com/5-hvac-fire-hazards>
8. DBN V.1.1-7:2016 Fire safety objects of construction. General requirements (2016). Kyiv: Ministry of Regional Development, Construction and Housing and Communal Services of Ukraine, 12–36.
9. BS 8414 Fire performance of external cladding systems. Test method for non-loadbearing external cladding systems fixed to, and supported by, a masonry substrate (2020). doi: <http://doi.org/10.3403/02713743u>
10. DIN 4102-20 Fire behaviour of building materials and building components – Part 20: Complementary verification for the assessment of the fire behaviour of external wall claddings (2020). Available at: <https://www.sis.se/en/produkter/environment-health-protection-safety/protection-against-fire/fireresistance-of-building-materials-and-elements/din-4102-20/>
11. Dréan, V., Schillinger, R., Auguin, G. (2016). Fire exposed facades: Numerical modelling of the LEPiR2 testing facility. MATEC Web of Conferences, 46, 03001. doi: <http://doi.org/10.1051/mateconf/20164603001>
12. DBN V.2.2-15:2019 Budynky i sporudy. Zhytlovi budynky. Osnovni polozhennia. Z Popravkoiu. Nakaz No. 87. 26.03.2019. Available at: [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id\\_doc=59627](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=59627)
13. Ning, Q., He, G., Sun, W., Fan, M., Li, X., Hong, Z. (2022). R290 leakage hazards assessment of a 1 HP split-type household air conditioner by concentration detection and ignition experiment. International Journal of Refrigeration. doi: <http://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2022.04.005>
14. Jia, L., Jin, W., Zhang, Y. (2017). Experimental study on R32 leakage and diffusion characteristic of wall-mounted air conditioners under different operating conditions. Applied Energy, 185, 2127–2133. doi: <http://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.01.041>
15. DBN V.2.2-9:2018 Budynky i sporudy. Hromadski budynky ta sporudy. Osnovni polozhennia (2018). Nakaz No. 260. 28.09.2018. Available at: <https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/1-1-0-405>
16. Pro zatverdzhennia Pravyla pozhezhnoi bezpeky v Ukraini (2014). Nakaz MVS vid 30.12.2014. No. 1417. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0252-15#Text>
17. Li, K., Wang, J., Luo, S., Wang, Z., Zhou, X., Fang, J. et. al. (2020). Experimental investigation on combustion characteristics of flammable refrigerant R290/R1234yf leakage from heat pump system for electric vehicles. Royal Society Open Science, 7 (4), 191478. doi: <http://doi.org/10.1098/rsos.191478>
18. Yang, S. C., Chuah, Y. K., Lei, M. Y. (2016). Feasibility study of using air-conditioning ducting for smoke exhaust. Paper presented at the ACRA 2016 – 8th Asian Conference on Refrigeration and Air-Conditioning.
19. Gao, Z. M., Gao, Y., Chow, W. K., Wan, Y., Chow, C. L. (2018). Experimental scale model study on explosion of clean refrigerant leaked in an underground plant room. Tunnelling and Underground Space Technology, 78, 35–46. doi: <http://doi.org/10.1016/j.tust.2018.04.010>
20. EN 13501-1:2007+A1:2009 Fire classification of construction products and building elements – Part 1: Classification using data from reaction to fire tests. doi: <http://doi.org/10.3403/30348263>
21. Ballo, Ya., Yakovchuk, R., Nizhnyk, V., Sizikov, O., Kuzyk, A. (2020). Investigation of design parameters facade fire-preventing eaves for prevent the spread of fires on facade structures of high-rise buildings. Fire Safety, 37, 16–23. doi: <http://doi.org/10.32447/20786662.37.2020.03>
22. Anderson, J., Boström, L., Jansson, R., Milovanović, B. (2015). Fire dynamics in facade fire tests: Measurement, modeling and repeatability. Applications of Structural Fire Engineering. doi: <http://doi.org/10.14311/asfe.2015.059>
23. Nilsson, M., Mossberg, A., Husted, B., Anderson, J. (2016). Protection against external fire spread - Horizontal projections or spandrels? 14th International Fire Science & Engineering Conference, Royal Holloway College, 2, 1163–1174. Available at: [https://www.researchgate.net/publication/306078631\\_Protection\\_against\\_external\\_fire\\_spread\\_-\\_Horizontal\\_projections\\_or\\_spandrels](https://www.researchgate.net/publication/306078631_Protection_against_external_fire_spread_-_Horizontal_projections_or_spandrels)
24. Fire statistics and study on air conditioning fires. Available at: [http://www.nfec.org.sg/events\\_past/NFEC%20Prevention%20of%20Air%20Con%20Fires%20Workshop%202016.pdf](http://www.nfec.org.sg/events_past/NFEC%20Prevention%20of%20Air%20Con%20Fires%20Workshop%202016.pdf)
25. DBN B.2.2-12:2019 Planuvannia ta zabudova terytorii (2019). Kyiv: Ministerstvo rehionalnoho rozvytku, budivnytstva ta zhytlovo-komunalnoho hospodarstva Ukrainy, 185.

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.259537

**ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ТА ЕКОЛОГІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ УПРАВЛІННЯ ПОТОКАМИ ВІДХОДІВ БУДІВНИЦТВА ТА ЗНОСУ ЗА ДОПОМОГОЮ ІНСТРУМЕНТІВ ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ (р. 6–13)**

А. А. Шуваєв, І. А. Арутюнян, В. І. Анін, А. О. Ічетовкін, С. А. Силенко

В статті констатовано, що в умовах трансформації від лінійної до циркулярної моделі економіки питання управління потоками відходів будівництва та зносу об'єктів нерухомості (С&DW) набувають все більшої актуальності, що пов'язано, насамперед, зі зростанням цін на будівельні матеріали, ресурсозбереженням та зацікавленістю стейкхолдерів у створенні екоміст.

Досліджено інструменти та методи управління потоками С&DW в контексті одночасного забезпечення екологічної та економічної ефективності процесу. Обґрунтовано, що доцільність впровадження процесу управління потоками С&DW існує лише в межах системи комплексного управління потоками відходів будівництва та зносу об'єктів нерухомості із дотриманням логістичних принципів та охопленням інтересів усіх стейкхолдерів процесу.

Запропоновано інструменти, методи прогнозування та планування обсягів С&DW в межах СКУП, які сприяли: побудові моделі прогнозування обсягів утворення С&DW, а отже, і визначення обсягів сукупних витрат на створення відповідних технологічних потужностей; розробці моделі оцінювання інформаційних ризиків в процесі логістичного управління потоками С&DW (заснованій на вирішенні транспортної задачі за диференційованими рівняннями Колмогорова) та побудові алгоритму її застосування, запровадження яких на практиці забезпечить збалансування інтересів кожного зі стейкхолдерів, зацікавлених у переробці С&DW; вирішенню проблеми синтезу скорочення витрат по управлінню потоками С&DW та зменшення тиску на довкілля. Для поєднання цілей мінімізації витрат та мінімізації екологічного збитку в межах СКУПВ запропоновано двохцільову динамічну оптимізаційну модель, а також визначено обмеження щодо можливості її запровадження і валідації отриманих результатів дослідження. Обґрунтовано, що запропоновані в дослідженні інструменти і методи економіко-математичного моделювання дозволять вирішити важливе науково-практичне завдання з ефективного управління потоками С&DW.

**Ключові слова:** відходи будівництва та зносу, система комплексного управління, потенціал вторинних ресурсів.

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.259477

**ВИЯВЛЕННЯ ВПЛИВУ ПЛАЗМОХІМІЧНОЇ ОБРОБКИ ПРОПАН-БУТАНОВОГО ПАЛИВА НА ЕКОЛОГІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДВИГУНА ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ (р. 14–20)**

А. М. Авраменко, Н. В. Внукова, О. В. Козловський, М. М. Зіпунніков, Н. І. Градович, Е. А. Дармофал, К. М. Ханейчук

Однією з ключових проблем сучасного двигунобудування є поліпшення екологічних показників при забезпеченні конкурентоспроможної ціни виробляємих двигунів. Це досягається використанням надсучасних систем керування, коштовною паливною апаратурою та складними системами нейтралізації відпрацьованих газів. Пошук шляхів поліпшення екологічних показників транспортних двигунів без суттєвого ускладнення їх конструкції – є пріоритетним напрямом сучасних досліджень.

Плазмохімічна обробка газу дозволяє в 1,5–4 рази знизити рівень шкідливих речовин у відпрацьованих газах відносно роботи на пропан-бутані без обробки. Розглянуто можливість застосування способу динамічної стабілізації плазми і проведення електричного розряду без контакту з металевими електродами для здійснення ендотермічних реакцій, на реалізацію яких необхідні витрати енергії від зовнішнього джерела. У процесі тестових експериментів було отримано вольт-амперні характеристики системи з голчастими електродами, відстань між якими становила 2–5 мм при різних тисках подачі пропан-бутанової газової суміші (75 % пропан і 25 % бутан). На виході з плазмохімічного реактора отримується водневовмісна газова суміш, яка в подальшому, через штатну газову паливну систему двигуна подається в камеру згоряння. В подальшому, при згорянні такої газової суміші у камері згоряння водень виступає у якості каталізатора хімічних реакцій, що дозволяє зменшити товщину фронту гасіння полум'я, підвищити швидкість та повноту згоряння газової суміші. За результатами порівняльних моторних досліджень встановлено, що плазмохімічна обробка пропан-бутану майже не впливає на ефективний ККД двигуна та питому витрату палива. Також слід зазначити, що використання плазмохімічних реакторів на борту транспортного засобу дозволяє їх інтегрувати у штатні газові паливні системи двигуна з мінімальними змінами їх конструкції, що майже не впливає на масогабаритні показники та умови обслуговування газової паливної системи.

**Ключові слова:** газова суміш, голчасті електроди, пропан-бутан, плазмохімічна обробка, відпрацьовані гази, екологічні показники.

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.259791

**ВСТАНОВЛЕННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ ПЕРЕРОБКИ ВІДПРАЦЬОВАНИХ ТРАВІЛЬНИХ РОЗЧИНІВ ФЕРИТИЗАЦІЄЮ З ВИКОРИСТАННЯМ ЗМІННИХ МАГНІТНИХ ПОЛІВ (р. 21–28)**

Г. М. Кочетов, Д. М. Самченко, О. В. Ластівка, Д. О. Дереча

Представлені результати досліджень із застосування методу феритизації для комплексної очистки відпрацьованих травільних розчинів. Особливістю роботи є використання енергоощадної активації процесу змінними магнітними полями. Показані її переваги

порівнянні з традиційною термічною активацією. Вивчено вплив амплітуди магнітної індукції та ключових технологічних параметрів феритизації на якість очищення травильного розчину. Досліджено якісний і кількісний склад осадів, отриманих після феритизації травильних розчинів.

Відпрацьовані травильні розчини є великотоннажними відходами промислових підприємств. Вони містять шкідливі забруднення, які згубно впливають на довкілля. Перспективною є переробка цих розчинів з отриманням цінних товарних продуктів.

Встановлено, що при оптимальному значенні амплітуди магнітної індукції 0,1 Тл ступінь вилучення іонів феруму із розчину сягає значення 99,99 %. Визначені найкращі значення основних технологічних параметрів процесу: концентрації іонів феруму в реакційній суміші 6,6 г/дм<sup>3</sup>; рН 11,5; тривалості феритизації 15 хв. Залишкова концентрація іонів феруму в очищених розчинах не перевищує 0,3 мг/дм<sup>3</sup>. Отже, згідно норм діючих стандартів, їх можна повторно використовувати на виробництві. Порівняльний аналіз свідчить про переваги електромагнітної активації реакційної суміші. Методом рентгенофазового аналізу в осадах феритизації виявлені фази магнетиту Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> та моногідрата феруму δ – FeOOH. Встановлено, що при амплітуді 0,1 Тл осад містить тільки магнетит. Результати дослідження свідчать про можливість подальшого використання осадів для виготовлення важливих феромагнітних речовин.

Використання удосконаленого феритизаційного процесу на виробництві дозволить досягнути менших енерговитрат в порівнянні з відомими технологіями переробки.

**Ключові слова:** травильні розчини, переробка відходів, феритизація, електромагнітна активація, феритні осади, магнетит.

---

**DOI: 10.15587/1729-4061.2022.258949**

### **АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ КОМБІНОВАНОГО ПРОЦЕСУ АЕРОБНОГО БІОФІЛЬТРУ – ГРАНУЛЯРНОЇ АДСОРБЦІЇ – ПРОЦЕСУ НАНО АДСОРБЦІЇ ПРИ ОЧИЩЕННІ ПРОМИСЛОВИХ СТІЧНИХ ВОД ВІД МОРСЬКИХ ВОДОРОСТЕЙ (р. 29–36)**

**Prayitno, Nanik Hendrawati, Indrazno Siradjuddin, Sri Rulianah**

Стічні води водоростевого виробництва містять макроелементи, дуги, органіку, що помірно розкладається і мають великий обсяг, який піддається очищенню з використанням біологічного процесу (активний мул) з подальшою адсорбцією. Результати цієї обробки досить ефективно знижують концентрації забруднюючих речовин до стандарту якості. Однак повторне використання промислових стічних вод, що містять морські водорості, у питну або технічну воду, як і раніше, неефективне при використанні комбінації цих процесів.

З іншого боку, біологічне очищення, така як аеробний біофільтр з фіксованою плівкою (AF2B) і наноадсорбція, має високу ефективність у зниженні органічної речовини (БПК, ГПК), бактерій та інших металів. Таким чином, повторне використання промислових стічних вод морських водоростей у питну воду може бути здійснено шляхом поєднання двох типів процесів. Мета дослідження полягала у вивченні здатності процесу AF2B – гранульованої адсорбції – наноадсорбції знижувати вміст забруднюючих речовин у промислових стічних водах, що містять морські водорості. Експеримент проводиться шляхом безперервної подачі стічних вод до ряду технологічних реакторів AF2B, GAC та КНТ колони. Вносячи зміни фактори, що впливають на продуктивність кожного процесу, а потім вимірюючи концентрацію забруднюючих речовин на вході і виході кожного процесу, можна дізнатися продуктивність кожного процесу. Дані аналізуються для отримання оптимальних умов у кожному процесі, який використовується для проектування процесу очищення стічних вод. Результати показали, що процес AF2B/GAC дозволив знизити вміст таких забруднювачів, як TSS, БПК, ГПК, NH<sub>3</sub>N та хлор, на 98 %, 99 %, 97,3 %, 97,8 % та 100 % відповідно. Крім того, у процесі КНТ усі забруднюючі речовини не виявляються доти, доки вони не відповідають стандартам якості питної води.

**Ключові слова:** аеробний біофільтр, гранульована адсорбція, наноадсорбція, водорості, продуктивність, забруднюючі речовини, стічні води.

---

**DOI: 10.15587/1729-4061.2022.258493**

### **УТИЛІЗАЦІЯ ПТАШИНОГО ПОСЛІДУ В РАМКАХ БЕЗВІДХОДНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ (р. 37–46)**

**Rovshan M. Naciyev, Rasim A. Saidov, Gabil B. Mammadov, Urfan T. Taghiyev, Gahira Allahverdiyeva**

Переробка пташиного посліду в анаеробних умовах, у спеціальних герметичних реакторах – метантенках, вважається найбільш перспективною технологією з точки зору ефективності в агрохімічній, екологічній та енергетичній областях. Органічне добриво в метантенку знаходиться у вигляді концентрованої рідини, очищеної від збудників хвороб і насіння бур'янів. Воно легко засвоюється ферментованою рослинною масою і містить макро- та мікроелементи, амінокислоти і фітогормони, що стимулюють розвиток рослин. Рідкісність використання таких установок пояснюється відсутністю коштів на їхнє придбання. З іншого боку, передбачається, що біогаз не є домінуючим фактором з точки зору економічної ефективності, важливе значення також має органічне добриво. У зв'язку з цим утилізація пташиного посліду набуває практичного значення.

У роботі розглядається доцільність використання пташиного посліду в якості безвідходної технології. Методологічний підхід ґрунтується на оцінюванні більш раціональних технологічних проектів. При логічному моделюванні застосовуються правила, що складаються висококваліфікованими фахівцями. Правила визначають, як діяти у тій чи іншій ситуації. Такі правила корисні для некваліфікованих працівників. Результати досліджень дозволили проаналізувати динаміку збереження азоту в залежності від технології утилізації пташиного посліду та факторів, що впливають. На основі математичної моделі розроблена комп'ютерна методика досліджень з підвищення енергоефективності птахофабрики. Кількість світлодіодів ( $\alpha=20^\circ$ ,  $I_0=20$  кд) для пташника розміром 66×12 м з використанням комп'ютерної програми  $N=273$  шт., кількість світлодіодів ( $\alpha=20^\circ$ ,  $I_0=20$  кд) для приміщення з розмірами 78×18 м  $N=259$  шт. Обґрунтовано конструктивні параметри ламп.

**Ключові слова:** математичне моделювання, переробка добрив, збереження азоту, безвідходна технологія, органічне добриво.

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.258939

**ВИЗНАЧЕННЯ ДИНАМІКИ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ПОЛІВ, ІОНІЗАЦІЇ ПОВІТРЯ, НИЗЬКОЧАСТОТНОГО ЗВУКУ ТА ЇХ НОРМАЛІЗАЦІЯ У ПРИМІЩЕННЯХ З ЕКСПЛУАТАЦІЇ КОМП'ЮТЕРНОЇ ТЕХНІКИ (р. 47–55)**

В. А. Глива, Н. В. Касаткіна, Л. О. Левченко, О. М. Тихенко, В. І. Назаренко, Н. Б. Бурдейна, О. В. Панова, М. М. Багрій, К. Д. Ніколаєв, Я. І. Бірук

Досліджено кількісні значення та динаміку фізичних чинників у приміщеннях та на робочих місцях стаціонарних та переносних комп'ютерів. Досліджувалися чинники, які практично не сприймаються органами чуття операторів. Встановлено, що сучасні монітори не генерують електромагнітні поля гігієнічно значущих рівнів. Системні блоки генерують електричні поля (18–22 В/м) та магнітні поля (220–245 нТл), які наближаються до гранично допустимих. Джерела безперебійного живлення та люмінесцентні системи освітлення генерують наднормативні магнітні поля (до 2250 нТл та 2300 нТл) відповідно. Головним наднормативним чинником для переносних комп'ютерів є електричні поля (до 9 кВ/м), що є причиною деіонізації повітря у зоні перебування користувача. Показано, що один системний блок у нормативному об'ємі приміщення (20 м<sup>3</sup>) деіонізує повітря (на 100 см<sup>-3</sup> позитивних та 200 см<sup>-3</sup> негативних). Досліджено генерацію іонів модернізованими лазерними принтерами та копіювальною технікою різних моделей (до 1500 см<sup>-3</sup> та 2800 см<sup>-3</sup> відповідно). Визначено відстані, на яких іонний склад повітря відповідає фоновим значенням (1,0–1,5 м). Це потребує впровадження штучної іонізації повітря на робочих місцях користувачів та зниження рівнів електростатичних полів. Визначено спектральний склад і амплітуди магнітних полів джерел зовнішнього живлення портативних комп'ютерів. Показано, що різниця показників рівнів звуку, виміряних за шкалами «Lin» та «A» досягає 24 дБ, що свідчить про значний вплив інфразвуку на користувачів. Запропоновано захисні панелі мембранного типу, налаштовані на максимальні резонансні частоти низькочастотного звуку та інфразвуку.

**Ключові слова:** персональний комп'ютер, фізичні чинники, мікроклімат, електромагнітне поле, іонізація повітря, інфразвук.

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.259493

**РОЗРОБКА МЕТОДУ ОЦІНКИ ДОСТОВІРНОСТІ ВИЯВЛЕННЯ ЗАГОРЯНЬ У ПРИМІЩЕННЯХ (р. 55–62)**

В. П. Садковий, Б. Б. Поспелов, Є. О. Рибка, Б. Г. Кременський, О. А. Яценко, Ю. С. Безугла, Е. А. Дармофал, Е. О. Кочанов, С. В. Гришко, І. П. Козинська

Об'єктом дослідження є виявлення загорянь у приміщеннях. Проблемою, що вирішувалась, є розробка інструментарію щодо оцінки достовірності виявлення загорянь у приміщеннях на основі рекурентності вектора прирощень небезпечних параметрів газового середовища. Метод включає послідовне виконання п'яти процедур, що пов'язані з формуванням вектора поточних прирощень небезпечних параметрів, визначенням рекурентності поточного вектора та оцінки емпіричної функції розподілу щодо обчисленої поточної рекурентності вектора стану. Особливості та відмінні риси розробленого методу полягають в використанні емпіричної кумулятивної функції розподілу щодо поточної рекурентності вектора прирощень стану небезпечних параметрів газового середовища у приміщеннях при загоряннях. Це дозволяє вирішити проблему розробки інструментарію щодо чисельного визначення довірчої межі для заданого рівня значущості (достовірності) та ймовірності виявлення загорянь в приміщеннях у реальному часі. Сферою та умовами практичного використання отриманих результатів можна вважати сучасні та перспективні засоби та системи протипожежного захисту різних типів приміщень в будівлях та спорудах. Виконано перевірку запропонованого методу на прикладі загоряння тестових матеріалів у лабораторній камері. Встановлено, що для матеріалів з високою швидкістю горіння (спирт та целюлоза) з ймовірністю 0,95 має місце різке зниження величини оцінки емпіричної функції до нульових значень. Для деревини значення цієї оцінки дорівнює 0,15, а для текстилю мінімальне значення оцінки дорівнює 0,31. Встановлено, що межі довірчого інтервалу з рівнем значущості, що покриває одержані оцінки визначаються величиною  $\pm 0,086$ . Загалом результати перевірки свідчать про працездатність запропонованого методу визначення достовірності виявлення загорянь у приміщеннях на основі поточної міри рекурентності прирощень небезпечних параметрів газового середовища.

**Ключові слова:** виявлення загорянь, емпірична функція розподілу, довірчий інтервал, ймовірність загоряння, рекурентність.

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.259582

**ВСТАНОВЛЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ЗНИЖЕННЯ ПОЖЕЖОНЕБЕЗПЕЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ДЕРЕВИНИ ПРИ ВОГНЕЗАХИСТІ ДВОХКОМПОНЕНТНИМ ІНТУМЕСЦЕНТНИМ ЛАКОМ (р. 63–71)**

Ю. В. Цапко, В. В. Ломага, Р. Д. Васишин, О. М. Мельник, В. М. Баланюк, О. Ю. Цапко, О. П. Бондаренко, А. І. Карпук

Проведено аналіз композицій для вогнезахисту деревини і встановлено, що недостатньо даних для пояснення і опису процесу вогнезахисту та відповідно пожежонебезпечних властивостей деревини, необхідність яких направлена на охорону людей. Розробка та дослідження комплексу властивостей вогнезахисних матеріалів призводить до створення нових типів таких матеріалів. Об'єктом дослідження був вогнезахистний двокомпонентний інтумесцентний лак для деревини. Суть проведених досліджень полягає у визначенні показників пожежної безпеки деревини, вогнезахисної покриттями та вплив на них утвореного теплоізолюючого шару коксу, що дозволяють обґрунтувати ефективність вогнезахисного покриття при впливі температури. Проведено оптимізацію кількості вогнезахисного та гідрофобного покриття, що забезпечує найменше значення втрати маси вогнезахисної деревини при термічній дії. Встановлено її найменше значення при використанні антипірену у кількості 589 г/м<sup>2</sup> та гідрофобізатора у кількості 54 г/м<sup>2</sup>. Під час визначення горючості вогнезахисної деревини встановлено, що температура

димових газів при випробуваннях склала не більше 103 °С, довжина пошкодження зразка не перевищила 143 мм. При цьому втрата маси не перевищила 19 г, а самостійне горіння деревини не перевищило 23 с. Окрім того деревина витримала поверхневу дію теплового потоку у 35 кВт/м<sup>2</sup>, при цьому поверхневе горіння не відбулося, а значення коефіцієнта димоутворення склало при тлінні вогнезахищеного зразка 432 м<sup>2</sup>/кг. На відміну від захисту деревини вогнезахисною спучуючою фарбою, деревина, вогнезахиснена двокомпонентним лаком, не змінює колір та відноситься до матеріалів низької горючості, є важко займистим, що не поширює полум'я поверхнею, з помірною димоутворювальною здатністю. Практичне значення полягає в тому що, за отриманими результатами було видано сертифікат відповідності. Таким чином, є підстави стверджувати про можливість спрямованого регулювання процесів вогнезахисту деревини шляхом застосування покриттів, здатних утворювати на поверхні матеріалу захисний шар.

**Ключові слова:** захисні засоби, вогнезахиснена деревина, показники пожежної безпеки деревини, втрата маси, оброблення поверхні деревини.

---

**DOI: 10.15587/1729-4061.2022.259533**

## **ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ПОЖЕЖІ ВІД ЗОВНІШНІХ БЛОКІВ КОНДИЦІОНЕРІВ НА ФАСАДАХ БУДІВЕЛЬ (р. 72–73)**

**Я. В. Балло, Р. С. Яковчук, В. В. Ніжник, А. С. Борисова**

Дослідження присвячено питанню оцінки можливого впливу пожежі зовнішніх кондиціонерних блоків на розвиток фасадних пожеж на прикладі типового фасаду будівлі. Чинні методи оцінювання ефективності обмеження поширення фасадних пожеж не враховують можливість наявності зовнішнього пожежного навантаження. Існуючі методи дослідження впливу горючих компонентів у складі фасадних систем призначені тільки для дослідження реакції на вогонь фасадних систем. Разом із цим, слід розуміти, що сучасні фасадні системи включають у свій склад додаткові компоненти, які не тільки мають суттєве пожежне навантаження, але можуть бути причиною виникнення пожежі. Враховуючи викладене, проведено дослідження впливу можливої пожежі зовнішніх кондиціонерних блоків на розвиток її поширення вертикальними будівельними конструкціями у будівлях. Під час проведення FDS моделювання враховано можливість наявності облицювальних матеріалів із низькою групою горючості, які є типовими для сучасних фасадних систем. Аналіз пожежного навантаження компонентів, які входять до конструкції кондиціонерних блоків, дозволив відтворити модель реакції горіння основних компонентів та визначити значення її максимальної інтенсивності. Отримані дані теплових розподілів на поверхні фасаду дозволили зробити припущення стосовно необхідних конструктивних параметрів, яких слід дотримуватися під час визначення місць встановлення корзин для кондиціонерів. Виявлені залежності є передумовою для перегляду критеріїв оцінки потенційної пожежної безпеки фасадних систем, до складу яких можуть входити додаткові інженерні системи. Отримані залежності дозволять переглянути підходи до існуючих натурних методик оцінки пожежної безпеки фасадних систем. Практичним результатом впровадження отриманих даних може бути внесення змін до будівельних норм для підвищення рівня протипожежного захисту фасадних систем та будівель вцілому.

**Ключові слова:** обмеження поширення пожежі, пожежі зовнішніх кондиціонерних блоків, фасадні пожежі, температурні розподіли по фасаді будівлі.