

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.273930

INTEGRATED METHOD FOR PLANNING WASTE MANAGEMENT BASED ON THE MATERIAL FLOW ANALYSIS AND LIFE CYCLE ASSESSMENT (p. 6–18)**Vladyslav Bendiuh**

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

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3295-4637>.**Liudmyla Markina**

State Ecological Academy of Postgraduate Education and Management, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3632-1685>**Nataliia Matsai**

Luhansk Taras Shevchenko National University, Poltava, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9599-1200>**Iryna Kyrpychova**

Luhansk Taras Shevchenko National University, Poltava, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4633-9379>**Sergii Boichenko**

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

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2489-4980>**Bohdana Komarysta**

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

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9542-6597>**Serhii Priadko**

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

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1078-6812>**Iryna Shkiliuk**

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

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8808-3570>**Iryna Yermakovych**

Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, Severodonetsk, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0542-0744>**Oleh Vlasenko**

State Ecological Academy of Postgraduate Education and Management, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9802-0322>

This paper gives a solution to the problem of improving a solid waste management system through the integration of two systemic methodologies: material flow analysis and life cycle assessment. The proposed method serves to assess the effectiveness of the implementation of various waste management measures.

The study was carried out with the detailing of the anaerobic digestion process since it is this recycling technology that plays a key role in reducing the amount of waste along with the production of renewable energy and in reducing the adverse effects on the external environment.

Simulation of changes in waste properties in a certain processing sequence was carried out in order to obtain reliable information for further optimization of the system. The proposed modeling of waste

treatment processes based on their constituent equations made it possible to adequately reflect the impact of changes in working conditions on all subsequent output flows.

The analysis of material flows for an enterprise of mechanical and biological treatment of waste is presented and the use of the model in the context of the process of anaerobic digestion of household waste is illustrated. It was found that anaerobic digestion potentially makes it possible to obtain 4.1 GJ of biogas energy from 1 HSW, which corresponds to 460 kWh of electricity and 2060 MJ of heat.

The developed method is based on a combination of analysis of material flows and life cycle assessment. The method acts as a tool for comparing alternative technologies and waste management scenarios. In the future, it can serve to support waste management decisions at both the strategic and operational levels.

Keywords: household waste, material flow analysis, life cycle assessment, anaerobic digestion.

References

- Boichenko, S. V., Ivanchenko, O. V., Iakovlieva, A. V. (2017). Recycling and utilization of aviation engineering: the global trends and peculiarities of introduction. *Science-Based Technologies*, 2 (34). doi: <https://doi.org/10.18372/2310-5461.34.11612>
- Boichenko, S. V., Leida, K., Ivanchenko, O. V. (2016). Ecologicals, utilization and recycling of vehicles: trends and prospects. *Science-Based Technologies*, 2 (30). doi: <https://doi.org/10.18372/2310-5461.30.10568>
- Boichenko, M. S., Vovk, O. O., Boichenko, S. V., Shamanskyi, S. I. (2018). Perspectives of membrane bioreactors for wastewater purification from waste of pharmaceutical products and biogenic elements. *Energy Technologies & Resource Saving*, 3, 31–40. doi: <https://doi.org/10.33070/etars.3.2018.04>
- Pavliukh, L., Shamanskyi, S., Boichenko, S., Jaworski, A. (2020). Evaluation of the potential of commercial use of microalgae in the world and in Ukraine. *Aircraft Engineering and Aerospace Technology*, 93 (3), 429–436. doi: <https://doi.org/10.1108/aeat-08-2020-0181>
- Erses Yay, A. S. (2015). Application of life cycle assessment (LCA) for municipal solid waste management: a case study of Sakarya. *Journal of Cleaner Production*, 94, 284–293. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.01.089>
- Kryvda, O., Tulchynska, S., Smerichevskyi, S., Lagodienko, N., Marych, M., Naghiyeva, A. (2022). Harmony of Ecological Development in the Conditions of the Circular Economy Formation. *Environment and Ecology Research*, 10 (1), 11–20. doi: <https://doi.org/10.13189/eer.2022.100102>
- Andersen, J. K., Boldrin, A., Christensen, T. H., Scheutz, C. (2011). Mass balances and life cycle inventory of home composting of organic waste. *Waste Management*, 31 (9-10), 1934–1942. doi: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2011.05.004>
- Clavreul, J., Baumeister, H., Christensen, T. H., Damgaard, A. (2014). An environmental assessment system for environmental technologies. *Environmental Modelling & Software*, 60, 18–30. doi: <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2014.06.007>
- Jensen, M. B., Møller, J., Scheutz, C. (2017). Assessment of a combined dry anaerobic digestion and post-composting treatment facility for source-separated organic household waste, using material and substance flow analysis and life cycle inventory. *Waste Management*, 66, 23–35. doi: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.03.029>

10. Zhang, H., Matsuto, T. (2010). Mass and element balance in food waste composting facilities. *Waste Management*, 30 (8-9), 1477–1485. doi: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2010.02.029>
11. Gentil, E. C., Damgaard, A., Hauschild, M., Finnveden, G., Eriksson, O., Thorneloe, S. et al. (2010). Models for waste life cycle assessment: Review of technical assumptions. *Waste Management*, 30 (12), 2636–2648. doi: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2010.06.004>
12. Laurent, A., Janoušek, V., Magna, T., Schulmann, K., Miková, J. (2014). Petrogenesis and geochronology of a post-orogenic calc-alkaline magmatic association: the Žulová Pluton, Bohemian Massif. *Journal of Geosciences*, 59 (4), 415–440. doi: <https://doi.org/10.3190/jgeosci.176>
13. Viau, S., Majeau-Bettez, G., Spreutels, L., Legros, R., Margni, M., Samson, R. (2020). Substitution modelling in life cycle assessment of municipal solid waste management. *Waste Management*, 102, 795–803. doi: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.11.042>
14. Bai, M., Li, D. (2020). Quantity of plastic waste input into the ocean from China based on a material flow analysis model. *Anthropocene Coasts*, 3 (1), 1–5. doi: <https://doi.org/10.1139/anc-2018-0028>
15. Hendriks, C., Obernosterer, R., Müller, D., Kytzia, S., Baccini, P., Brunner, P. H. (2000). Material Flow Analysis: A tool to support environmental policy decision making. Case-studies on the city of Vienna and the Swiss lowlands. *Local Environment*, 5 (3), 311–328. doi: <https://doi.org/10.1080/13549830050134257>
16. Vuković, J., Marčeta, U., Vujić, B. (2021). Identification of the causes of low recycling rate of paper in Serbia and assessment of current quantities using MFA. *Acta Technica Corviniensis - Bulletin of Engineering Hunedoara*, 14 (2), 17–20. Available at: <https://acta.fih.upt.ro/pdf/2021-2/ACTA-2021-2-02.pdf>
17. Boychenko, S. V., Matveeva, E. L. (1999). Monitoring antropologicheskoy deyatelnosti v sfere ispol'zovaniya neftyanykh istochnikov energii. *Ekotekhnologii i resursosberezhnie*, 5, 54–57.
18. Boichenko, S. V., Khrutba, V. O., Yakovlieva, A. V., Antropchenko, A. K. (2016). Identyfikatsiya ryzkykiv, shcho vynykaiut pid chas vykorystannia tradytsiynykh i alternatyvnykh aviatsiynykh palyv: Ekolohichni ryzkyk. *Naukoiemni tekhnolohiyi*, 1 (29), 116–122. Available at: <https://er.nau.edu.ua/bitstream/NAU/22088/1/10104-26171-1-SM.pdf>
19. Harirchi, S., Wainaina, S., Sar, T., Nojoui, S. A., Parchami, M., Parchami, M. et al. (2022). Microbiological insights into anaerobic digestion for biogas, hydrogen or volatile fatty acids (VFAs): a review. *Bioengineered*, 13 (3), 6521–6557. doi: <https://doi.org/10.1080/21655979.2022.2035986>
20. Szarka, N., Scholwin, F., Trommler, M., Fabian Jacobi, H., Eichhorn, M., Ortwein, A., Thrän, D. (2013). A novel role for bioenergy: A flexible, demand-oriented power supply. *Energy*, 61, 18–26. doi: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2012.12.053>
21. Bernstad, A., la Cour Jansen, J. (2012). Separate collection of household food waste for anaerobic degradation – Comparison of different techniques from a systems perspective. *Waste Management*, 32 (5), 806–815. doi: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2012.01.008>
22. Lagerkvist, A., Ecke, H., Christensen, T. H. (2010). Waste Characterization: Approaches and Methods. *Solid Waste Technology & Management*, 61–84. doi: <https://doi.org/10.1002/9780470666883.ch5>
23. Esposito, M., Cannizzaro, G., Bozzoli, P., Consolo, U., Felice, P., Ferri, V. et al. (2008). Efficacy of prophylactic antibiotics for dental implants: A multicentre placebo-controlled randomised clinical trial. *Eur. J. Oral. Implantol.*, 1 (1), 23–31.
24. Schmidt, T., Pröter, J., Scholwin, F., Nelles, M. (2013). Anaerobic digestion of grain stillage at high organic loading rates in three different reactor systems. *Biomass and Bioenergy*, 55, 285–290. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2013.02.010>
25. Arena, U., Di Gregorio, F. (2014). A waste management planning based on substance flow analysis. *Resources, Conservation and Recycling*, 85, 54–66. doi: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2013.05.008>
26. Robinson, H., Robinson, T. (2021). Leachate treatment. Sardinia. Available at: <https://www.sardiniasymposium.it/en/academy-leachate-treatment>
27. Makarichi, L., Techato, K., Jutidamrongphan, W. (2018). Material flow analysis as a support tool for multi-criteria analysis in solid waste management decision-making. *Resources, Conservation and Recycling*, 139, 351–365. doi: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.07.024>

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.274174

ASSESSING RISK CAUSED BY ATMOSPHERIC AIR POLLUTION FROM MOTOR VEHICLES TO THE HEALTH OF POPULATION IN URBANIZED AREAS (p. 19–26)

Olga Mislyuk

Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0401-9836>

Elena Khomenko

Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9329-0577>

Oksana Yehorova

Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7801-5582>

Liudmyla Zhytska

Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4013-7936>

The object of this study is a regional center with a developed industry and a significant transport load. The study assesses the impact of car emissions on public health. It is shown that on average in the city, emissions from vehicles are 0.341 mg/m-s and vary from 0.038 to 1.012 mg/m-s. The main pollutants are nitrogen dioxide (from 39.3 to 58.5 % of the total emission, the average value is 50.9 %) and carbon monoxide (from 39.5 to 47.7 %, the average value is 38.7 %). There is an excess of the maximum permissible concentrations (MPC) by the content of NO₂ (1.5–4.5 MPC with an average value of 2.7 MPC), formaldehyde (4.3–4.4 MPC), hydrocarbons (1.2 MPC), soot (1.3 MPC). The level of carcinogenic danger for adults ($R=1.9 \cdot 10^{-4}$) and children ($R=3.8 \cdot 10^{-5}$ – $9.8 \cdot 10^{-5}$) is rated as average. Soot (61.0 %) and formaldehyde (38.9 %) account for the largest contribution. Behind a non-carcinogenic risk, there is a significant danger of increasing morbidity of the population ($HI=9.9$ – 14.0 with an average value of 11.1). Principal pollutants are formaldehyde (37 %), NO₂ (23 %), hydrocarbons (17 %). The most vulnerable are the respiratory system ($HI=8.7$) and the immune system ($HI=4.3$). A significant health hazard is due to low fuel quality, technical and operational characteristics of cars, adverse natural conditions for the dispersion of impurities. The method of interpolation and extrapolation of the results of full-scale observations was used to assess the effect of gaseous and dust components from vehicles on humans. The current study makes it possible to assess the combined impact of pollutants on the risks of disease and premature death of the population, to identify the danger and zoning the territory by the level of danger. The results obtained can be important for making effective management decisions in the field of environmental protection and public health.

Keywords: atmospheric air, road transport, emission of pollutants, risk to public health.

References

1. Prüss-Üstün, Annette, Wolf, J., Corvalán, Carlos F. et al. (2016). Preventing disease through healthy environments: a global assessment of the burden of disease from environmental risks. World Health Organization. Available at: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/204585>
2. Ambient (outdoor) air pollution. World Health Organization (WHO). Available at: [https://www.who.int/news-room/factsheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/factsheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)
3. Fuller, R., Landrigan, P. J., Balakrishnan, K., Bathan, G., Bose-O'Reilly, S., Brauer, M. et al. (2022). Pollution and health: a progress update. *The Lancet Planetary Health*, 6 (6), e535–e547. doi: [https://doi.org/10.1016/s2542-5196\(22\)00090-0](https://doi.org/10.1016/s2542-5196(22)00090-0)
4. Hassan Bhat, T., Jiawen, G., Farzaneh, H. (2021). Air Pollution Health Risk Assessment (AP-HRA), Principles and Applications. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18 (4), 1935. doi: <https://doi.org/10.3390/ijerph18041935>
5. Ryngach, N. O., Vlasyk, L. Y., Vlasyk, L. I., Kolodnitska, T. L. (2022). Urbanization and health impacts of air pollution in Ukraine: threats and opportunities. *Bukovinian Medical Herald*, 26 (2 (102)), 69–76. doi: <https://doi.org/10.24061/2413-0737.xxvi.2.102.2022.13>
6. Weichenthal, S., Ryswyk, K. V., Goldstein, A., Bagg, S., Shekharizfard, M., Hatzopoulou, M. (2016). A land use regression model for ambient ultrafine particles in Montreal, Canada: A comparison of linear regression and a machine learning approach. *Environmental Research*, 146, 65–72. doi: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2015.12.016>
7. Kheirbek, I., Haney, J., Douglas, S., Ito, K., Matte, T. (2016). The contribution of motor vehicle emissions to ambient fine particulate matter public health impacts in New York City: a health burden assessment. *Environmental Health*, 15 (1). doi: <https://doi.org/10.1186/s12940-016-0172-6>
8. Schneider, P., Castell, N., Vogt, M., Dauge, F. R., Lahoz, W. A., Bartonova, A. (2017). Mapping urban air quality in near real-time using observations from low-cost sensors and model information. *Environment International*, 106, 234–247. doi: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2017.05.005>
9. Ruths, M., von Bismarck-Osten, C., Weber, S. (2014). Measuring and modelling the local-scale spatio-temporal variation of urban particle number size distributions and black carbon. *Atmospheric Environment*, 96, 37–49. doi: <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2014.07.020>
10. Liu, C., Chen, R., Sera, F., Vicedo-Cabrera, A. M., Guo, Y., Tong, S. et al. (2019). Ambient Particulate Air Pollution and Daily Mortality in 652 Cities. *New England Journal of Medicine*, 381 (8), 705–715. doi: <https://doi.org/10.1056/nejmoa1817364>
11. Traczyk, P., Gruszecka-Kosowska, A. (2020). The Condition of Air Pollution in Kraków, Poland, in 2005–2020, with Health Risk Assessment. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17 (17), 6063. doi: <https://doi.org/10.3390/ijerph17176063>
12. M 218-02070915-694:2011. Metodyyka otsiniuvannia inhredientnoho i parametrychnoho zabrudnennia prydorozhnoho seredovyshecha systemoiu transportnyi potik - doroha. Available at: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=27916
13. Buske, D., Vilhena, M. T., Tirabassi, T., Bodmann, B. (2012). Air Pollution Steady-State Advection-Diffusion Equation: The General Three-Dimensional Solution. *Journal of Environmental Protection*, 03 (09), 1124–1134. doi: <https://doi.org/10.4236/jep.2012.329131>
14. Pérez Guerrero, J. S., Pimentel, L. C. G., Oliveira-Júnior, J. E., Heilbron Filho, P. F. L., Ulke, A. G. (2012). A unified analytical solution of the steady-state atmospheric diffusion equation. *Atmospheric Environment*, 55, 201–212. doi: <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2012.03.015>
15. Cintolesi, C., Mémin, E. (2020). Stochastic Modelling of Turbulent Flows for Numerical Simulations. *Fluids*, 5 (3), 108. doi: <https://doi.org/10.3390/fluids5030108>
16. Ghosh, S., Rigollet, P. (2020). Gaussian determinantal processes: A new model for directionality in data. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117 (24), 13207–13213. doi: <https://doi.org/10.1073/pnas.1917151117>
17. Sailaubek, D. A., Rubtsova, O. A., Kukulin, V. I. (2020). Complex-Range Gaussians as a Basis for Treatment of Charged Particle Scattering. *Springer Proceedings in Physics*, 287–291. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-32357-8_51
18. Fernandes, A. P., Rafael, S., Lopes, D., Coelho, S., Borrego, C., Lopes, M. (2021). The air pollution modelling system URBAIR: how to use a Gaussian model to accomplish high spatial and temporal resolutions. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 14 (12), 1969–1988. doi: <https://doi.org/10.1007/s11869-021-01069-9>
19. Pro zatverdzhennia metodychnykh rekomendatsiy "Otsinka ryzyku dlia zdorovia naseleennia vid zabrudnennia atmosfernoho povitria". Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0184282-07#Text>
20. Risk Assessment in the Federal Government (1983). doi: <https://doi.org/10.17226/366>
21. Surfer. Explore the depths of your data. Available at: <https://www.goldensoftware.com/products/surfer>
22. Mysliuk, O. O., Sheikina, O. Yu. (2008). Otsinka ekolohichnoi bezpeky funktsionuvannia avtotransportu v umovakh promyslovoho mista. *Visnyk ZhDTU*, 3 (46).

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.273790

IMPLEMENTATION PEAT SOIL ADSORBENT & VARIATION OF FILTER FOR REDUCE EMISSION IMPROVEMENT FROM MOTOR VEHICLE (p. 27–36)

Abdul Ghofur

Lambung Mangkurat University, Banjarmasin, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3597-4652>

Syamsuri Syamsuri

Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya, Surabaya, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7177-5466>

Agung Nugroho

Lambung Mangkurat University, Banjarmasin, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7236-9654>

Agung Cahyo Legowo

Lambung Mangkurat University, Banjarmasin, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2149-2182>

Aqli Mursadin

Lambung Mangkurat University, Banjarmasin, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9804-8429>

The use of fossil fuels in transportation equipment, especially motorized vehicles, will have an extraordinary effect on air pollution. Therefore, air pollution becomes very important problem today. The amount of percentage of air pollution from transportation sources in Indonesia is 70.5 % CO, 18.34 % HC, 8.89 % NOx, 0.88 % SOx, and 1.33 % particulate matter. Given the danger of exhaust emissions, especially carbon monoxide which can cause death for humans who inhale it, therefore efforts are needed to control air pollution from motorized vehicles. There are several methods that can be used, one of which is to use adsorbents. Activated carbon can be used as an adsorbent. One alternative that can be applied as an adsorbent is peat soil-activated carbon which is abundant and easy to make as an adsorbent. By utilizing the abundant peat-soil which is a great potential area of Banjarmasin, South Kalimantan.

In this experimental study; model 1 has a diameter of 20 mm, model 2 has an outside diameter of 20 mm and an inside diameter of 10 mm, and model 3 is without adsorbent. The length of this model is the same. Testing with a 2005 Honda Kharisma motor vehicle with an engine speed of 1000, 2000, and 3000 rpm. CO and HC emission tests using a gas analyzer were carried out. Testing was also carried out using a dyno test to determine the engine performance of a motorcycle that was installed with an adsorbent on the exhaust gas. The results showed that peat soil adsorbents with perforated circle designs can reduce CO gas emissions by 55 % compared to the others. Besides that, the use of peat soil adsorbents with hollow circle designs can also reduce HC gas emissions by 3.51 %. The results of the engine performance test showed that there was no significant effect of using this adsorbent on torque and power.

In conclusion, peat soil adsorbents used to reduce exhaust emissions in motorized vehicles can be applied.

Keywords: peat soil adsorbent, variation of filter, CO, HC, gas analyzer.

References

- Fredholm, B. B., Nordén, B. (2010). Fuels for Transportation. *AMBIO*, 39 (S1), 31–35. doi: <https://doi.org/10.1007/s13280-010-0062-z>
- Kumar, R. (Ed.) (2013). *Fossil Fuels: sources, environmental concerns and waste management practices*. Nova publishers.
- Asim, M., Usman, M., Abbasi, M. S., Ahmad, S., Mujtaba, M. A., Soudagar, M. E. M., Mohamed, A. (2022). Estimating the Long-Term Effects of National and International Sustainable Transport Policies on Energy Consumption and Emissions of Road Transport Sector of Pakistan. *Sustainability*, 14 (9), 5732. doi: <https://doi.org/10.3390/su14095732>
- Gao, C., Xu, J., Jia, X., Dong, Y., Ru, H. (2020). Influence of Large Vehicles on the Speed of Expressway Traffic Flow. *Advances in Civil Engineering*, 2020, 1–9. doi: <https://doi.org/10.1155/2020/2454106>
- Ahmad Shuhaili, A. F., Ihsan, S. I., Faris, W. F. (2013). Air Pollution Study of Vehicles Emission In High Volume Traffic: Selangor, Malaysia As A Case Study. *WSEAS TRANSACTIONS on SYSTEMS*, 12 (2), 67–84. Available at: <http://www.wseas.us/journal/pdf/systems/2013/56-304.pdf>
- Cholakov, G. St. (2009). Control of exhaust emissions from internal combustion engined vehicles. Vol. III. Pollution control technologies. Eolss Publishers. Available at: <http://www.eolss.net/Sample-Chapters/C09/E4-14-05-01.pdf>
- Agus, F., Subiska, I. G. (2008). Lahan Gambut: Potensi untuk pertanian dan aspek lingkungan. Bogor. Available at: http://balittanah.litbang.pertanian.go.id/ind/dokumentasi/buku/booklet_gambut_final.pdf
- Maryanto, D., Mulasari, S. A., Suryani, D. (2009). Penurunan kadar emisi gas buang karbon monoksida (CO) dengan penambahan arang aktif pada kendaraan bermotor di Yogyakarta. *Jurnal Kesehatan Masyarakat (Journal of Public Health)*, 3 (3), 198–205. doi: <https://doi.org/10.12928/kesmas.v3i3.1110>
- Wardhana, W. A. (2004). *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Yogyakarta, 462.
- Rosli, M. A., Daud, Z., Latiff, A. A. A., Rahman, S. E. A., Oyekanmi, A. A., Zainorabidin, A. et al. (2017). The effectiveness of peat-AC composite adsorbent in removing color and Fe from landfill leachate. *International Journal of Integrated Engineering*, 9 (3), 35–38. Available at: <https://publisher.uthm.edu.my/ojs/index.php/ijie/article/view/1600/1156>
- Uraki, Y., Tamai, Y., Ogawa, M., Gaman, S., Tokura, S. (2009). Preparation of activated carbon from peat. *BioResources*, 4 (1), 205–213. Available at: https://www.researchgate.net/publication/26589520_Preparation_of_activated_carbon_from_peat
- Sudalma, S., Purwanto, P., Santoso, L. W. (2015). The Effect of SO₂ and NO₂ from Transportation and Stationary Emissions Sources to SO₄²⁻ and NO₃⁻ in Rain Water in Semarang. *Procedia Environmental Sciences*, 23, 247–252. doi: <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2015.01.037>
- Yuliusman, Ayu, M. P., Hanafi, A., Nafisah, A. R. (2020). Adsorption of carbon monoxide and hydrocarbon components in motor vehicle exhaust emission using magnesium oxide loaded on durian peel activated carbon. *AIP Conference Proceedings*. doi: <https://doi.org/10.1063/5.0002351>
- Yang, B.-J., Mao, S., Altin, O., Feng, Z.-G., Michaelides, E. E. (2011). Condensation Analysis of Exhaust Gas Recirculation System for Heavy-Duty Trucks. *Journal of Thermal Science and Engineering Applications*, 3 (4). doi: <https://doi.org/10.1115/1.4004745>
- Hawe, E., Dooly, G., Fitzpatrick, C., Chambers, P., Lewis, E., Zhao, W. Z. et al. (2007). Measuring of exhaust gas emissions using absorption spectroscopy. *International Journal of Intelligent Systems Technologies and Applications*, 3 (1/2), 33. doi: <https://doi.org/10.1504/ijista.2007.014125>
- Woo, S.-H., Raza, H., Kang, W.-M., Choe, S. B., Im, M. H., Lim, K. S. et al. (2022). An ammonia supplying system using ammonium salt to reduce the NOx emissions of a 1.1 MW marine engine. *Journal of Marine Engineering & Technology*, 1–10. doi: <https://doi.org/10.1080/20464177.2022.2127402>
- Ghofur, A., Subagyo, R., Isworo, H. (2018). A study of modeling of flue gas patterns with number and shape variations of the catalytic converter filter. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (10 (96)), 35–41. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.145638>
- Sukmana, H., Bellahsen, N., Pantoja, F., Hodur, C. (2021). Adsorption and coagulation in wastewater treatment – Review. *Progress in Agricultural Engineering Sciences*, 17 (1), 49–68. doi: <https://doi.org/10.1556/446.2021.00029>
- Ghofur, A., Mursadin, A., Amrullah, A., Raihan, R. (2022). The potential of activated carbon from peat soil as an adsorbent for hydrocarbon (HC) and carbon monoxide (CO) emissions in motor vehicles. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 13 (1), 251–256. doi: <https://doi.org/10.21776/ub.jrm.2022.013.01.24>

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.273364

DETERMINING PATTERNS IN THE FORMATION OF A POLYMER SHELL BY POWDER PAINT ON WOOD SURFACE (p. 37–45)

Yuriy Tsapko

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

Kyiv National University of Construction and Architecture,
Kyiv, Ukraine

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

Ruslan Likhnyovskiy

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

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9187-9780>

Nataliia Buiskykh

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

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3229-7235>

Oleksandra Horbachova

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

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7533-5628>

Serhii Mazurchuk

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

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6008-9591>

Oles Lastivka

Kyiv National University of Construction and Architecture,
Kyiv, Ukraine

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

Aleksii Tsapko

Ukrainian State Research Institute “Resurs”, Kyiv, Ukraine
Kyiv National University of Construction and Architecture,
Kyiv, Ukraine

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

Kostiantyn Sokolenko

Bila Tserkva National Agrarian University, Bila Tserkva, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4436-0377>

Andrii Matviichuk

V. I. Vernadsky National Library of Ukraine, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4051-2484>

An issue related to using wood and wood products for building structures is to ensure their stability and durability during operation within wide limits. Therefore, the object of this study was a change in the properties of the polymer shell of powder paint on wood during thermal modification.

It is proved that in the process of thermal modification of wood, its structure changes, and accordingly, during the polymerization of powder paint, degassing occurs, which affects the polymer shell. Namely, during the thermal polymerization of powder paint at a temperature of 180 °C for untreated wood, shallow bubbles and craters are characteristic of the formed polymer shell. Instead, a smooth surface is marked for a sample of thermally modified wood. Thermogravimetric analysis data show thermogravimetric curves characterized by the loss of mass of the sample of the original wood with increasing temperature due to the processes of dehydration, destruction of hemicellulose and lignin. This is dehydration, accompanied by the destruction of the pyranose cycle, and carbonization to form a carbon residue and a complex mixture of volatile products. Due to this, bubbles and craters are formed in the polymer shell of the coating. Based on the obtained results of adhesion of the polymer shell on wood, which is treated with a mixture of epoxy polyester system with functional additives and a polymerization temperature of 180 °C, the adhesion level is 2.1 MPa. Reducing the polymerization temperature of a mixture of the epoxy polyester system with functional additives to 130 °C increases adhesion by 1.75 times, and the nature of the destruction passes through the polymer shell. For thermally modified wood, the level of adhesion is within 2.1 MPa, and the destruction takes place through the wood. This is due to the increased fragility of the surface after thermal modification of wood.

Keywords: wood structure change, powder paints, thermal polymerization, pyrolysis and wood degassing.

References

- Ding, T., Yan, X., Zhao, W. (2022). Effect of Urea–Formaldehyde Resin–Coated Colour–Change Powder Microcapsules on Performance of Waterborne Coatings for Wood Surfaces. *Coatings*, 12 (9), 1289. doi: <https://doi.org/10.3390/coatings12091289>
- Ayrilmis, N. (2022). A review on electrostatic powder coatings for the furniture industry. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 113, 103062. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijadhadh.2021.103062>
- Akkus, M., Akbulut, T., Candan, Z. (2019). Application of electrostatic powder coating on wood composite panels using a cooling method. Part 1: Investigation of water intake, abrasion, scratch resistance, and adhesion strength. *BioResources*, 14 (4), 9557–9574. Available at: <https://bioresources.cnr.ncsu.edu/resources/application-of-electrostatic-powder-coating-on-wood-composite-panels-using-a-cooling-method-part-1-investigation-of-water-intake-abrasion-scratch-resistance-and-adhesion-strength/>
- Bai, J., Li, Y., Jiang, S., Guan, H. (2022). Preparation of wood furniture cooling coatings based on phase change microcapsules and its performance study. *BioResources*, 17 (1), 1319–1337. doi: <https://doi.org/10.15376/biores.17.1.1319-1337>
- Yan, X., Qian, X., Chang, Y., Lu, R., Miyakoshi, T. (2019). The Effect of Glass Fiber Powder on the Properties of Waterborne Coatings with Thermochromic Ink on a Chinese Fir Surface. *Polymers*, 11 (11), 1733. doi: <https://doi.org/10.3390/polym11111733>
- Yan, X., Wang, L., Qian, X. (2019). Influence of Thermochromic Pigment Powder on Properties of Waterborne Primer Film for Chinese Fir. *Coatings*, 9 (11), 742. doi: <https://doi.org/10.3390/coatings9110742>
- Hazir, E., Koc, K. H. (2019). Evaluation of wood surface coating performance using water based, solvent based and powder coating. *Maderas. Ciencia y Tecnología*, ahead, 21 (4). doi: <https://doi.org/10.4067/s0718-221x2019005000404>
- Cui, J., Li, W., Wang, Y., Yu, H., Feng, X., Lou, Z. et al. (2021). Ultra-Stable Phase Change Coatings by Self-Cross-Linkable Reactive Poly(ethylene glycol) and MWCNTs. *Advanced Functional Materials*, 32 (10), 2108000. doi: <https://doi.org/10.1002/adfm.202108000>
- Ayrilmis, N., Akkuş, M., Yılmaz, S. N. (2021). Effect of thermal modification on the surface quality of a coating applied to wood via the electrostatic spray deposition technique. *BioResources*, 16 (4), 7355–7366. doi: <https://doi.org/10.15376/biores.16.4.7355-7366>
- Tsapko, Y., Horbachova, O., Mazurchuk, S., Bondarenko, O. P. (2022). Specific Aspects of the Study of the Surface Properties of Plywood. *Materials Science Forum*, 1066, 175–182. doi: <https://doi.org/10.4028/p-b15jpx>
- Ayrilmis, N. (2020). Surface properties of oriented strand board coated by electrostatic dry powder spray deposition technique. *BioResources*, 15 (1), 1521–1530. Available at: <https://bioresources.cnr.ncsu.edu/resources/surface-properties-of-oriented-strand-board-coated-by-electrostatic-dry-powder-spray-deposition-technique/>
- Köhler, R., Sauerbier, P., Ohms, G., Viöl, W., Miltz, H. (2019). Wood Protection through Plasma Powder Deposition – An Alternative Coating Process. *Forests*, 10 (10), 898. doi: <https://doi.org/10.3390/f10100898>
- Wuzella, G., Kandelbauer, A., Mahendran, A. R., Müller, U., Teischinger, A. (2014). Influence of thermo-analytical and rheological properties of an epoxy powder coating resin on the quality of coatings on medium density fibreboards (MDF) using in-mould technology. *Progress in Organic Coatings*, 77 (10), 1539–1546. doi: <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2013.10.016>
- Tsapko, Y., Horbachova, O., Tsapko, A., Mazurchuk, S., Zavialov, D., Buiskykh, N. (2021). Establishing regularities in the propagation of phase transformation front during timber thermal modification. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (10 (109)), 30–36. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.225310>
- Tsapko, Y., Sirko, Z., Vasylyshyn, R., Melnyk, O., Tsapko, A., Bondarenko, O., Karpuk, A. (2021). Establishing patterns of mass transfer under the action of water on the hydrophobic coating of the fire-retardant element of a tent. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (10 (112)), 45–51. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.237884>
- D4541-22 - Standard Test Method for Pull-Off Strength of Coatings Using Portable Adhesion Testers. Available at: <https://www.en-standard.eu/astm-d4541-22-standard-test-method-for-pull-off>

strength-of-coatings-using-portable-adhesion-testers/?gclid=EAIaIQobChMIyOjNk7v0_AIVzwN7Ch2tuw9xEAAyAAEgK-BAvD_BwE

17. Broido, A. (1969). A simple, sensitive graphical method of treating thermogravimetric analysis data. *Journal of Polymer Science Part A-2: Polymer Physics*, 7 (10), 1761–1773. doi: <https://doi.org/10.1002/pol.1969.160071012>
18. Tsapko, Y., Bondarenko, O., Horbachova, O., Mazurchuk, S., Buyskikh, N. (2021). Research activation energy in thermal modification of wood. *E3S Web of Conferences*, 280, 07009. doi: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202128007009>
19. Tsapko, Y., Buisyskykh, N., Likhnyovskiy, R., Horbachova, O., Tsapko, A., Mazurchuk, S. et al. (2022). Establishing regularities in the application of dry pine wood. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (10 (118)), 51–59. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.262203>

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.272949

REVEALING THE PECULIARITIES OF AVERAGE BICOHERENCE OF FREQUENCIES IN THE SPECTRA OF DANGEROUS PARAMETERS OF THE GAS ENVIRONMENT DURING FIRE (p. 46–54)

Boris Pospelov

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

Vladimir Andronov

National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7486-482X>

Evgeniy Rybka

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

Larysa Chubko

National Aviation University, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4647-3156>

Yuliia Bezuhla

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

Svitlana Gordiichuk

Zhytomyr Medical Institute, Zhytomyr, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4609-7613>

Tatiana Lutsenko

National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7373-4548>

Nataliia Suriadna

Melitopol Institute of Ecology and Social Technologies,
University of “Ukraine”, Melitopol, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0681-4465>

Svitlana Hryshko

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

Tetyana Kushchova

Mykolayiv National Agrarian University, Mykolaiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5285-9122>

The object of this study is a change in the hazardous parameters of the gas environment when materials are ignited in the premises. The subject is the features of the average bicoherence of the frequen-

cies of the spectra of changes in the hazardous parameters of the gas environment when materials are ignited. The importance of such studies is based on the fact that the examined features can be used for the early detection of fires. The value of the average bicoherence is proposed to be determined for each frequency, taking into account the average value of the cosine argument of the complex bispectrum for a given frequency interval. It was established that the values of the average bicoherence of the spectrum of changes in the temperature of the gaseous medium in the interval of no ignition of the materials, averaged by frequency in the range of 0–2 Hz, lie in the range from –0.052 to –0.35. At the same time, the frequency-averaged values of mean bicoherence at the ignition interval of materials lie in the range of –0.128 to +0.155. Averaged in the frequency range of 0–2 Hz, the value of the mean bicoherence of the spectrum of changes in smoke density in the interval of absence of ignition of materials lies in the range from –0.018 to +0.568. In the presence of fires, this value is in the range from –0.244 to +0.23. At the same time, the average value of the average bicoherence of the spectrum of changes in the concentration of carbon monoxide of the gas medium for test materials, averaged in the range from 0 to 2 Hz, ranges from +0.016 to +0.109. In the case of ignition of materials, the average values range from +0.0007 to +0.053, except for ignition of wood (+0.117). In general, the revealed features of the average bicoherence of the frequency components of the spectra of changes in the hazardous parameters of the gas environment indicate the possibility of their use to identify fires and prevent fires.

Keywords: mean bicoherence, complex bispectrum, change in hazardous parameters, gas environment, material ignition.

References

1. Vambol, S., Vambol, V., Sychikova, Y., Deyneko, N. (2017). Analysis of the ways to provide ecological safety for the products of nanotechnologies throughout their life cycle. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (10 (85)), 27–36. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.85847>
2. Semko, A., Rusanova, O., Kazak, O., Beskrovnaya, M., Vinogradov, S., Gricina, I. (2015). The use of pulsed high-speed liquid jet for putting out gas blow-out. *The International Journal of Multiphysics*, 9 (1), 9–20. doi: <https://doi.org/10.1260/1750-9548.9.1.9>
3. Popov, O., Iatsyshyn, A., Kovach, V., Artemchuk, V., Taraduda, D., Sobyna, V. et al. (2018). Conceptual Approaches for Development of Informational and Analytical Expert System for Assessing the NPP impact on the Environment. *Nuclear and Radiation Safety*, 3 (79), 56–65. doi: [https://doi.org/10.32918/nrs.2018.3\(79\).09](https://doi.org/10.32918/nrs.2018.3(79).09)
4. 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: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.125926>
5. Dubinin, D., Korytchenko, K., Lisnyak, A., Hrytsyna, I., Trigub, V. (2017). Numerical simulation of the creation of a fire fighting barrier using an explosion of a combustible charge. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (10 (90)), 11–16. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.114504>
6. Popov, O., Iatsyshyn, A., Kovach, V., Artemchuk, V., Taraduda, D., Sobyna, V. et al. (2019). Physical Features of Pollutants Spread in the Air During the Emergency at NPPs. *Nuclear and Radiation Safety*, 4 (84), 88–98. doi: [https://doi.org/10.32918/nrs.2019.4\(84\).11](https://doi.org/10.32918/nrs.2019.4(84).11)
7. Vambol, V., Vambol, S., 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*, 87 (2), 77–84. doi: <https://doi.org/10.5604/01.3001.0012.2830>

8. Dubinin, D., Korytchenko, K., Lisnyak, A., Hrytsyna, I., Trigub, V. (2018). Improving the installation for fire extinguishing with finely-dispersed water. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (10 (92)), 38–43. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.127865>
9. Otrosh, Y., Rybka, Y., Danilin, O., Zhuravskiy, M. (2019). Assessment of the technical state and the possibility of its control for the further safe operation of building structures of mining facilities. *E3S Web of Conferences*, 123, 01012. doi: <https://doi.org/10.1051/e3s-conf/201912301012>
10. Ragimov, S., Sobyna, V., Vambol, S., Vambol, V., Feshchenko, A., Zakora, A. et al. (2018). Physical modelling of changes in the energy impact on a worker taking into account high-temperature radiation. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, 1 (91), 27–33. doi: <https://doi.org/10.5604/01.3001.0012.9654>
11. Pospelov, B., Andronov, V., Rybka, E., Krainiukov, O., Maksymenko, N., Meleshchenko, R. et al. (2020). Mathematical model of determining a risk to the human health along with the detection of hazardous states of urban atmosphere pollution based on measuring the current concentrations of pollutants. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (10 (106)), 37–44. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.210059>
12. Otrosh, Y., Semkiv, O., Rybka, E., Kovalov, A. (2019). About need of calculations for the steel framework building in temperature influences conditions. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 708 (1), 012065. doi: <https://doi.org/10.1088/1757-899x/708/1/012065>
13. Vambol, S., Vambol, V., Kondratenko, O., Suchikova, Y., Hurenko, O. (2017). Assessment of improvement of ecological safety of power plants by arranging the system of pollutant neutralization. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (10 (87)), 63–73. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.102314>
14. Rybalova, O., Artemiev, S., Sarapina, M., Tsybmal, B., Bakharova, A., Shestopalov, O., Filenko, O. (2018). Development of methods for estimating the environmental risk of degradation of the surface water state. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (10 (92)), 4–17. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.127829>
15. World Fire Statistics (2022). No. 27. CTIF, 65. Available at: https://www.ctif.org/sites/default/files/2022-08/CTIF_Report27_ESG.pdf
16. Kovalov, A., Otrosh, Y., Rybka, E., Kovalevska, T., Togobytska, V., Rolin, I. (2020). Treatment of Determination Method for Strength Characteristics of Reinforcing Steel by Using Thread Cutting Method after Temperature Influence. *Materials Science Forum*, 1006, 179–184. doi: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/msf.1006.179>
17. Pospelov, B., Andronov, V., Rybka, E., Samoilo, M., Krainiukov, O. et al. (2021). Development of the method of operational forecasting of fire in the premises of objects under real conditions. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (10 (110)), 43–50. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.226692>
18. Andronov, V., Pospelov, B., Rybka, E. (2017). Development of a method to improve the performance speed of maximal fire detectors. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (9 (86)), 32–37. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.96694>
19. Pospelov, B., Andronov, V., Rybka, E., Skliarov, S. (2017). Research into dynamics of setting the threshold and a probability of ignition detection by self-adjusting fire detectors. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (9 (89)), 43–48. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.110092>
20. Cheng, C., Sun, F., Zhou, X. (2011). One fire detection method using neural networks. *Tsinghua Science and Technology*, 16 (1), 31–35. doi: [https://doi.org/10.1016/s1007-0214\(11\)70005-0](https://doi.org/10.1016/s1007-0214(11)70005-0)
21. Ding, Q., Peng, Z., Liu, T., Tong, Q. (2014). Multi-Sensor Building Fire Alarm System with Information Fusion Technology Based on D-S Evidence Theory. *Algorithms*, 7 (4), 523–537. doi: <https://doi.org/10.3390/a7040523>
22. Wu, Y., Harada, T. (2004). Study on the Burning Behaviour of Plantation Wood. *Scientia Silvae Sinicae*, 40, 131–136.
23. Ji, J., Yang, L., Fan, W. (2003). Experimental Study on Effects of Burning Behaviours of Materials Caused by External Heat Radiation. *JCST*, 9, 139.
24. Peng, X., Liu, S., Lu, G. (2005). Experimental Analysis on Heat Release Rate of Materials. *Journal of Chongqing University*, 28, 122.
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: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.142995>
26. Pospelov, B., Andronov, V., Rybka, E., Meleshchenko, R., Borodych, P. (2018). Studying the recurrent diagrams of carbon monoxide concentration at early ignitions in premises. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (9 (93)), 34–40. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.133127>
27. Pospelov, B., Rybka, E., Meleshchenko, R., Krainiukov, O., Biryukov, I., Butenko, T. et al. (2021). Short-term fire forecast based on air state gain recurrence and zero-order brown model. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (10 (111)), 27–33. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.233606>
28. Pospelov, B., Rybka, E., Krainiukov, O., Yashchenko, O., Bezuhla, Y., Bielai, S. et al. (2021). Short-term forecast of fire in the premises based on modification of the Brown's zero-order model. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (10 (112)), 52–58. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.238555>
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: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.176579>
30. Pospelov, B., Andronov, V., Rybka, E., Krainiukov, O., Karpets, K., Pirohov, O. et al. (2019). Development of the correlation method for operative detection of recurrent states. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (4 (102)), 39–46. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.187252>
31. Sadkovyi, V., Pospelov, B., Andronov, V., Rybka, E., Krainiukov, O., Rud, A. et al. (2020). Construction of a method for detecting arbitrary hazard pollutants in the atmospheric air based on the structural function of the current pollutant concentrations. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (10 (108)), 14–22. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.218714>
32. Pospelov, B., Rybka, E., Meleshchenko, R., Krainiukov, O., Harbuz, S., Bezuhla, Y. et al. (2020). Use of uncertainty function for identification of hazardous states of atmospheric pollution vector. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (10 (104)), 6–12. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.200140>
33. Floyd, J., Forney, G., Hostikka, S., Korhonen, T., McDermott, R., McGrattan, K. (2013). *Fire Dynamics Simulator (Version 6) User's Guide*. Vol. 1. National Institute of Standard and Technology.
34. Polstiankin, R. M., Pospelov, B. B. (2015). Stochastic models of hazardous factors and parameters of a fire in the premises. *Problemy pozharnoy bezopasnosti*, 38, 130–135. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Ppb_2015_38_24
35. Heskestad, G., Newman, J. S. (1992). Fire detection using cross-correlations of sensor signals. *Fire Safety Journal*, 18 (4), 355–374. doi: [https://doi.org/10.1016/0379-7112\(92\)90024-7](https://doi.org/10.1016/0379-7112(92)90024-7)

36. Gottuk, D. T., Wright, M. T., Wong, J. T., Pham, H. V., Rose-Pehrsson, S. L., Hart, S. et al. (2002). Prototype Early Warning Fire Detection System: Test Series 4 Results. NRL/MR/6180-02-8602. Naval Research Laboratory. Available at: <https://apps.dtic.mil/sti/pdfs/ADA399480.pdf>
37. Pospelov, B., Andronov, V., Rybka, E., Bezuhla, Y., Liashevska, O., Butenko, T. et al. (2022). Empirical cumulative distribution function of the characteristic sign of the gas environment during fire. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (10 (118)), 60–66. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.263194>
38. Pospelov, B., Rybka, E., Savchenko, A., Dashkovska, O., Harbuz, S., Naden, E. et al. (2022). Peculiarities of amplitude spectra of the third order for the early detection of indoor fires. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (10 (119)), 49–56. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.265781>
39. Pospelov, B., Bezuhla, Y., Yashchenko, O., Khalmuradov, B., Petukhova, O., Gornostal, S. et al. (2022). Revealing the features of the third order phase spectrum of the main dangerous parameters of the gas medium. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (10 (120)), 63–70. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.268437>
40. Passport. Spovishchuvach pozhezhnyi teplovoyi tochkovoyi. Arton. Available at: https://ua.arton.com.ua/files/passports/%D0%A2%D0%9F%D0%A2-4_UA.pdf
41. Passport. Spovishchuvach pozhezhnyi dymovoyi tochkovoyi optychnyi. Arton. Available at: https://ua.arton.com.ua/files/passports/spd-32_new_pas_ua.pdf
42. Optical/Heat Multisensor Detector (2019). Discovery. Available at: <https://www.nsc-hellas.gr/pdf/APOLLO/discovery/B02704-00%20Discovery%20Multisensor%20Heat-%20Optical.pdf>
43. McGrattan, K., Hostikka, S., McDermott, R., Floyd, J., Weinschenk, C., Overholt, K. (2016). Fire Dynamics Simulator Technical Reference Guide. Vol. 3. National Institute of Standards and Technology. Available at: https://www.fse-italia.eu/PDF/ManualiFDS/FDS_Validation_Guide.pdf
44. Saeed, M., Alfatih, S. (2013). Nonlinearity detection in hydraulic machines utilizing bispectral analysis. *TJ Mechanical engineering and machinery*, 13–21. Available at: <http://eprints.utm.my/id/eprint/42178/>
45. Yang, K., Zhang, R., Chen, S., Zhang, F., Yang, J., Zhang, X. (2015). Series Arc Fault Detection Algorithm Based on Autoregressive Bispectrum Analysis. *Algorithms*, 8 (4), 929–950. doi: <https://doi.org/10.3390/a8040929>
46. Yang, B., Wang, M., Zan, T., Gao, X., Gao, P. (2021). Application of Bispectrum Diagonal Slice Feature Analysis in Tool Wear States Monitoring. *Research Square*. doi: <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-775113/v1>
47. Chua, K. C., Chandran, V., Acharya, U. R., Lim, C. M. (2010). Application of higher order statistics/spectra in biomedical signals – A review. *Medical Engineering & Physics*, 32 (7), 679–689. doi: <https://doi.org/10.1016/j.medengphy.2010.04.009>
48. Chua, K. C., Chandran, V., Acharya, U. R., Lim, C. M. (2008). Cardiac state diagnosis using higher order spectra of heart rate variability. *Journal of Medical Engineering & Technology*, 32 (2), 145–155. doi: <https://doi.org/10.1080/03091900601050862>
49. Cui, L., Xu, H., Ge, J., Cao, M., Xu, Y., Xu, W., Sumarac, D. (2021). Use of Bispectrum Analysis to Inspect the Non-Linear Dynamic Characteristics of Beam-Type Structures Containing a Breathing Crack. *Sensors*, 21 (4), 1177. doi: <https://doi.org/10.3390/s21041177>
50. Martín-Montero, A., Gutiérrez-Tobal, G. C., Kheirandish-Gozal, L., Jiménez-García, J., Álvarez, D., del Campo, F. et al. (2020). Heart rate variability spectrum characteristics in children with sleep apnea. *Pediatric Research*, 89 (7), 1771–1779. doi: <https://doi.org/10.1038/s41390-020-01138-2>
51. Max, J. (1981). *Principes généraux et méthodes classiques*. Vol. 1. Paris, 311.
52. Mohankumar, K. (2015). Implementation of an underwater target classifier using higher order spectral features. *Cochin*.
53. Nikias, C. L., Raghuveer, M. R. (1987). Bispectrum estimation: A digital signal processing framework. *Proceedings of the IEEE*, 75 (7), 869–891. doi: <https://doi.org/10.1109/proc.1987.13824>

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.273930

ІНТЕГРОВАНІЙ МЕТОД ПЛАНУВАННЯ УПРАВЛІННЯ ВІДХОДАМИ НА ОСНОВІ АНАЛІЗУ МАТЕРІАЛЬНОГО ПОТОКУ ТА ОЦІНКИ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ (с. 6–18)**В. І. Бендюг, Л. М. Маркіна, Н. Ю. Мацай, І. В. Кирпичова, С. В. Бойченко, С. Л. Прядко, І. О. Шкільнюк, Б. М. Комариста, І. А. Єрмакович, О. В. Власенко**

Висвітлено рішення проблеми вдосконалення системи поводження з твердими побутовими відходами за допомогою інтеграції двох системних методологій: аналізу матеріальних потоків та оцінки життєвого циклу. Запропонований метод слугує для оцінки ефективності від впровадження різних заходів щодо поводження з відходами.

Дослідження виконано з деталізацією процесу анаеробного зброджування, оскільки саме ця технологія переробки відіграє ключову роль у зменшенні кількості відходів разом із виробництвом відновлюваної енергії та у зменшенні несприятливого впливу на зовнішнє середовище.

Проведено моделювання зміни властивостей відходів у певній послідовності обробки, щоб отримати надійну інформація для подальшої оптимізації системи. Запропоноване моделювання процесів обробки відходів на основі їх складових рівнянь дозволило адекватно відобразити вплив зміни робочих умов на всі наступні вихідні потоки.

Представлено аналіз матеріальних потоків для підприємства механіко-біологічної обробки відходів та проілюстровано використання моделі в контексті процесу анаеробного зброджування побутових відходів. Встановлено, що анаеробне зброджування потенційно дає змогу отримати 4,1 Гдж енергії біогазу з 1 ТПВ, що відповідає 460 кВт-год електроенергії та 2060 МДж тепла.

Розроблений метод ґрунтується на поєднанні аналізу потоків матеріалів та оцінки життєвого циклу. Метод виступає інструментом для порівняння альтернативних технологій та сценаріїв управління відходами. В подальшому він може слугувати для підтримки рішень щодо управління відходами як на стратегічному, так і на операційному рівнях.

Ключові слова: побутові відходи, аналіз матеріального потоку, оцінка життєвого циклу, анаеробне зброджування.

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.274174

ОЦІНКА РИЗИКУ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ УРБАНІЗОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ ВІД ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ АВТОТРАНСПОРТОМ (с. 19–26)**О. О. Мислюк, О. М. Хоменко, О. В. Єгорова, Л. І. Жицька**

Об'єктом дослідження є обласний центр з розвинутою промисловістю і значним транспортним навантаженням. У дослідженні дана оцінка впливу викидів автомобілів на здоров'я населення. Показано, що в середньому по місту викиди від автотранспорту становлять 0,341 мг/м·с і варіюють від 0,038 до 1,012 мг/м·с. Основними поллютантами є діоксид Нітрогену (від 39,3 до 58,5 % від сумарної емісії, середнє значення – 50,9 %) і оксид Карбону (від 39,5 до 47,7 %, середнє значення – 38,7 %). Спостерігається перевищення гранично допустимих концентрацій (ГДК) за вмістом NO₂ (1,5–4,5 ГДК при середньому значенні 2,7 ГДК), формальдегідом (4,3–4,4 ГДК), вуглеводнями (1,2 ГДК), сажею (1,3 ГДК). Рівень канцерогенної небезпеки для дорослих ($R=1,9 \cdot 10^{-4}$) і дітей ($R=3,8 \cdot 10^{-5}$ – $9,8 \cdot 10^{-5}$) оцінюється як середній. Найбільший внесок має сажа (61,0 %) і формальдегід (38,9 %). За не канцерогенним ризиком є значна небезпека зростання захворюваності населення ($HI=9,9$ – $14,0$ при середньому значення 11,1). Пріоритетні поллютанти – формальдегід (37 %), NO₂ (23 %), вуглеводні (17 %). Найбільш уразливими є органи дихання ($HI=8,7$) і імунна система ($HI=4,3$). Значна небезпека для здоров'я зумовлена низькою якістю палива, техніко-експлуатаційними характеристиками автомобілів, несприятливими природними умовами для розсіювання домішок. Методом інтерполяції і екстраполяції результатів натурних спостережень дана оцінка впливу газоподібних і пилових компонентів від автотранспорту на людину. Проведене дослідження дозволяє оцінити комбінований вплив поллютантів на ризики захворювання і передчасної смерті населення, провести ідентифікацію небезпеки і зонування території за рівнем небезпеки. Отримані результати можуть бути важливими для прийняття ефективних управлінських рішень в галузі охорони довкілля і здоров'я населення.

Ключові слова: атмосферне повітря, автомобільний транспорт, емісія поллютантів, ризик для здоров'я населення.

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.273790

ВПРОВАДЖЕННЯ ТОРФОВО-ГРУНТОВОГО АДСОРБЕНТУ ТА ВАРІАНТУ ФІЛЬТРУ ДЛЯ ЗМЕНШЕННЯ ВИКИДІВ ВІД АВТОМОБІЛЯ (с. 27–36)**Abdul Ghofur, Syamsuri, Aqli Mursadin, Agung Nugroho, Agung Cahyo Legowo**

Використання вичопного палива в транспортному обладнанні, особливо в моторизованих транспортних засобах, матиме надзвичайний вплив на забруднення повітря. Тому забруднення повітря сьогодні стає дуже актуальною проблемою. Відсоток забруднення повітря від транспортних джерел в Індонезії становить 70,5 % CO, 18,34 % HC, 8,89 % NO_x, 0,88 % SO_x і 1,33 % твердих часток. Враховуючи небезпеку викидів вихлопних газів, особливо окису вуглецю, який може спричинити смерть людей, які вдихають його, тому необхідні зусилля для контролю над забрудненням повітря від моторизованих транспортних засобів. Існує кілька методів, одним з яких є використання адсорбентів. Як адсорбент можна використовувати активоване вугілля. Однією з альтернатив, яку можна засто-

совувати як адсорбент, є активоване вугілля з торф'яного ґрунту, яке є у великій кількості та його легко зробити як адсорбент. Завдяки використанню великої кількості торф'яного ґрунту, який є великим потенційним районом Банджармасіна, Південний Калімантан.

У цьому експериментальному дослідженні модель 1 має діаметр 20 мм, модель 2 має зовнішній діаметр 20 мм і внутрішній діаметр 10 мм, а модель 3 без адсорбенту. Довжина цієї моделі однакова. Випробування на автомобілі Honda Kharisma 2005 року випуску з частотою обертання двигуна 1000, 2000 і 3000 об/хв. Були проведені випробування викидів СО та НС за допомогою газоаналізатора. Тестування також було проведено за допомогою динамометричного тесту для визначення продуктивності двигуна мотоцикла, на якому встановлено адсорбент на вихлопних газах. Результати показали, що адсорбенти торф'яного ґрунту з перфорованим кругом можуть зменшити викиди CO_2 на 55 % порівняно з іншими. Крім того, використання адсорбентів торф'яного ґрунту з конструкцією порожнистого кола також може зменшити викиди вуглеводнів на 3,51 %. Результати випробування продуктивності двигуна показали відсутність істотного впливу використання цього адсорбенту на крутний момент і потужність.

Підсумовуючи, можна застосувати торф'яні ґрунтові адсорбенти, які використовуються для зменшення викидів вихлопних газів у моторизованих транспортних засобах.

Ключові слова: торфогрунтовий адсорбент, варіант фільтра, СО, УВ, газоаналізатор.

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.273364

ВСТАНОВЛЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ФОРМУВАННЯ ПОЛІМЕРНОЇ ОБОЛОНКИ ПОРОШКОВОЮ ФАРБЮ НА ПОВЕРХНІ ДЕРЕВИНИ (с. 37–45)

Ю. В. Цапко, Р. В. Ліхнівський, Н. В. Буйських, О. Ю. Горбачова, С. М. Мазурчук, О. В. Ластівка, О. Ю. Цапко, К. І. Соколенко, А. В. Матвійчук

Проблема застосування деревини та деревинних виробів для будівельних конструкцій полягає в забезпеченні їх стійкості і довговічності при експлуатації в широких межах. Тому об'єктом досліджень була зміна властивостей полімерної оболонки порошкової фарби на деревині при термічному модифікуванні. Доведено, що в процесі термічного модифікування деревини змінюється її структура, а відповідно при полімеризації порошкової фарби відбувається дегазація, що впливає на полімерну оболонку. А саме під час термічної полімеризації порошкової фарби при температурі на рівні 180 °С для необробленої деревини для утвореної полімерної оболонки притаманні мілкі пухирці та кратери. Натомість для зразка термічно модифікованої деревини відмічена гладка поверхня. Дані термогравіметричного аналізу демонструють термогравіметричні криві, що характеризуються втратою маси зразка вихідної деревини з підвищенням температури за рахунок процесів дегідратації, деструкції геміцелюлозу та лігніну. Ця дегідратація, що супроводжується деструкцією піранозного циклу, і карбонізація з утворенням вуглецевого залишку і складної суміші летких продуктів. За рахунок цього утворюються пухирці і кратери в полімерній оболонці покриття. На основі одержаних результатів адгезії полімерної оболонки на деревині, що оброблена сумішшю епоксиполіефірної системи з функціональними добавками і температурою полімеризації 180 °С, рівень адгезії становить 2,1 МПа. Зниження температури полімеризації суміші епоксиполіефірної системи з функціональними добавками до 130 °С підвищує адгезію в 1,75 рази, а характер руйнування проходить по полімерній оболонці. Для термічно модифікованої деревини рівень адгезії знаходиться у межах 2,1 МПа, а руйнування проходить по деревині. Це пояснюється підвищеною крихкістю поверхні після термічного модифікування деревини.

Ключові слова: зміна структури деревини, порошкова фарба, термічна полімеризація, піроліз і дегазація деревини.

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.272949

ВИЯВЛЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ СЕРЕДНЬОЇ БІКОГЕРЕНТНОСТІ ЧАСТОТ В СПЕКТРАХ НЕБЕЗПЕЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ГАЗОВОГО СЕРЕДОВИЩА ПРИ ВИНИКНЕННІ ЗАГОРЯНЬ (с. 46–54)

Б. Б. Поспелов, В. А. Андронов, Є. О. Рибка, Л. С. Чубко, Ю. С. Безугла, С. В. Гордійчук, Т. О. Луценко, Н. М. Сурядна, С. В. Гришко, Т. О. Кушова

Об'єктом дослідження є зміна небезпечних параметрів газового середовища при загоряннях матеріалів у приміщеннях. Предметом є особливості середньої бікогерентності частот спектрів зміни небезпечних параметрів газового середовища при загоряннях матеріалів. Важливість таких досліджень заснована на тому, що досліджувані особливості можуть бути використані для раннього виявлення загорянь. Величину середньої бікогерентності пропонується визначати для кожної частоти з урахуванням середнього значення косинуса аргументу комплексного біспектра для заданого частотного інтервалу. Встановлено, що усереднені за частотою в діапазоні 0–2 Гц значення середньої бікогерентності спектра змін температури газової середовища на інтервалі відсутності загоряння матеріалів лежать у межах від –0,052 до –0,35. При цьому усереднені за частотою значення середньої бікогерентності на інтервалі загоряння матеріалів лежать у межах –0,128 до +0,155. Усереднене в частотному діапазоні 0–2 Гц значення середньої бікогерентності спектру змін густини диму на інтервалі відсутності загоряння матеріалів лежить у межах від –0,018 до +0,568. За наявності загорянь ця величина знаходиться в інтервалі від –0,244 до +0,23. При цьому усереднене в діапазоні від 0 до 2 Гц значення середньої бікогерентності спектру змін концентрації чадного газу газового середовища для тестових матеріалів лежить в межах від +0,016 до +0,109. У разі загоряння матеріалів, усереднені значення лежать у межах від +0,0007 до +0,053, за винятком займання деревини (+0,117). В цілому виявлені особливості середньої бікогерентності частотних складових спектрів зміни небезпечних параметрів газового середовища свідчать про можливість їх використання для ідентифікації загорянь та попередження пожеж.

Ключові слова: середня бікогерентність, комплексний біспектр, зміна небезпечних параметрів, газове середовище, загоряння матеріалу.