

ABSTRACT AND REFERENCES

ECOLOGY

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.323371

IMPROVEMENT OF TECHNOLOGY OF BIOLOGICAL PURIFICATION OF WASTE FROM SHEEP FARMS (p. 6–13)**Almas Baimukhanbetov**S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University,
Astana, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2718-8421>**Balzhan Bakhtiyar**S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University,
Astana, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3525-4329>**Amanzhol Tokmoldayev**ALT University, Almaty, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0064-6170>**Ruslan Kassym**ALT University, Almaty, Republic of Kazakhstan
University of Jaén, Jaén, Spain
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8024-5224>**Gulzhamal Tursunbayeva**S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University,
Astana, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2044-8027>**Maxim Korobkov**Gumarbek Daukeyev Almaty University of Power Engineering
and Telecommunications, Almaty, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9440-8706>**Turarbek Sharipov**S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University,
Astana, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7114-9230>**Gulzagira Manapova**S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University,
Astana, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2778-2546>**Almagul Mergalimova**S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University,
Astana, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5990-8182>**Dias Saparov**ALT University, Almaty, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-4346-1530>

The research focuses on developing and improving biological treatment technologies for agricultural waste to address environmental challenges and enhance sustainability. The object of the study includes various types of agricultural waste, such as crop residues, livestock manure, and processing by-products, which often contribute to pollution and inefficient resource utilization when poorly managed. The primary problem addressed is the need for effective and eco-friendly solutions to mitigate the environmental impact of agricultural waste while maximizing its potential as a resource. Advanced algorithms for optimizing the efficiency and forecasting of energy production have been developed, which have made it possible to achieve a prediction accuracy of 85 %. The combined system has demonstrated a 30 % increase in energy stability compared to using a single renewable source. Adaptive control mechanisms and efficient energy storage management have reduced energy losses in adverse

weather conditions by 20 %. These results confirmed the hybrid system's ability to provide stable electricity, reduce dependence on fossil fuels by up to 40 %, and reduce CO₂ emissions by about 25 %.

The study explained these results by demonstrating the synergistic effects of microbial consortia and tailored treatment conditions on waste breakdown and nutrient transformation. Key features of the results include their scalability, cost-effectiveness, and adaptability to different types of agricultural waste. These characteristics allowed the technology to address the problem of inefficient waste management comprehensively.

Keywords: biological treatment, agricultural waste, microorganisms, biofertilizers, biogas, organic farming, waste management, sustainable agriculture.

References

1. Sathiyapriya, S., Prabhakaran, J., Sheeba, S., Anandham, R., Ilamaram, M. (2024). Nutrient recycling through composting: Harnessing agricultural wastes for sustainable crop production. *Plant Science Today*, 11 (sp4). <https://doi.org/10.14719/pst.5627>
2. Zhong, C., Wang, C., Wang, F., Jia, H., Wei, P., Zhao, Y. (2016). Enhanced biogas production from wheat straw with the application of synergistic microbial consortium pretreatment. *RSC Advances*, 6 (65), 60187–60195. <https://doi.org/10.1039/c5ra27393e>
3. Nasir, I. M., Mohd Ghazi, T. I., Omar, R. (2012). Anaerobic digestion technology in livestock manure treatment for biogas production: A review. *Engineering in Life Sciences*, 12 (3), 258–269. <https://doi.org/10.1002/elsc.201100150>
4. Ahmad, S., Pathak, V. V., Kothari, R., Singh, R. P. (2017). Prospects for pretreatment methods of lignocellulosic waste biomass for biogas enhancement: opportunities and challenges. *Biofuels*, 9 (5), 575–594. <https://doi.org/10.1080/17597269.2017.1378991>
5. Bhat, M. A., Adil, A. W., Sikander, B. M., Lone, Y., Malik, J. Ahmad. (2022). *Waste Management Technology for Sustainable Agriculture. Research Anthology on Strategies for Achieving Agricultural Sustainability*, 379–398. <https://doi.org/10.4018/978-1-6684-5352-0.ch021>
6. Ahmed, S. F., Mofijur, M., Tarannum, K., Chowdhury, A. T., Rafa, N., Nuzhat, S. et al. (2021). Biogas upgrading, economy and utilization: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 19 (6), 4137–4164. <https://doi.org/10.1007/s10311-021-01292-x>
7. Kougias, P. G., Angelidaki, I. (2018). Biogas and its opportunities – A review. *Frontiers of Environmental Science & Engineering*, 12 (3). <https://doi.org/10.1007/s11783-018-1037-8>
8. Ajah, C. P., Nwaojei, K. (2024). Optimizing the microbial community composition in anaerobic digesters to improve biogas yields from food waste. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 23 (2), 2133–2155. <https://doi.org/10.30574/wjarr.2024.23.2.2270>
9. Hagos, K., Zong, J., Li, D., Liu, C., Lu, X. (2017). Anaerobic co-digestion process for biogas production: Progress, challenges and perspectives. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 76, 1485–1496. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.11.184>
10. Vutai, V., Ma, C., Lu, M. (2016). The Role of Anaerobic Digestion in Wastewater Management. *EM Magazine*. Available at: https://www.researchgate.net/publication/309062022_The_Role_of_Anaerobic_Digestion_in_Wastewater_Management
11. Almomani, F., Bhosale, R. R. (2020). Enhancing the production of biogas through anaerobic co-digestion of agricultural waste and chemical pre-treatments. *Chemosphere*, 255, 126805. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.126805>
12. Rahmati, F., Sethi, D., Shu, W., Asgari Lajayer, B., Mosafari, M., Thomson, A., Price, G. W. (2024). Advances in microbial exoen-

- zymes bioengineering for improvement of bioplastics degradation. *Chemosphere*, 355, 141749. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2024.141749>
13. Bharathiraja, S., Suriya, J., Krishnan, M., Manivasagan, P., Kim, S.-K. (2017). Production of Enzymes From Agricultural Wastes and Their Potential Industrial Applications. *Marine Enzymes Biotechnology: Production and Industrial Applications, Part III - Application of Marine Enzymes*, 125–148. <https://doi.org/10.1016/bs.afnr.2016.11.003>
 14. Awasthi, M. K., Sindhu, R., Sirohi, R., Kumar, V., Ahluwalia, V., Binod, P. et al. (2022). Agricultural waste biorefinery development towards circular bioeconomy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 158, 112122. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112122>
 15. Basak, B., Kumar, R., Bharadwaj, A. V. S. L. S., Kim, T. H., Kim, J. R., Jang, M. et al. (2023). Advances in physicochemical pretreatment strategies for lignocellulose biomass and their effectiveness in bioconversion for biofuel production. *Bioresource Technology*, 369, 128413. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2022.128413>
 16. Sultan, A., Yermoldina, G., Kassym, R., Serikov, T., Bekbosynov, S., Yernazarov, N. et al. (2024). Research and construction of an adaptive drive with increased efficiency based on a balancing friction clutch. *Vibroengineering Procedia*, 54, 334–340. <https://doi.org/10.21595/vp.2024.23971>
 17. Kassym, R., Bakhtiyar, B., Tokmoldayev, A., Tursunbayeva, G., Korobkov, M., Issakhanov, M. et al. (2024). Development of an experimental energy complex based on a boiler plant with an automated burner for its energy use. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (8 (132)), 56–65. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.314334>
 18. Nurmaganbetova, G., Issenov, S., Kaverin, V., Em, G., Asainov, G., Nurmaganbetova, Z., Bulatbayeva, Y., Kassym, R. (2024). Indirect temperature protection of an asynchronous generator by stator winding resistance measurement with superimposition of high-frequency pulse signals. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (8 (128)), 46–53. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.302872>
 19. Bimurzaev, S., Aldiyarov, N., Yerzhigitov, Y., Tlenshiyeva, A., Kassym, R. (2023). Improving the resolution and sensitivity of an orthogonal time-of-flight mass spectrometer with orthogonal ion injection. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (5 (126)), 43–54. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.290649>
 20. Utegenova, A., Bapyshev, A., Suimenbayeva, Z., Aden, A., Kassym, R., Tansaule, S. (2023). Development system for coordination of activities of experts in the formation of machineschetable standards in the field of military and space activities based on ontological engineering: a case study. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (2 (125)), 67–77. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.288542>
 21. Baibolov, A., Sydykov, S., Alibek, N., Tokmoldayev, A., Turdybek, B., Jurado, F., Kassym, R. (2022). Map of zoning of the territory of Kazakhstan by the average temperature of the heating period in order to select a heat pump system of heat supply: A case study. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 44 (3), 7303–7315. <https://doi.org/10.1080/15567036.2022.2108168>
 22. Omarov, R., Keshuov, S., Omar, D., Baibolov, A., Tokmoldayev, A., Kunelbayev, M. (2017). Calculation of heat output of the combined system with a solar collectors and heat pump. *ARP Journal of Engineering and Applied Sciences*, 12 (6), 1590–1598.
 23. Zhanbirov, G., Litvin, V., Taran, I., Izteleuova, M., Aliakbarkyzy, D. (2023). Substantiation of a reasonable number of forklifts for a warehouse complex with frontal racks in an anylogic environment. *Transport Problems*, 18 (2), 147–160. <https://doi.org/10.20858/tp.2023.18.2.13>
 24. Taran, I., Alik, A., Korobiova, R., Grevtsov, S., Izteleuova, M. (2024). Assessment of the efficiency of methods for transporting perishable foods in the conditions of Kazakhstan. *Transport Problems*, 19 (4), 83–93. <https://doi.org/10.20858/tp.2024.19.4.07>
 25. Alikhanov, D., Shynybaj, Z., Daskalov, P., Tshonev, R. (2013). Express method and dEvice for definition of potato tubers parameters. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 19 (4), 866–874. Available at: <https://www.agrojournal.org/19/04-39.pdf>
 26. Oro, C. E. D., Saorin Puton, B. M., Venquiaruto, L. D., Dallago, R. M., Tres, M. V. (2024). Effective Microbial Strategies to Remediate Contaminated Agricultural Soils and Conserve Functions. *Agronomy*, 14 (11), 2637. <https://doi.org/10.3390/agronomy14112637>
 27. Sobhi, M., Guo, J., Gaballah, M. S., Li, B., Zheng, J., Cui, X. et al. (2022). Selecting the optimal nutrients recovery application for a biogas slurry based on its characteristics and the local environmental conditions: A critical review. *Science of The Total Environment*, 814, 152700. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.152700>

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.327556

OPTIMIZATION SOLVENT SUBLATION OF DYES (p. 14–24)

Tetiana Obushenko

National Technical University of Ukraine

“Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0731-0370>**Olga Sanginova**

National Technical University of Ukraine

“Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6378-7718>**Nataliia Tolstopalova**

National Technical University of Ukraine

“Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7240-5344>**Serhii Bondarenko**

National Technical University of Ukraine

“Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2305-6691>**Daria Zahurska**

National Technical University of Ukraine

“Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-8750-2189>

The object of this study is the process of treatment of wastewater contaminated with dyes by solvent sublation. Synthetic dyes are toxic, carcinogenic, and mutagenic, they cause serious problems with human health and are not subject to biological decomposition.

Thus, there is an urgent need to devise cost-effective and environmentally safe approaches to the treatment of wastewater containing dyes before their discharge into the environment.

A solvent sublation technology is proposed, which combines the advantages of ionic flotation and liquid extraction.

The influence of process parameters on the efficiency of solvent sublation treatment of wastewater containing synthetic dyes has been investigated to ensure maximum efficiency (minimum values of residual pollutant concentrations).

The dependences of purification efficiency for four dyes on the selected parameters such as pH, initial pollutant concentration, gas consumption and surfactant:dye ratio have been experimentally obtained.

Based on the research, a mathematical apparatus of the STAR system was used to construct a 2nd-order mathematical regression model. The approximation error is 0.834; therefore, the proposed model describes the experimental data with a reasonable degree of accuracy.

The stated optimization problem was solved by using the “OPTIMIZ-M” program; the optimal process conditions were determined, under which the maximum removal of dyes (97.20 %) is achieved:

- pH: 6;
- initial pollutant concentration: 20 mg/dm³;
- surfactant:dye ratio: 1.5:1;
- gas flow rate: 140 cm³/min.

Optimizing solvent sublation treatment provides high quality wastewater treatment at minimal costs, reducing dye emissions into the environment, which could potentially increase the competitiveness of enterprises in the market.

Keywords: solvent sublation, wastewater treatment, correlation analysis, mathematical model of the solvent sublation process.

References

- Kumari, S., Singh, R., Jahangeer, J., Garg, M. C. (2024). Innovative Strategies for Dye Removal from Textile Wastewater: A Comprehensive Review of Treatment Approaches and Challenges. *Water, Air, & Soil Pollution*, 235 (11). <https://doi.org/10.1007/s11270-024-07532-4>
- Ahsan, A., Jamil, F., Rashad, M. A., Hussain, M., Inayat, A., Akhter, P. et al. (2023). Wastewater from the textile industry: Review of the technologies for wastewater treatment and reuse. *Korean Journal of Chemical Engineering*, 40 (9), 2060–2081. <https://doi.org/10.1007/s11814-023-1475-2>
- Yadav, S., Pipil, H., Chawla, H., Taneja, S., Kumar, S., Haritash, A. K. (2022). Textile Industry Wastewater Treatment Using Eco-Friendly Techniques. *Proceedings of International Conference on Innovative Technologies for Clean and Sustainable Development (ICITCSD – 2021)*, 63–74. https://doi.org/10.1007/978-3-030-93936-6_6
- Periyasamy, A. P. (2024). Recent Advances in the Remediation of Textile-Dye-Containing Wastewater: Prioritizing Human Health and Sustainable Wastewater Treatment. *Sustainability*, 16 (2), 495. <https://doi.org/10.3390/su16020495>
- Hynes, N. R. J., Kumar, J. S., Kamyab, H., Sujana, J. A. J., Al-Khashman, O. A., Kuslu, Y. et al. (2020). Modern enabling techniques and adsorbents based dye removal with sustainability concerns in textile industrial sector -A comprehensive review. *Journal of Cleaner Production*, 272, 122636. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122636>
- Shindhal, T., Rakholiya, P., Varjani, S., Pandey, A., Ngo, H. H., Guo, W. et al. (2020). A critical review on advances in the practices and perspectives for the treatment of dye industry wastewater. *Bioengineered*, 12 (1), 70–87. <https://doi.org/10.1080/21655979.2020.1863034>
- Ndagano, U. N., Cahill, L., Smullen, C., Gaughran, J., Kelleher, S. M. (2025). The Current State-of-the-Art of the Processes Involved in the Chemical Recycling of Textile Waste. *Molecules*, 30 (2), 299. <https://doi.org/10.3390/molecules30020299>
- Alsukaibi, A. K. D. (2022). Various Approaches for the Detoxification of Toxic Dyes in Wastewater. *Processes*, 10 (10), 1968. <https://doi.org/10.3390/pr10101968>
- Kumar, V., Anwar, S., Prabhu, S. V. (2024). A Discussion On Physiochemical And Biomediated Removal Approaches Of Dyes From Textile Effluents: A Review. *IJCRT*, 12 (2), 62–75. Available at: <https://www.researchgate.net/publication/378481295>
- Gupta, K. N., Kumar, R., Thakur, A. K., Khan, N. A. (2023). Treatment of Dyeing Wastewater Using Foam Separation: Optimization Studies. *Water*, 15 (12), 2236. <https://doi.org/10.3390/w15122236>
- Fei, X., Li, W., Zhu, S., Liu, L., Yang, Y. (2017). Simultaneous treatment of dye wastewater and surfactant wastewater by foam separation: Experimental and mesoscopic simulation study. *Separation Science and Technology*, 53 (10), 1604–1610. <https://doi.org/10.1080/01496395.2017.1406951>
- Bi, P., Dong, H., Dong, J. (2010). The recent progress of solvent sublation. *Journal of Chromatography A*, 1217 (16), 2716–2725. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2009.11.020>
- Lu, Y., Wang, Y., Zhu, X. (2001). The removal of bromophenol blue from water by solvent sublation. *Separation Science and Technology*, 36 (16), 3763–3776. <https://doi.org/10.1081/ss-100108361>
- Lu, Y., Zhu, X., Peng, Y. (2003). The Removal of Methyl Violet from Water by Solvent Sublation. *Separation Science and Technology*, 38 (6), 1385–1398. <https://doi.org/10.1081/ss-120018815>
- Lu, Y., Liu, J., Tang, J., Wei, B., Liu, J. (2005). The Removal of Indigo Carmine from Water by Solvent Sublation. *Separation Science and Technology*, 40 (5), 1115–1127. <https://doi.org/10.1081/ss-200048175>
- Lu, Y., Wei, B., Wang, Y., Li, J. (2007). Studies on the Removal of Bromocresol Green from Water by Solvent Sublation. *Separation Science and Technology*, 42 (8), 1901–1911. <https://doi.org/10.1080/01496390601174398>
- Li, N., Zhang, Y., Gao, M., Yan, C., Wei, Y. (2024). Progress in the technology of solvent flotation. *Journal of Chromatography B*, 1249, 124370. <https://doi.org/10.1016/j.jchromb.2024.124370>
- Obushenko, T., Tolstopalova, N., Kulesha, O., Astrelin, I. (2016). Thermodynamic Studies of Bromphenol Blue Removal from Water Using Solvent Sublation. *Chemistry & Chemical Technology*, 10 (4), 515–518. <https://doi.org/10.23939/chcht10.04.515>
- Obushenko, T., Sanginova, O., Tolstopalova, N., Chyrieva, M. (2022). Modeling of solvent sublation process and identification of parameters affecting the removal of Ni(II), Cu(II) and Fe(III) ions. *Voprosy Khimii i Khimicheskoi Tekhnologii*, 4, 49–55. <https://doi.org/10.32434/0321-4095-2022-143-4-49-55>
- Metody prykladnoi matematyky dlia vyryshennia inzhenernykh zadach khimichnoi tekhnolohiyi. *Rozrakhunkova robota* (2023). Kyiv: KPI im. Ihoria Sikorskoho, 115. Available at: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/57131>
- Osnovy teorii planuvannia eksperymentu: Rozdil dystsypliny «Metodyka ta orhanizatsiya naukovykh doslidzhen». Kyiv: KPI im. Ihoria Sikorskoho, 41. Available at: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/62842>
- Obushenko, T., Sanginova, O., Tolstopalova, N., Reminna, K. (2019). Simulation of solvent sublation process to forecast the amount of removed dyes. *Water and Water Purification Technologies. Scientific And Technical News*, 1 (24), 25–33. <https://doi.org/10.20535/2218-93002412019172906>
- Sanhinova, O. V., Bondarenko, S. H. (2021). Avtorske pravo No. 105383. *Kompiuterna prohrama «OPTIMIZ-M»*. Available at: <https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/1618634>
- Shaheen, R., Hanif, M. A. (2024). High speed removal of toxic acid red dye using photocatalytic-hybrid composite material. *Desalination and Water Treatment*, 317, 100153. <https://doi.org/10.1016/j.dwt.2024.100153>
- Alkoshab, M. Q., Al-Amrani, W. A., Drmosh, Q. A., Onaizi, S. A. (2024). Zeolitic imidazolate framework-8/layered triple hydr(oxide) composite for boosting the adsorptive removal of acid red 1 dye from wastewater. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 699, 134637. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2024.134637>
- Oladoye, P. O., Ajiboye, T. O., Omotola, E. O., Oyewola, O. J. (2022). Methylene blue dye: Toxicity and potential elimination technology from wastewater. *Results in Engineering*, 16, 100678. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2022.100678>
- Raashid, M., Kazmi, M., Ikhlaiq, A., Sulaiman, M., Akram, A., Afaf, A., Shafaqat, S. et al. (2024). Removal of acid red dye 1 from textile wastewater by heterogenous photocatalytic ozonation employing titanium dioxide and iron zeolite. *Discover Chemical Engineering*, 4 (1). <https://doi.org/10.1007/s43938-024-00059-4>

28. Yaqub, A., Zahid, M., Un Nisa, M., Iqbal, T., Hussain Shah, K., Samad Shah, N., Draz, M. U. (2024). Sustainable removal of methylene blue dye from textile effluents by magnetized Tea waste and Peanut shells. *Chemical Engineering Science*, 299, 120498. <https://doi.org/10.1016/j.ces.2024.120498>

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.326375

**DETERMINATION OF THE DESIGN FEATURES OF
ROADSIDE AIR PROTECTION BARRIERS OF URBAN
MOTORWAYS USING VISUAL DIAGNOSTICS AND
COMPUTATIONAL MODELLING (p. 25–34)**

Kateryna Vasiutynska

Odesa Polytechnic National University, Odesa, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9800-1033>

Vasyl Arsirii

Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture,
Odesa, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3617-8487>

Sergiy Smyk

Odesa Polytechnic National University, Odesa, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7020-1826>

Olena Makovetska

Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture,
Odesa, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-5537-5408>

This study considers the aerodynamic characteristics of airflows on highways with protective roadside barriers. The task to optimize roadside barriers was addressed by analyzing airflow aerodynamic patterns using physical modeling and computational simulation. A flow structure visual diagnostics method (FSVD) was employed to analyze the kinematic features of airflow formation in the roadside barrier zone. It was established that the use of discrete-type barriers leads to the formation of stable air structures that enhance active flow mixing and dilution through external air entrainment. Each discrete element consists of a diffuser shield, expanding at an angle of 4° to the roadway axis, with a length equal to three lane widths. Additional elements in the form of parallel screens (confusers) are positioned between shields at an angle of 60° to the roadway axis. The combined approach, integrating FSVD and computational simulation in SOLIDWORKS Flow Simulation, provided a detailed representation of airflow behavior. It was determined that confusers between discrete shields generate an ejection effect, promoting external air entrainment and dilution within the roadway zone. This ensures unidirectional clean airflow and prevents exhaust gases from entering near-ground layers of residential areas. The applied computational model demonstrated the consistency and unidirectionality of dilution processes through ejection and dispersion via vertical flows. This enables better air circulation compared to conventional analogs, prevents stagnant zones, and reduces the impact of crosswinds and adverse atmospheric stability conditions. The devised structural solutions could be applied to design and optimize roadside barriers, particularly in residential areas.

Keywords: vehicle emissions, protective roadside barriers, visual diagnostics method, computational simulation.

References

- Bonnici, D. (2022). It's 2024, how many cars are there in the world? Which Car. Available at: <https://www.whichcar.com.au/news/how-many-cars-are-there-in-the-world>
- Karner, A. A., Eisinger, D. S., Niemeier, D. A. (2010). Near-Roadway Air Quality: Synthesizing the Findings from Real-World Data. *Environmental Science & Technology*, 44 (14), 5334–5344. <https://doi.org/10.1021/es100008x>
- Han, B., Zhao, R., Zhang, N., Xu, J., Zhang, L., Yang, W. et al. (2021). Acute cardiovascular effects of traffic-related air pollution (TRAP) exposure in healthy adults: A randomized, blinded, crossover intervention study. *Environmental Pollution*, 288, 117583. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.117583>
- Tu, Y., Xu, C., Wang, W., Wang, Y., Jin, K. (2021). Investigating the impacts of driving restriction on NO₂ concentration by integrating city-wide scale cellular data and traffic simulation. *Atmospheric Environment*, 265, 118721. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2021.118721>
- Piracha, A., Chaudhary, M. T. (2022). Urban Air Pollution, Urban Heat Island and Human Health: A Review of the Literature. *Sustainability*, 14 (15), 9234. <https://doi.org/10.3390/su14159234>
- Vasiutynska, K., Barbashev, S. (2021). Impact assessment of the urbanization factors on the atmosphere pollution in the Ukraine regions. *Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University*, 4 (129), 83–89. <https://doi.org/10.30929/1995-0519.2021.4.83-89>
- Yehorova, O., Zhytska, L., Bakharev, V., Mislyuk, O., Khomenko, E. (2024). Assessing the deposition of heavy metals in edaphotopes and synanthropy vegetation under the conditions of technological pollution of the city. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (10 (127)), 15–26. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.297718>
- Xu, T., Barman, S., Levin, M. W., Chen, R., Li, T. (2022). Integrating public transit signal priority into max-pressure signal control: Methodology and simulation study on a downtown network. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 138, 103614. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2022.103614>
- Tu, Y., Wang, W., Li, Y., Xu, C., Xu, T., Li, X. (2019). Longitudinal safety impacts of cooperative adaptive cruise control vehicle's degradation. *Journal of Safety Research*, 69, 177–192. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2019.03.002>
- Abhijith, K. V., Kumar, P., Gallagher, J., McNabola, A., Baldauf, R., Pilla, F. et al. (2017). Air pollution abatement performances of green infrastructure in open road and built-up street canyon environments – A review. *Atmospheric Environment*, 162, 71–86. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2017.05.014>
- Hagler, G. S. W., Lin, M.-Y., Khlystov, A., Baldauf, R. W., Isakov, V., Faircloth, J., Jackson, L. E. (2012). Field investigation of roadside vegetative and structural barrier impact on near-road ultrafine particle concentrations under a variety of wind conditions. *Science of The Total Environment*, 419, 7–15. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2011.12.002>
- Leelőssy, Á., Molnár, F., Izsák, F., Havasi, Á., Lagzi, I., Mészáros, R. (2014). Dispersion modeling of air pollutants in the atmosphere: a review. *Open Geosciences*, 6 (3). <https://doi.org/10.2478/s13533-012-0188-6>
- Enayati Ahangar, F., Heist, D., Perry, S., Venkatram, A. (2017). Reduction of air pollution levels downwind of a road with an upwind noise barrier. *Atmospheric Environment*, 155, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2017.02.001>
- Liang, M., Chao, Y., Tu, Y., Xu, T. (2023). Vehicle Pollutant Dispersion in the Urban Atmospheric Environment: A Review of Mechanism, Modeling, and Application. *Atmosphere*, 14 (2), 279. <https://doi.org/10.3390/atmos14020279>
- Forehead, H., Huynh, N. (2018). Review of modelling air pollution from traffic at street-level - The state of the science. *Environmental Pollution*, 241, 775–786. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.06.019>
- Hagler, G. S. W., Tang, W., Freeman, M. J., Heist, D. K., Perry, S. G., Vette, A. F. (2011). Model evaluation of roadside barrier impact on near-road air pollution. *Atmospheric Environment*, 45 (15), 2522–2530. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2011.02.030>

17. Huertas, J. I., Aguirre, J. E., Lopez Mejia, O. D., Lopez, C. H. (2021). Design of Road-Side Barriers to Mitigate Air Pollution near Roads. *Applied Sciences*, 11 (5), 2391. <https://doi.org/10.3390/app11052391>
18. Amini, S., Ahangar, F. E., Schulte, N., Venkatram, A. (2016). Using models to interpret the impact of roadside barriers on near-road air quality. *Atmospheric Environment*, 138, 55–64. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2016.05.001>
19. Francisco, D. M., Heist, D. K., Venkatram, A., Brouwer, L. H., Perry, S. G. (2022). Observations and parameterization of the effects of barrier height and source-to-barrier distance on concentrations downwind of a roadway. *Atmospheric Pollution Research*, 13 (4), 101385. <https://doi.org/10.1016/j.apr.2022.101385>
20. Hashad, K., Steffens, J. T., Baldauf, R. W., Heist, D. K., Deshmukh, P., Zhang, K. M. (2024). Resolving the effect of roadside vegetation barriers as a near-road air pollution mitigation strategy. *Environmental Science: Advances*, 3 (3), 411–421. <https://doi.org/10.1039/d3va00220a>
21. Biliaiev, M., Pshinko, O., Rusakova, T., Biliaieva, V., Śladkowski, A. (2021). Computing model for simulation of the pollution dispersion near the road with solid barriers. *Transport Problems*, 16 (2), 73–86. <https://doi.org/10.21307/tp-2021-024>
22. Biliaiev, M. M., Berlov, O. V., Biliaieva, V. V., Kozachyna, V. A., Yakubovska, Z. M. (2023). Investigation of the effectiveness for protective screens of various forms on air pollution reduction. *Ukrainian Journal of Civil Engineering and Architecture*, 4 (016), 27–33. <https://doi.org/10.30838/j.bpsacea.2312.290823.27.967>
23. Maisotsenko, V. S., Arsiri, V. A. (1998). Pat. No. US005838587A. Method of restricted space formation for working media motion. Available at: <https://patentimages.storage.googleapis.com/aa/b0/ab/183c93d862432c/US5838587.pdf>
24. Arsiri, V. A., Kroshka, A. V., Ryabokon', P. M., Kravchenko, O. V. (2022). Vizualizaciya struktury potokov dlya issledovaniya gidrodinamicheskikh parametrov zhidkostey i gazov. *International journal Sustainable development*, 2, 66–73.
25. Arsiri, V., Kravchenko, O. (2018). Reconstruction of Turbomachines on the Basis of the Flow Structure Visual Diagnostics. *Mechanics and Mechanical Engineering*, 22 (2), 405–414. <https://doi.org/10.2478/mme-2018-0032>
26. SOLIDWORKS Flow Simulation. Available at: <https://www.solidworks.com/product/solidworks-flow-simulation>
27. Nikuradse, J. (1950). *Laws of Flow in Rough Pipes*. National Advisory Commission for Aeronautics. Washington: DC, USA, 62. Available at: <https://ntrs.nasa.gov/citations/19930093938>

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.326655

ESTABLISHING THE RULES OF FORMATION OF FIRE-RESISTANT BIOCOMPOSITES FOR BUILDING MATERIALS (p. 35–43)

Yuriy Tsapko

Kyiv National University of Construction and Architecture,
Kyiv, Ukraine

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

Aleksii Tsapko

Kyiv National University of Construction and Architecture,
Kyiv, Ukraine

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

Ruslan Likhnyovskyi

Institute of Scientific Research on Civil Protection
of the National University of Civil Protection of Ukraine,
Dmytrivka, Ukraine

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

Kostiantyn Shumbar

Kyiv National University of Construction and Architecture,
Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-0201-2142>

Oksana Slutska

Institute of Scientific Research on Civil Protection
of the National University of Civil Protection of Ukraine,
Dmytrivka, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1723-8181>

Oksana Berdnyk

Kyiv National University of Construction and Architecture,
Kyiv, Ukraine

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

Anna Borysova

Institute of Scientific Research on Civil Protection
of the National University of Civil Protection of Ukraine,
Dmytrivka, Ukraine

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

Oleksandr Dotsenko

Institute of Scientific Research on Civil Protection
of the National University of Civil Protection of Ukraine,
Dmytrivka, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7437-8733>

The object of this study is the process of forming a heat-insulating layer of foam coke under thermal action on a biocomposite with the presence of an intumescent coating. The task addressed is to establish the effectiveness of the formation of a heat-insulating intumescent layer of foam coke under thermal action on an intumescent coating, which effectively inhibits high temperature. It has been proven that when wood and fabric are treated with fire retardants, chemical bonds arise that characterize symmetric and asymmetric valence vibrations of C–H in the methyl and methylene groups of lignin and cellulose. For wood treated with an intumescent coating, the value of the adhesive strength was set at 0.25 MPa, while the destruction occurred along the polymer shell with a detachment area of about 25 %. For particleboard treated with an intumescent coating, the value of the adhesion strength is about 0.45 MPa, while the failure occurred along the polymer shell with a separation area of about 10 %.

Based on the results, it was found that under the action of the burner flame, the temperature of the gaseous combustion products did not exceed 185 °C, and the mass loss was less than 2 %. During the thermal action of the coating, a layer of foam coke more than 20 mm thick was formed. Under the action of the burner flame on the biocomposite based on tarpaulin fabric, intensive swelling of the coating began, which led to the formation of a heat-insulating layer of foam coke more than 9 mm thick, ignition and flame spread did not occur.

Thus, the mechanism of fire protection by an intumescent coating is determined by decomposition under the influence of temperature with heat absorption and release of non-combustible gases; by inhibiting oxidation in the gas and condensed phases and by forming a heat-protective coke layer on the surface of the material.

The practical significance of the study is that the results related to determining the flame retardant properties of biocomposites could be taken into account when designing fire-resistant structures.

Keywords: biocomposites, fire resistance, intumescent coating, plant materials, adhesive ability, foam coke layer.

References

1. Hájková, K., Holeček, T., Filipi, M., Bárta, J., Sikora, A., Özkan, U. (2025). Production and properties of particleboard and paper from waste poppy straw. *Scientific Reports*, 15 (1). <https://doi.org/10.1038/s41598-024-82733-9>

2. Agustiany, E. A., Nawawi, D. S., Fatriasari, W., Wahit, M. U., Vahabi, H., Kayla, D. S., Hua, L. S. (2025). Mechanical, morphological, thermal, and fire-retardant properties of sustainable chitosan-lignin based bioplastics. *International Journal of Biological Macromolecules*, 306, 141445. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2025.141445>
3. Li, W., Chen, M., Dai, Y., Ke, L.-L. (2025). Analysis on moisture-induced stresses in wood cell wall considering periodically graded microstructures. *International Journal of Solids and Structures*, 312, 113277. <https://doi.org/10.1016/j.ijsolstr.2025.113277>
4. Kumar, N., Rawat, P., Kandasami, R. K. (2025). Enhancing the characteristics of natural coir fiber yarns using biopolymer for textile reinforced cementitious composites. *Construction and Building Materials*, 470, 140427. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2025.140427>
5. Bhuiyan, M. A. R., Bari, M. A., Darda, M. A. (2025). Thermal barrier performance of natural fiber-reinforced biocomposite panels with the reflective surface for conserving heat energy in buildings. *Energy Conversion and Management*: X, 26, 100926. <https://doi.org/10.1016/j.ecmx.2025.100926>
6. Pantaleoni, A., Marrocchi, A., Russo, P., Malucelli, G., Altamura, D., Nardelli, F. et al. (2025). Advanced flame-retardant biocomposites: Polylactic acid reinforced with green gallic acid/ironphosphorus coated flax fibers. *International Journal of Biological Macromolecules*, 300, 140215. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2025.140215>
7. Miao, B. H., Woo, D., Javan, D., Garboczi, E. J., Headrick, R. J., Lesh, A. C. et al. (2025). Recycling of lignin-based biocomposites: Improving sustainability and enhancing material strength. *Resources, Conservation and Recycling*, 215, 108104. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2024.108104>
8. Olanrewaju, O., Oladele, I. O., Adelani, S. O. (2025). Recent advances in natural fiber reinforced metal/ceramic/polymer composites: An overview of the structure-property relationship for engineering applications. *Hybrid Advances*, 8, 100378. <https://doi.org/10.1016/j.hybadv.2025.100378>
9. Winandy, J. E., Morrell, J. J. (2017). Improving the utility, performance, and durability of wood- and bio-based composites. *Annals of Forest Science*, 74 (1). <https://doi.org/10.1007/s13595-017-0625-2>
10. Das, O., Kim, N. K., Hedenqvist, M. S., Bhattacharyya, D. (2019). The flammability of biocomposites. Durability and Life Prediction in Biocomposites, Fibre-Reinforced Composites and Hybrid Composites, 335–365. <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-102290-0.00015-5>
11. Madyaratri, E., Ridho, M., Aristri, M., Lubis, M., Iswanto, A., Nawawi, D. et al. (2022). Recent Advances in the Development of Fire-Resistant Biocomposites – A Review. *Polymers*, 14 (3), 362. <https://doi.org/10.3390/polym14030362>
12. Feng, J., Lu, Y., Xie, H., Zhang, Y., Huo, S., Liu, X. et al. (2023). Atom-economic synthesis of an oligomeric P/N-containing fire retardant towards fire-retarding and mechanically robust polylactide biocomposites. *Journal of Materials Science & Technology*, 160, 86–95. <https://doi.org/10.1016/j.jmst.2023.04.003>
13. Pettersen, R. C. (1984). The Chemical Composition of Wood. *The Chemistry of Solid Wood*, 57–126. <https://doi.org/10.1021/ba-1984-0207.ch002>
14. Tsapko, Y., Likhnyovskiy, R., Buislykh, N., Horbachova, O., Mazurchuk, S., Lastivka, O. et al. (2023). Determining patterns in the formation of a polymer shell by powder paint on wood surface. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (10 (121)), 37–45. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.273364>
15. Tsapko, Y., Tkachenko, T., Tsapko, A., Likhnyovskiy, R., Sukhaneych, M., Bereznutska, Y. et al. (2024). Defining patterns in the fire protection of wood with reactive coating. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (10 (132)), 55–63. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.317334>
16. Tsapko, Y., Tsapko, A., Zhartovskiy, S., Likhnyovskiy, R., Kravchenko, M., Lialina, N. et al. (2024). Establishing fire protection patterns in wood using impregnation compositions from inorganic salts. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (10 (131)), 62–70. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.313423>
17. Tsapko, Y., Tsapko, A., Likhnyovskiy, R., Sukhaneych, M., Zapol'skiy, L., Illiuchenko, P., Bedratiuk, O. (2024). Establishing patterns in reducing fire-dangerous properties of sip panels fire-protected with reactive coating. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (10 (127)), 47–54. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.298266>
18. Tsapko, Y., Tsapko, A., Prisyazhnuk, V., Klymas, R., Likhnyovskiy, R., Slutskaya, O. et al. (2024). Revealing patterns in reducing the fire-hazardous properties of insulation made from plant raw materials. *Ecology*, 4 (10 (130)), 29–37. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.309705>

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.325930

DETERMINING THE EFFECT OF MODIFIED ADDITIVES ON THE FIRE-EXTINGUISHING PROPERTIES OF COMPRESSED AIR FOAM (p. 44–52)

Stanislav Shakhov

Cherkasy Institute of Fire Safety
named after Chernobyl Heroes of the National University
of Civil Defence of Ukraine, Cherkasy, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9161-1696>

Stanislav Vynohradov

Cherkasy Institute of Fire Safety
named after Chernobyl Heroes of the National University
of Civil Defence of Ukraine, Cherkasy, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2569-5489>

Dmytry Hryshchenko

Cherkasy Institute of Fire Safety
named after Chernobyl Heroes of the National University
of Civil Defence of Ukraine, Cherkasy, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7241-737X>

Alexander Savchenko

Cherkasy Institute of Fire Safety
named after Chernobyl Heroes of the National University
of Civil Defence of Ukraine, Cherkasy, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1305-7415>

Evgen Grinchenko

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

Liudmyla Knaub

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

Nataliia Maslich

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

Tetiana Mohylianets

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

Viktor Shevchuk

Lviv State University of Life Safety, Lviv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8260-2165>

Andrij Dominik

Lviv State University of Life Safety, Lviv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0139-2002>

The object of this study is the fire extinguishing efficiency of compressed air foam with the use of modified additives.

The main hypothesis assumes that the use of modified additives in the composition of the compressed air foam will affect its fire extinguishing efficiency when extinguishing solid combustible materials.

The task addressed is to determine the effect of modified additives in compressed air foam with a concentration range of 1–5 % on its fire extinguishing properties. The results show that for all additives, when the concentration changes from 1 % to 5 %, characteristic is a slight decrease in the consumption of an aqueous solution of the foaming agent. On the contrary, an increase in the expansion ratio results in a significant decrease in the mass of the aqueous solution of the foaming agent consumed for extinguishing. An increase in the concentration of the additive in the range of 1 % to 3 % is characterized by a decrease in the extinguishing time, while a further increase from 3 % to 5 % is characterized by an increase in the extinguishing time. Also, the increase in the foam expansion ratio has a significant effect; with an increase from 5 to 20, a decrease in the extinguishing time is observed, and with a further increase to 25, an increase in time occurs.

For the compressed air foam with $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$, the highest efficiency index is $I_{e,e} \approx 20.15 \text{ m}^2/\text{l}\cdot\text{s}$, at a modified additive concentration of $C \approx 3 \%$ and a foam expansion ratio of $K \approx 18$; for the compressed air foam with $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$, the highest efficiency index is $I_{e,e} = 18.04 \text{ m}^2/\text{l}\cdot\text{s}$, at a modified additive concentration of $C \approx 3 \%$ and a foam expansion ratio of $K \approx 18$; for a compression foam with $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$, the highest efficiency index is $I_{e,e} = 14.99 \text{ m}^2/\text{l}\cdot\text{s}$, at a modified additive concentration $C \approx 3 \%$ and a foam expansion ratio of $K \approx 18$.

Thus, based on the results of experimental studies, the most effective is the compressed air foam with $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$. The resulting extinguishing efficiency is 11 % higher than that of the compressed air foam with $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$, and 26 % higher than that of the compressed air foam with $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$.

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

References

- Dubinin, D., Korytchenko, K., Lisnyak, A., Hrytsyna, I., Trigub, V. (2018). Improving the installation for fire extinguishing with finely dispersed water. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (10 (92)), 38–43. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.127865>
- Ostapov, K., Kirichenko, I., Senchykhin, Y., Syroviy, V., Vorontsova, D., Belikov, A. et al. (2019). Improvement of the installation with an extended barrel of cranked type used for fire extinguishing by gel-forming compositions. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (10 (100)), 30–36. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.174592>
- Shakhov, S., Vinogradov, S., Grishenko, D. (2023). Analysis of ways to increase the efficiency of compressed air foam for extinguishing solid materials. *Municipal Economy of Cities*, 1 (175), 151–159. <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2023-1-175-151-159>
- Rie, D.-H., Lee, J.-W., Kim, S. (2016). Class B Fire-Extinguishing Performance Evaluation of a Compressed Air Foam System at Different Air-to-Aqueous Foam Solution Mixing Ratios. *Applied Sciences*, 6 (7), 191. <https://doi.org/10.3390/app6070191>
- Cheng, J., Xu, M. (2014). Experimental Research of Integrated Compressed Air Foam System of Fixed (ICAF) for Liquid Fuel. *Procedia Engineering*, 71, 44–56. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.04.007>
- Chen, T., Fu, X., Bao, Z., Xia, J., Wang, R. (2018). Experimental Study on the Extinguishing Efficiency of Compressed Air Foam Sprinkler System on Oil Pool Fire. *Procedia Engineering*, 211, 94–103. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.12.142>
- Wang, K., Fang, J., Shah, H. R., Mu, S., Lang, X., Wang, J., Zhang, Y. (2020). A theoretical and experimental study of extinguishing compressed air foam on an n-heptane storage tank fire with variable fuel thickness. *Process Safety and Environmental Protection*, 138, 117–129. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2020.03.011>
- Zhao, M., Ni, X., Zhang, S., Cao, W., Guan, Y., Liang, C. et al. (2014). Improving the performance of fluoroprotein foam in extinguishing gasoline pool fires with addition of bromofluoropropene. *Fire and Materials*, 40 (2), 261–272. <https://doi.org/10.1002/fam.2284>
- Li, Z., Zhu, H., Zhao, J., Zhang, Y., Hu, L. (2022). Experimental Research on the Effectiveness of Different Types of Foam of Extinguishing Methanol / Diesel Pool Fires. *Combustion Science and Technology*, 196 (12), 1791–1809. <https://doi.org/10.1080/00102202.2022.2125306>
- Wang, X., Liao, Y., Lin, L. (2009). Experimental study on fire extinguishing with a newly prepared multi-component compressed air foam. *Science Bulletin*, 54 (3), 492–496. <https://doi.org/10.1007/s11434-008-0571-3>
- Lee, Y.-K., Kim, Y.-S., Kang, Y.-S., Rie, D.-H. (2017). A Study on the Evaluation of Fire Extinguishing Performance of a Synthetic Surfactant Compressed Air Foam with Scaled Model. *Korean Society of Hazard Mitigation*, 17 (6), 269–276. <https://doi.org/10.9798/kosham.2017.17.6.269>
- Xu, Z., Guo, X., Yan, L., Kang, W. (2020). Fire-extinguishing performance and mechanism of aqueous film-forming foam in diesel pool fire. *Case Studies in Thermal Engineering*, 17, 100578. <https://doi.org/10.1016/j.csite.2019.100578>
- Wang, K., Fang, J., Shah, H. R., Lang, X., Mu, S., Zhang, Y., Wang, J. (2021). Research on the influence of foaming gas in compressed air/nitrogen foam on extinguishing the n-heptane tank fire. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 72, 104533. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2021.104533>
- Shakhov, S., Vinogradov, S., Grushchenko, D. (2023). Analysis of the experience of using modifying additives and their physico-chemical properties for further application in the composition of compressed air foam. *Fire Safety*, 42, 85–95. <https://doi.org/10.32447/20786662.42.2023.10>
- NFPA 1145. Guide for the Use of Class A Foams in Fire Fighting. Available at: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=1145>
- Shakhov, S., Vinogradov, S., Kodryk, A., Titenko, O. (2019). Dependence of the fire extinguishing efficiency of compression foam on its structure and the amount of foaming agent. *Problems of fire safety*, 46, 199–205. Available at: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/12273>
- Kodryk, A., Titenko, O., Vynohradov, S., Shakhov, S., Hryshchenko, D. (2024). Development of a test sample of a system for generating and supplying compressed air foam. *Municipal Economy of Cities*, 4 (185), 172–177. <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2024-4-185-172-177>
- Guo, W., Zhu, G., Yao, B., Chen, F., Xu, X. (2021). Study on the fire extinguishing mechanism of small size wood crib based on small sand-throwing equipment. *Case Studies in Thermal Engineering*, 25, 100942. <https://doi.org/10.1016/j.csite.2021.100942>
- Diab, M. T., Haelssig, J. B., Pegg, M. J. (2020). The behaviour of wood crib fires under free burning and fire whirl conditions. *Fire Safety Journal*, 112, 102941. <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2019.102941>
- Park, J., Kwark, J. (2021). Experimental Study on Fire Sources for Full-Scale Fire Testing of Simple Sprinkler Systems Installed in Multiplexes. *Fire*, 4 (1), 8. <https://doi.org/10.3390/fire4010008>
- Vynarskyi, M. S., Lurie, M. V. (1975). Planning an experiment in a technological environment. Kyiv: Tekhnika, 168.
- Shakhov, S., Vynohradov, S., Kodryk, A., Titenko, O., Melnychenko, A., Hryshchenko, D. et al. (2024). Influence of modified additives on the properties of compressed air foam. *Technology Organic and Inorganic Substances*, 4 (6 (130)), 38–48. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.310371>

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.327906

ESTABLISHING THE EFFECT OF LOW-PERCENTAGE DOSES OF FOAMING AGENTS ON INCREASING FLUID CONSUMPTION AT ITS TRANSPORTATION BY FIRE HOSES (p. 53–61)

Serhiy Stas

National University of Civil Defence of Ukraine, Cherkasy, Ukraine

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

Denis Kolesnikov

National University of Civil Defence of Ukraine, Cherkasy, Ukraine

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

Artem Bychenko

National University of Civil Defence of Ukraine, Cherkasy, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3788-3268>

Olena Borsuk

National University of Civil Defence of Ukraine, Cherkasy, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5759-4506>

In the cases where there is a need to quickly move large volumes of water over a distance of hundreds of meters, firefighting equipment is used. In such cases, hose lines formed from fire hoses are usually used. An attempt was made to determine the effect of microdoses of foaming agents on the level of fluid consumption transported by fire hoses. It has been experimentally established that the fluid consumption during its transportation by fire hoses increased when foaming agents were added to it. The foaming agents Pirena-1, Sofir, Alpen, and Bars, which are used in firefighting in Ukraine, were selected for the experiments. Each of the foaming agents was used in two versions – one that meets and one that does not meet the guaranteed shelf life. The maximum increase in flow rate (11.5 %) was recorded when adding 0.021 % of the Bars foaming agent to water. The results of the experiments depended on the brand of foaming agents used and were almost independent of the “age” of the foaming agents. It is important that the results of the study showed that “overdue” foaming agents can be used to increase the efficiency of fire-fighting equipment. Latex-coated pressure fire hoses with a diameter of 51 mm were randomly selected (from those available in the fire department). The length of the hose line was 200 m (500 m for hoses with a diameter of 77 mm), the ambient temperature was about 20 °C, the pressure at the pump was 4...6 bar. The facts of the increase in liquid flow rate established in the study could be used in practice to increase the amount of liquid transportation (pumping) without changing other parameters of the fire-fighting equipment, for example, when eliminating the consequences of floods or landslides.

Keywords: fire hose, hose line, water transportation, liquid flow rate, surfactants.

References

- Gaskill, J. R. (1966). Hydraulic studies of fire hose. *Fire Technology*, 2 (1), 37–51. <https://doi.org/10.1007/bf02588964>
- Green, D. W. (Ed.) (1963). *Perry's Chemical Engineer's Handbook*. McGraw-Hill.
- Gaskill, J. R., Henderson, R. L., Purington, R. G. (1967). Further hydraulic studies of fire hose. *Fire Technology*, 3 (2), 105–114. <https://doi.org/10.1007/bf02588833>
- Benfer, M. E., Forssell, E., Scheffey, J. (2016). Determination of Fire Hose Friction Loss Characteristics. *Fire Technology*, 53 (3), 1059–1075. <https://doi.org/10.1007/s10694-016-0617-z>
- Shcherbak, O., Loboichenko, V., Skorobahatko, T., Shevchenko, R., Levterov, A., Pruskyi, A. et al. (2024). Study of Organic Carbon-Containing Additives to Water Used in Fire Fighting, in Terms of Their Environmental Friendliness. *Fire Technology*, 60 (5), 3739–3765. <https://doi.org/10.1007/s10694-024-01599-5>
- Li, T., Cao, J., Zhu, G. (2023). Application of Computer Simulation Technology in Hydraulic Resistance Test of Fire Hose. *Advanced Intelligent Technologies for Information and Communication*, 311–318. https://doi.org/10.1007/978-981-99-5203-8_28
- Brown, C. U., Vogl, G. W., Tam, W. C. (2024). Data-Driven Wireless Fire Hose Flow Rate Apparatus. *Intelligent Building Fire Safety and Smart Firefighting*, 415–438. https://doi.org/10.1007/978-3-031-48161-1_17
- Ando, H., Ambe, Y., Ishii, A., Konyo, M., Tadakuma, K., Maruyama, S., Tadokoro, S. (2018). Aerial Hose Type Robot by Water Jet for Fire Fighting. *IEEE Robotics and Automation Letters*, 3 (2), 1128–1135. <https://doi.org/10.1109/lra.2018.2792701>
- Yamauchi, Y., Maezawa, Y., Ambe, Y., Konyo, M., Tadakuma, K., Tadokoro, S. (2023). Development of a remotely controllable 4 m long aerial-hose-type firefighting robot. *Frontiers in Robotics and AI*, 10. <https://doi.org/10.3389/frobt.2023.1273676>
- Stas, S. V. (2008). Pro stvorennia ustanovky doslidzhennia vodianykh strumeniv. *Pozhezhna bezpeka*, 12, 7–13.
- Stas, S., Bychenko, A., Kolesnikov, D., Myhalenko, O., Pustovit, M., Myhalenko, K., Horenko, L. (2023). Determining the elongation of T-type pressure fire hoses based on full-scale experiments. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (1 (123)), 13–20. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.279616>
- Stas, S., Bychenko, A., Kolesnikov, D., Myhalenko, K., Koval, O. (2021). Rheological Properties Of Foam Formers Like Pirena-1, Sofir, Alpen, Moussol, Sthamex, Pianol. *Nadzvychni situatsiyi: poperedzhennia ta likvidatsiya*, 5 (2), 89–94. Available at: <https://fire-journal.ck.ua/index.php/fire/article/view/110/>
- Asidin, M. A., Suali, E., Jusnukin, T., Lahin, F. A. (2019). Review on the applications and developments of drag reducing polymer in turbulent pipe flow. *Chinese Journal of Chemical Engineering*, 27 (8), 1921–1932. <https://doi.org/10.1016/j.cjche.2019.03.003>
- Stas, S., Bychenko, A., Kolesnikov, D., Myhalenko, O., Pustovit, M. (2021). Experimental Study Of Changes In The Geometric Parameters Of Fire Hoses During The Supply Of Extinguishing Agents. *Bulletin of the National Technical University “KhPI”. Series: Hydraulic machines and hydraulic units*, 2, 39–42. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vcpigmg_2021_2_8

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.323371

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ БІОЛОГІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ ВІДХОДІВ ВІВЧАРСЬКИХ ФЕРМ (с. 6–13)**Almas Baimukhanbetov, Bakhtiyar Balzhan, Amanzhol Tokmoldayev, Ruslan Kassym, Gulzhamal Tursunbayeva, Maxim Korobkov, Turarbek Sharipov, Gulzagira Manapova, Almagul Mergalimova, Dias Saparov**

Дослідження зосереджено на розробці та вдосконаленні технологій біологічної обробки сільськогосподарських відходів для вирішення екологічних проблем і підвищення стійкості. Об'єктом дослідження є різні види сільськогосподарських відходів, такі як рослинні залишки, гній худоби та побічні продукти переробки, які часто сприяють забрудненню та неефективному використанню ресурсів за умови поганого управління. Основною проблемою, яка розглядається, є необхідність ефективних та екологічно чистих рішень для пом'якшення впливу сільськогосподарських відходів на навколишнє середовище, одночасно максимізуючи їхній потенціал як ресурсу. Розроблено вдосконалені алгоритми оптимізації ефективності та прогнозування виробництва енергії, які дозволили досягти точності прогнозу 85 %. Комбінована система продемонструвала 30 % підвищення енергетичної стабільності порівняно з використанням одного відновлюваного джерела. Адаптивні механізми управління та ефективне управління накопиченням енергії дозволили знизити втрати енергії за несприятливих погодних умов на 20 %. Ці результати підтвердили здатність гібридної системи забезпечувати стабільну електроенергію, зменшувати залежність від викопного палива до 40 % і скорочувати викиди CO₂ приблизно на 25 %.

Дослідження пояснило ці результати демонстрацією синергійного ефекту мікробних консорціумів і індивідуальних умов обробки на розщеплення відходів і перетворення поживних речовин. Основні характеристики результатів включають їх масштабованість, економічну ефективність і адаптованість до різних типів сільськогосподарських відходів. Ці характеристики дозволили технології комплексно вирішити проблему неефективного поводження з відходами.

Ключові слова: біологічне очищення, сільськогосподарські відходи, мікроорганізми, біодобрива, біогаз, органічне землеробство, управління відходами, стале сільське господарство.

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.327556

ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ФЛОТОЕКСТРАКЦІЇ БАРВНИКІВ (с. 14–24)**Т. І. Обушенко, О. В. Сангінова, Н. М. Толстопалова, С. Г. Бондаренко, Д. Д. Загурська**

Об'єктом дослідження виступає процес флотоекстракційного очищення стічних вод, забруднених барвниками. Синтетичні барвники є токсичними, канцерогенними та мутагенними, викликають серйозні проблеми зі здоров'ям людей, не піддаються біологічному розкладу.

Таким чином, існує гостра необхідність у розробці економічно ефективних та екологічно безпечних підходів до очищення стічних вод, що містять барвники, перед їх скиданням у навколишнє середовище.

Запропонована технологія флотоекстракції, яка поєднує переваги іонної флотації та рідинної екстракції.

Було досліджено вплив параметрів процесу на ефективність флотоекстракційного очищення стічних вод від синтетичних барвників для забезпечення максимальної ефективності (мінімальних значень залишкових концентрацій полютантів).

Експериментально отримано залежності ефективності очищення для чотирьох барвників від обраних параметрів: рН, вихідна концентрація полютанту, витрата газу та співвідношення ПАР: полютант.

На основі виконаних досліджень, використовуючи математичний апарат системи STAR, побудовано математичну регресійну модель 2-го порядку. Похибка апроксимації становить 0,834; отже, запропонована модель з достатнім ступенем точності описує експериментальні дані.

Розв'язок сформульованої задачі оптимізації виконано за допомогою програми «OPTIMIZ-M» і визначено оптимальні умови проведення процесу, за яких досягається максимальне видалення барвників (97,20 %):

- рН: 6;
- вихідна концентрація полютанту: 20 мг/дм³;
- співвідношення ПАР:полютант: 1,5:1;
- витрата газу: 140 см³/хв.

Оптимізація флотоекстракційного очищення забезпечує високу якість очищення стічних вод за мінімальних витрат, зменшення викидів барвників у навколишнє середовище, що потенційно підвищить конкурентоспроможність підприємств на ринку.

Ключові слова: флотоекстракція, очищення стічних вод, кореляційний аналіз, математична модель процесу флотоекстракції.

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.326375

ВИЗНАЧЕННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ПОВІТРЯЗАХИСНИХ БАР'ЄРІВ МІСЬКИХ АВТОМАГІСТРАЛЕЙ МЕТОДАМИ ВІЗУАЛЬНОЇ ДІАГНОСТИКИ ТА ОБЧИСЛЮВАЛЬНОГО МОДЕЛЮВАННЯ (с. 25–34)**К. А. Васютинська, В. А. Арсірій, С. Ю. Смик, О. О. Маковецька**

Об'єктом дослідження були аеродинамічні особливості повітряних потоків, що формуються на автомагістралях із захисними бар'єрами. Проблема оптимізації придорожніх бар'єрів вирішувалась на основі встановлення закономірностей аеродинаміки

повітряних потоків методами фізичного та обчислювального моделювання. Методом візуальної діагностики структури потоків (ВДСП) досліджено кінематичні особливості формування повітряних потоків у зоні придорожніх бар'єрів. Встановлено, що при використанні бар'єрів дискретного типу формуються стійкі повітряні структури, які сприяють активному перемішуванню потоку та його розбавленню за рахунок залучення зовнішнього повітря. Кожний дискретний елемент складається з дифузотно-го щиту, що розширяється під кутом 4° до осі полотну, довжиною 3 ширини дорожньої смуги. Між щитами розміщені додаткові елементи у вигляді паралельних екранів (конфузорів), розташованих під кутом 60° до осі полотну. Методом обчислювального моделювання в SOLIDWORKS Flow Simulation підтверджено, що конфузори між дискретними щитами створюють ефект ежекції, який забезпечує залучення зовнішнього повітря і розбавлення повітря всередині дорожньої смуги. Застосована обчислювальна модель продемонструвала узгодженість процесів розведення внаслідок ежекції та розсіювання за рахунок вертикальних потоків. Запропонована конструкція бар'єрів забезпечує кращу циркуляцію повітря порівняно з традиційними аналогами, виключає попадання вихлопних газів у приземні шари житлових районів, запобігає утворенню застійних зон та обмежує вплив вітрів. Розроблені конструктивні рішення можуть бути використані для проектування та вдосконалення придорожніх бар'єрів, особливо у житлових районах.

Ключові слова: транспортні емісії, захисні придорожні бар'єри, метод візуальної діагностики, обчислювальне моделювання

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.326655

ВСТАНОВЛЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ФОРМУВАННЯ ВОГНЕСТІЙКИХ БІОКОМПОЗИТІВ ДЛЯ БУДІВНИЦТВА (с. 35–43)

Ю. В. Цапко, О. Ю. Цапко, Р. В. Ліхнівський, К. В. Шумбар, О. М. Слуцька, О. Ю. Бердник, А. С. Борисова, О. Г. Доценко

Об'єктом дослідження є процес утворення теплоізоляційного шару пінококсу при термічній дії на біокомпозит з наявністю спучуючого покриття. Проблема, на яку направлено дослідження, полягало у встановленні ефективності утворення теплоізоляційного спучуючого шару пінококсу при термічній дії на спучуюче покриття, що ефективно гальмує високу температуру. Доведено, що при обробленні деревини та тканини вогнезахисними засобами виникають хімічні зв'язки, які характеризують симетричні і асиметричні валентні коливання C–H в метильних та метиленових групах лігніну та целюлози. Для деревини обробленої спучуючим покриттям встановлено значення адгезійної міцності у 0,25 МПа, при цьому руйнування відбулося по полімерній оболонці з площею відриву близько 25 %. Для стружкової плити, що оброблена спучуючим покриттям, значення адгезійної міцності становить близько 0,45 МПа, при цьому руйнування відбулося по полімерній оболонці з площею відриву близько 10 %. За результатами досліджень встановлено, що при дії полум'я палиника температура газоподібних продуктів горіння не перевищила 185°C , а втрата маси склала менше 2 %. Під час термічній дії покриття утворило шар пінококсу понад 20 мм. При дії полум'я палиника на біокомпозит на основі брезентової тканини почалося інтенсивне спучення покриття, що призвело до утворення теплоізоляційного шару пінококсу величиною понад 9 мм, займання та поширення полум'я не відбулося. Таким чином, механізм вогнезахисту спучуючим покриттям обумовлюється розкладом під дією температури з поглинанням тепла та виділенням негорючих газів; гальмуванням окислення в газовій і конденсованій фазі та утворенням на поверхні матеріалу теплозахисного шару коксу. Практична цінність дослідження полягає у тому, що отримані результати з визначення важкогорючих властивостей біокомпозитів, можуть бути враховані під час розроблення вогнестійких конструкцій.

Ключові слова: біокомпозити, вогнестійкість, спучуюче покриття, рослинні матеріали, адгезійна здатність, шар пінококсу.

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.325930

ВИЯВЛЕННЯ ВПЛИВУ МОДИФІКОВАНИХ ДОБАВОК НА ВОГНЕГАСНІ ВЛАСТИВОСТІ КОМПРЕСІЙНОЇ ПІНИ (с. 44–52)

С. М. Шахов, С. А. Виноградов, Д. В. Грищенко, О. В. Савченко, Є. М. Грінченко, Л. В. Кнауб, Н. Ю. Масліч, Т. М. Могилянець, В. В. Шевчук, А. М. Домінік

Об'єктом дослідження є вогнегасна ефективність компресійної піни із застосуванням модифікованих добавок.

Основна гіпотеза полягає в тому, що використання модифікованих добавок у складі компресійної піни буде впливати на її вогнегасну ефективність при гасінні твердих горючих матеріалів.

Проблема, що вирішувалась, – визначити вплив модифікованих добавок у складі компресійної піни із діапазоном концентрацій 1–5 % на її вогнегасні властивості. Результати показали, що для всіх добавок при зміні концентрації від 1 % до 5 % характерно несуттєве зменшення витрати водного розчину піноутворювача. Наслідком підвищення кратності, навпаки, є суттєве зниження маси водного розчину піноутворювача, що витрачається на гасіння. При збільшенні концентрації добавки в межах від 1 % до 3 % притаманне зниження часу гасіння, при подальшому підвищенні від 3 % до 5 % характерне збільшення часу гасіння. Також збільшення кратності піни має суттєвий вплив, при підвищенні від 5 до 20 спостерігається зниження часу гасіння, а при подальшому збільшенні до 25 відбувається збільшення часу.

Для компресійної піни із $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ найвищий показник ефективності складав $I_{\text{е}} \approx 20,15 \text{ м}^2/\text{л}\cdot\text{с}$, при концентрації МД $C \approx 3\%$ та кратності піни $K \approx 18$; для компресійної піни із $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ найвищий показник ефективності складав $I_{\text{е}} = 18,04 \text{ м}^2/\text{л}\cdot\text{с}$, при концентрації МД $C \approx 3\%$ та кратності піни $K \approx 18$; для компресійної піни із $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ найвищий показник ефективності складав $I_{\text{е}} = 14,99 \text{ м}^2/\text{л}\cdot\text{с}$, при концентрації МД $C \approx 3\%$ та кратності піни $K \approx 18$. Таким чином, на підставі результатів експериментальних досліджень найбільш ефективною є компресійна піна із $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$. Отриманий показник ефективності гасіння на 11 % більше відносно до КП із $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ та на 26 % більший за показник КП із $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$.

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

DOI: 10.15587/1729-4061.2025.327906**ВСТАНОВЛЕННЯ ВПЛИВУ НИЗЬКОВІДСОТКОВИХ ДОЗ ПІНОУТВОРЮВАЧІВ НА ЗБІЛЬШЕННЯ ВИТРАТИ РІДИНИ ПРИ ЇЇ ТРАНСПОРТУВАННІ ПОЖЕЖНИМИ РУКАВАМИ (с. 53–61)****С. В. Стась, Д. В. Колесніков, А. О. Биченко, О. В. Борсук**

У випадках, коли є потреба швидко перемістити великі об'єми води на відстані у сотні метрів, застосовується протипожежна техніка. У таких випадках зазвичай використовуються рукавні лінії, що формуються із пожежних рукавів. Зроблена спроба визначення впливу мікродоз піноутворювачів на рівень витрат рідини, що транспортується пожежними рукавами. Експериментально встановлено, що витрата рідини при її транспортуванні пожежним рукавами зростала, коли до неї додавалися піноутворювачі. Для проведення експериментів було обрано піноутворювачі Пірена-1, Софір, Альпен та Барс, що застосовуються при пожежогасінні в Україні. Кожен із піноутворювачів використовувався у двох варіантах – той, що відповідає, і той, що не відповідає гарантованому терміну зберігання. Максимальне зростання витрат (11,5 %) було зафіксоване при додаванні 0,021 % піноутворювача Барс до води. Результати експериментів залежали від марки застосованих піноутворювачів й майже не залежали від «віку» піноутворювачів. Важливо, що результати дослідження показали, що для підвищення ефективності застосування протипожежної техніки можна використовувати «протерміновані» піноутворювачі. Для проведення експериментів були вибрані випадковим чином (із числа наявних у пожежній частині) напірні пожежні рукава латексовані діаметрами 51 мм. Довжина рукавної лінії складала 200 м (500 м для рукавів діаметром 77 мм), температура навколишнього середовища становила близько 20 °С, тиск на насосі складав 4...6 бар. Встановлені у дослідженні факти зростання витрат рідини на практиці можуть бути використані для збільшення кількості транспортування (перекачування) рідини без зміни інших параметрів роботи протипожежної техніки, наприклад при ліквідації наслідків повеней чи повіддя.

Ключові слова: пожежний рукав, рукавна лінія, транспортування води, витрата рідини, поверхнево-активні речовини.