

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.289289

**ASSESSMENT OF IRON AND HEAVY METALS
ACCUMULATION IN THE SOILS OF THE COMBAT
ZONE (p. 6–16)**

Ganna TrokhymenkoAdmiral Makarov National University of Shipbuilding,
Mykolaiv, UkraineORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0835-3551>**Serhiy Litvak**Admiral Makarov National University of Shipbuilding,
Mykolaiv, UkraineORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1508-8493>**Olga Litvak**Admiral Makarov National University of Shipbuilding,
Mykolaiv, UkraineORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1351-3900>**Antonina Andreeva**Admiral Makarov National University of Shipbuilding,
Mykolaiv, UkraineORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0361-5436>**Olena Rabich**Prydniprovskaya State Academy of Civil Engineering
and Architecture, Dnipro, UkraineORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5600-0470>**Larisa Chumak**Prydniprovskaya State Academy of Civil Engineering
and Architecture, Dnipro, UkraineORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3858-8028>**Mykola Nalysko**Prydniprovskaya State Academy of Civil Engineering
and Architecture, Dnipro, UkraineORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4039-1571>**Mykhailo Troshyn**Prydniprovskaya State Academy of Civil Engineering
and Architecture, Dnipro, UkraineORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8731-1842>**Bohdana Komarysta**National Technical University of Ukraine
“Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Kyiv, UkraineORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9542-6597>**Dmytro Sopov**Luhansk Taras Shevchenko National University,
Poltava, UkraineORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2684-4688>

The object of the study is soils in areas with active military operations.

The study is dedicated to assessing the environmental impact of military operations through forecasting.

The paper highlights the impact of military conflict on the distribution of heavy metals in soils. An analysis of the distribution and interaction of heavy metals in soil is carried out, which helps to understand the dynamics of pollution in the context of military conflict, and allows to understand the complex processes of the impact of military operations on the environment and the state of soil resources.

The complex interrelationships between military operations and environmental pollution are revealed, with an emphasis on the importance of studying the distribution and immobilization of iron and heavy metals in the current conditions of the risk of military operations.

It is shown that the most rapidly distributed metals in the soil are: iron (Fe), zinc (Zn), cadmium (Cd), antimony (Sb); the slowest: arsenic (As), lead (Pb), copper (Cu), nickel (Ni), mercury (Hg), manganese (Mn), vanadium (V).

It was found that loams and chernozems are more prone to the accumulation of heavy metals and iron than sandy soils. Compared to sandy soil, the rate of metal release in loam decreases from 16.7 % to 69.7 %. In comparison of chernozem to loam, the release rate slows down from 17.85 % to 32.08 %. It was found that the rate of spreading of barium, cobalt, arsenic, lead, mercury, manganese, strontium and titanium does not depend on the type and mechanical parameters of the soil.

The practical use of the results will help to predict the mechanism of pollution spread and help to identify the highest risk areas. The results of the study indicate the need to develop scientifically sound strategies for environmental protection and promotion of sustainable development in the area affected by military events.

Keywords: war, immobilization of metals, soil contamination, heavy metals, impact of military operations.

References

1. Rawtani, D., Gupta, G., Khatri, N., Rao, P. K., Hussain, C. M. (2022). Environmental damages due to war in Ukraine: A perspective. *Science of The Total Environment*, 850, 157932. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157932>
2. Liu, Y., Wang, H., Zhang, H., Liber, K. (2016). A comprehensive support vector machine-based classification model for soil quality assessment. *Soil and Tillage Research*, 155, 19–26. doi: <https://doi.org/10.1016/j.still.2015.07.006>
3. Liu, P., Wang, P., Lu, Y., Ding, Y., Lu, G., Dang, Z., Shi, Z. (2019). Modeling kinetics of heavy metal release from field-contaminated soils: Roles of soil adsorbents and binding sites. *Chemical Geology*, 506, 187–196. doi: <https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2018.12.030>
4. Fayiga, A. O. (2019). Remediation of inorganic and organic contaminants in military ranges. *Environmental Chemistry*, 16 (2), 81. doi: <https://doi.org/10.1071/en18196>
5. Komárek, M., Vaněk, A., Ettler, V. (2013). Chemical stabilization of metals and arsenic in contaminated soils using oxides – A review. *Environmental Pollution*, 172, 9–22. doi: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2012.07.045>
6. Tauqeer, H. M., Fatima, M., Rashid, A., Shahbaz, A. K., Ramzani, P. M. A., Farhad, M. et al. (2021). The Current Scenario and Prospects of Immobilization Remediation Technique for the Management of Heavy Metals Contaminated Soils. *Approaches to the Remediation of Inorganic Pollutants*, 155–185. doi: https://doi.org/10.1007/978-981-15-6221-1_8
7. Radziemska, M., Beś, A., Gusiati, Z. M., Cerdà, A., Mazur, Z., Jeznach, J. et al. (2019). The combined effect of phytostabilization and different amendments on remediation of soils from post-military areas. *Science of The Total Environment*, 688, 37–45. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.06.190>
8. Kokorite, I., Kļaviņš, M., Šīre, J., Purmalis, O., Zučika, A. (2008). Soil Pollution with Trace Elements in Territories of Military Grounds in

Latvia. Proceedings of the Latvian Academy of Sciences. Section B. Natural, Exact, and Applied Sciences, 62 (1-2), 27–33. doi: <https://doi.org/10.2478/v10046-008-0010-5>

9. Ilgen, A. G., Majs, F., Barker, A. J., Douglas, T. A., Trainor, T. P. (2014). Oxidation and mobilization of metallic antimony in aqueous systems with simulated groundwater. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 132, 16–30. doi: <https://doi.org/10.1016/j.gca.2014.01.019>
10. Peng, X., Dai, Q., Ding, G., Shi, D., Li, C. (2019). The role of soil water retention functions of near-surface fissures with different vegetation types in a rocky desertification area. *Plant and Soil*, 441 (1-2), 587–599. doi: <https://doi.org/10.1007/s11104-019-04147-1>
11. Bordeleau, G., Martel, R., Ampleman, G., Thiboutot, S. (2008). Environmental Impacts of Training Activities at an Air Weapons Range. *Journal of Environmental Quality*, 37 (2), 308–317. doi: <https://doi.org/10.2134/jeq2007.0197>
12. Lafond, S., Blais, J.-F., Mercier, G., Martel, R. (2013). Counter-current acid leaching process for the removal of Cu, Pb, Sb and Zn from shooting range soil. *Environmental Technology*, 34 (16), 2377–2387. doi: <https://doi.org/10.1080/09593330.2013.770560>
13. Laporte-Saumure, M., Martel, R., Mercier, G. (2011). Characterization and metal availability of copper, lead, antimony and zinc contamination at four Canadian small arms firing ranges. *Environmental Technology*, 32 (7), 767–781. doi: <https://doi.org/10.1080/09593330.2010.512298>
14. Fayiga, A. O., Saha, U., Ma, L. Q. (2011). Chemical and physical characterization of lead in three shooting range soils in Florida. *Chemical Speciation & Bioavailability*, 23 (3), 163–169. doi: <https://doi.org/10.3184/095422911x13103191328195>
15. Sanderson, P., Naidu, R., Bolan, N., Bowman, M., Mclure, S. (2012). Effect of soil type on distribution and bioaccessibility of metal contaminants in shooting range soils. *Science of The Total Environment*, 438, 452–462. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.08.014>
16. Mesić Kiš, I., Karaica, B., Medunić, G., Romić, M., Šabarić, J., Balen, D., Šoštarko, K. (2016). Soil, bark and leaf trace metal loads related to the war legacy (The Pra nik rainforest, Croatia). *Rudarsko-Geološko-Naftni Zbornik*, 31 (2), 13–28. doi: <https://doi.org/10.17794/rgn.2016.2.2>
17. Kalander, E., Abdullah, M. M., Al-Bakri, J. (2021). The Impact of Different Types of Hydrocarbon Disturbance on the Resiliency of Native Desert Vegetation in a War-Affected Area: A Case Study from the State of Kuwait. *Plants*, 10 (9), 1945. doi: <https://doi.org/10.3390/plants10091945>
18. Nurzhanova, A., Pidlisnyuk, V., Abit, K., Nurzhanov, C., Kenessov, B., Stefanovska, T., Erickson, L. (2019). Comparative assessment of using *Miscanthus × giganteus* for remediation of soils contaminated by heavy metals: a case of military and mining sites. *Environmental Science and Pollution Research*, 26 (13), 13320–13333. doi: <https://doi.org/10.1007/s11356-019-04707-z>

DOI: [10.15587/1729-4061.2023.287467](https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.287467)

DEGRADATION OF OIL AND OIL PRODUCTS BY MICROORGANISMS ISOLATED FROM THE AZERBAIJANI COAST OF THE CASPIAN SEA AT LOW TEMPERATURES (p. 17–24)

Aynur Babashli

Azerbaijan State University of Economics (UNEC),
Baku, Azerbaijan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1694-8504>

Nazilya Akhundova

Azerbaijan State University of Economics (UNEC),
Baku, Azerbaijan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9769-2741>

Natavan Gadimova

Azerbaijan State University of Economics (UNEC),
Baku, Azerbaijan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1939-1796>

The object of the study is microorganisms isolated from the Azerbaijani territory of the Caspian Sea, capable of decomposing oil and oil products at low temperatures of 4–6 °C. The purpose of this work was to study bacteria and fungi capable of actively assimilating oil, gasoline, kerosene, diesel fuel at a temperature of 4–6 °C in order to solve the problem of environmental pollution in this region.

The studied most effective biodestructors are combined into associations that can be used to create an active biological product based on native microorganisms with its further use for water bioremediation, as well as treatment of tanks and other containers used for long-term storage of petroleum products at a temperature of 4–6 °C.

The process of degradation of samples of used oils at the molecular level of the selected compounds was studied by reverse-phase high-performance liquid chromatography. As a result of chromatographic and spectroscopic studies, it was found that almost all microorganisms decompose the tested oil products. Only weak peaks remained on the chromatogram, which is a clear indicator of the deep biodegradation carried out by these microorganisms. Thanks to the chromatographic and spectral analysis of oil and products of its decomposition, an oxidation sequence has been established, indicating the decomposition of the last aromatic fraction. As a result, a general picture was obtained on the amount of degradation products containing carboxyl, keto-, hydroxyl groups, which is not enough to determine the processes of transformation of initial products into final ones. All this testifies to the multidirectionality of biodegradation processes.

Keywords: biodegradation of microorganisms, oil and oil products, Caspian Sea, low temperature, liquid chromatography.

References

1. Udod, V., Vildman, I., Zhukova, E. (2014). The development of modern biocenotic control methods for the ecological state of aquatic ecosystems of rivers. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (10 (71)), 4–10. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2014.28003>
2. Blyashyna, M., Zhukova, V., Sabliy, L. (2018). Processes of biological wastewater treatment for nitrogen, phosphorus removal by immobilized microorganisms. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (10 (92)), 30–37. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.127058>
3. Korshunova, T. Yu., Chetverikov, S. P., Bakaeva, M. D., Kuzina, E. V., Rafikova, G. F., Chetverikova, D. V., Loginov, O. N. (2019). Microorganisms in the elimination of oil pollution consequences. *Applied Biochemistry and Microbiology*, 55 (4), 338–349. doi: <https://doi.org/10.1134/s0555109919040093>
4. Artyukh, E. A., Mazur, A. S., Ukraintseva, T. V., Kostyuk, L. V. (2014). Looking forward to biosorbents future application for ponds' cleaning after emergency oil spills. *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo instituta (tekhnicheskogo universiteta)*, 26, 58–66. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivy-primeniya-biosorbentov-dlya-ochistki-vo-domov-pri-likvidatsii-avariynyh-razlivov-nefti>
5. Bernatska, N. (2015). Establishing the optimal conditions of the process of water treatment by ultrasound. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (10 (76)), 8–12. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2015.46495>

6. Pikula, K. S., Zakharenko, A. M., Gulkov, A. N. (2016). Psychrophilic bacteria and their use for bioremediation of Arctic ecosystems polluted with oil and oil products. *International Student Research Bulletin*, 4, 254–255. Available at: <https://eduherald.ru/ru/article/view?id=16205>
7. Stepanova, A. Y., Gladkov, E. A., Osipova, E. S., Gladkova, O. V., Tereshonok, D. V. (2022). Bioremediation of Soil from Petroleum Contamination. *Processes*, 10 (6), 1224. doi: <https://doi.org/10.3390/pr10061224>
8. Veliev, M. G., Salmanov, M. A., Babashly, A. A., Alieva, S. R., Bektashi, N. R. (2013). Biodegradation of aromatic hydrocarbons and phenols by bacteria isolated from Caspian waters and soils. *Petroleum Chemistry*, 53 (6), 426–430. doi: <https://doi.org/10.1134/s0965544113050101>
9. Dmitrieva, E. D., Grinevich, V. I., Gertsen, M. M. (2022). Degradation of Oil and Petroleum Products by Biocompositions Based on Humic Acids of Peats and Oil-Degrading Microorganisms. *Russian Journal of General Chemistry*, 92 (12), 2920–2930. doi: <https://doi.org/10.1134/s1070363222120453>
10. Gertsen, M. M., Dmitrieva, E. D. (2020). The influence of humic acids in the presence of oil-degrading microorganisms of the genus *rhodococcus* on the sowing qualities of cockweed in oil pollution. *Chemistry of Plant Raw Material*, 2, 291–298. doi: <https://doi.org/10.14258/jcpm.2020025552>
11. Babashli, A., Akhundova, N., Gadimova, N. (2022). Biodegradation of phenols and halogenated derivatives of aromatic carbohydrogens by bacteria specific to the genus *Pseudomonas* and *Arthrobacter*. *RT&A*, 17 (4 (70)), 567–572. doi: <https://doi.org/10.24412/1932-2321-2022-470-567-572>
12. Veliev, M. G., Danielsson, B., Salmanov, M. A., Aliyeva, A. R., Bektashi, N. R. (2008). Biodegradation of Baku oil and hydrocarbons by micromycetes. *Petroleum Chemistry*, 48 (1), 55–62. doi: <https://doi.org/10.1007/s11494-008-1011-y>
13. Brakstad, O. G., Bonaunet, K. (2006). Biodegradation of Petroleum Hydrocarbons in Seawater at Low Temperatures (0–5 °C) and Bacterial Communities Associated with Degradation. *Biodegradation*, 17 (1), 71–82. doi: <https://doi.org/10.1007/s10532-005-3342-8>
14. Belousova, N. I., Shkidchenko, A. N. (2004). Destruction of petroleum products of various concentrations by microorganisms at finite temperatures. *Prikl. biochemistry and microbiology*, 40 (3), 312–316.
15. Pyrchenkova, I. A., Gafarov, A. B., Puntus, I. F., Filonov, A. E., Boronin, A. M. (2006). Selection and characterization of active psychrotrophic microbial oil-degrading microorganisms. *Applied Biochemistry and Microbiology*, 42 (3), 263–269. doi: <https://doi.org/10.1134/s0003683806030070>
16. Veliyev, M. G., Salmanov, M. A., Alieva, S. R., Gamidova, K. M., Bektashi, N. R. (2013). Analysis of biodegradation products of individual oil hydrocarbons by high performance liquid chromatography. *Biology, Biological Sciences /6. Microbiology*. Available at: http://www.rusnauka.com/34_NIEK_2013/Biologia/6_148532.doc.htm
17. Goodfellow, M., Kämpfer, P., Busse, H.-J., Trujillo, M. E., Suzuki, K., Ludwig, W., Whitman, W. B. (Eds.) (2012). *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*. Springer, 2083. doi: <https://doi.org/10.1007/978-0-387-68233-4>

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.288341

CONSTRUCTION OF THE STOCHASTIC MODEL OF THERMAL RADIATION FROM A FLAMMABLE LIQUID SPILL FIRE (p. 25–33)

Olіynyk Volodymyr

National University of Civil Protection of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5193-1775>

The object of this study is the process of liquid combustion in the pool, and the subject of the study is the characteristics of the random process that describes the heat flow by radiation. Such, in particular, are the law of distribution, mathematical expectation, and correlation function. An experimental study of the combustion of used motor oil in a pool measuring 9.5×8.7 m² was carried out. The mathematical expectation and variance of the cross-sectional area of the flame were determined by video recording followed by the analysis of individual frames. Testing of the hypothesis about the normal law of distribution of the cross-sectional area showed that with a confidence probability of 0.95, the proposed hypothesis does not contradict the experimental data. A selective correlation function and its approximation in the form of $\sigma^2 \exp(-\alpha|t|)$ were constructed. Due to the linear relationship between the cross-sectional area and the heat flux by radiation from the fire, the latter will also have a normal distribution law. At the same time, the magnitude of pulsations (the ratio of the rms deviation to the mathematical expectation) for these random processes will be the same. The value of the parameter α of the correlation function will also be the same.

Taking into account the inertial properties of the device for measuring the heat flux density, a comparison of the experimentally measured values of the heat flux density with the calculated ones was carried out. The measurement results fall into the intervals corresponding to the confidence probability of 0.95. At the same time, the maximum deviation between calculated and experimental data is 14 %. From a practical point of view, the built stochastic model opens up possibilities for taking into account random flame pulsations when determining safe zones for the location of personnel and equipment. The model can be used to specify the thermal effect of fire on steel and concrete structures.

Keywords: flammable liquid spill, spill fire, stochastic model, heat flow.

References

1. Raja, S., Tauseef, S. M., Abbasi, T., Abbasi, S. A. (2018). Risk of Fuel Spills and the Transient Models of Spill Area Forecasting. *Journal of Failure Analysis and Prevention*, 18 (2), 445–455. doi: <https://doi.org/10.1007/s11668-018-0429-1>
2. Migalenko, K., Nuianzin, V., Zemlianskyi, A., Dominik, A., Pozdieiev, S. (2018). Development of the technique for restricting the propagation of fire in natural peat ecosystems. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (10 (91)), 31–37. doi: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.121727_2
3. Vasilchenko, A., Otrosh, Y., Adamenko, N., Doronin, E., Kovalov, A. (2018). Feature of fire resistance calculation of steel structures with intumescent coating. *MATEC Web of Conferences*, 230, 02036. doi: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201823002036>
4. Loboichenko, V., Strelec, V. (2018). The natural waters and aqueous solutions express-identification as element of determination of possible emergency situation. *Water and Energy International*, 61 (9), 43–50. Available at: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/10156>
5. Kustov, M. V., Kalugin, V. D., Tutunik, V. V., Tarakhno, E. V. (2019). Physicochemical principles of the technology of modified pyrotechnic compositions to reduce the chemical pollution of the atmosphere. *Voprosy Khimii i Khimicheskoi Tekhnologii*, 1, 92–99. doi: <https://doi.org/10.32434/0321-4095-2019-122-1-92-99>
6. Popov, O., Iatsyshyn, A., Kovach, V., Artemchuk, V., Kameneva, I., Taraduda, D. et al. (2020). Risk Assessment for the Population of Kyiv, Ukraine as a Result of Atmospheric Air Pollution. *Journal of Health and Pollution*, 10 (25), 200303. doi: https://doi.org/10.5696/2156-9614-10.25.200303_6

7. Liu, J., Li, D., Wang, Z., Chai, X. (2021). A state-of-the-art research progress and prospect of liquid fuel spill fires. *Case Studies in Thermal Engineering*, 28, 101421. doi: <https://doi.org/10.1016/j.csite.2021.101421>
8. Chen, Y., Fang, J., Zhang, X., Miao, Y., Lin, Y., Tu, R., Hu, L. (2023). Pool fire dynamics: Principles, models and recent advances. *Progress in Energy and Combustion Science*, 95, 101070. doi: <https://doi.org/10.1016/j.pecs.2022.101070>
9. Guo, Y., Xiao, G., Wang, L., Chen, C., Deng, H., Mi, H. et al. (2023). Pool fire burning characteristics and risks under wind-free conditions: State-of-the-art. *Fire Safety Journal*, 136, 103755. doi: <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2023.103755>
10. Huang, X., Huang, T., Zhuo, X., Tang, F., He, L., Wen, J. (2021). A global model for flame pulsation frequency of buoyancy-controlled rectangular gas fuel fire with different boundaries. *Fuel*, 289, 119857. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.119857>
11. Zhang, X., Fang, X., Miao, Y., Hu, L. (2020). Experimental study on pulsation frequency of free-, wall- and corner buoyant turbulent diffusion flames. *Fuel*, 276, 118022. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.118022>
12. Biswas, K., Zheng, Y., Kim, C. H., Gore, J. (2007). Stochastic time series analysis of pulsating buoyant pool fires. *Proceedings of the Combustion Institute*, 31 (2), 2581–2588. doi: <https://doi.org/10.1016/j.proci.2006.07.234>
13. Sun, X., Hu, L., Zhang, X., Ren, F., Yang, Y., Fang, X. (2021). Experimental study on flame pulsation behavior of external venting facade fire ejected from opening of a compartment. *Proceedings of the Combustion Institute*, 38 (3), 4485–4493. doi: <https://doi.org/10.1016/j.proci.2020.06.181>
14. 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>
15. Abramov, Y. A., Basmanov, O. E., Salamov, J., Mikhayluk, A. A. (2018). Model of thermal effect of fire within a dike on the oil tank. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 2, 95–101. doi: <https://doi.org/10.29202/nvngu/2018-2/12>
16. Abramov, Y., Basmanov, O., Salamov, J., Mikhayluk, A., Yashchenko, O. (2019). Developing a model of tank cooling by water jets from hydraulic monitors under conditions of fire. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (10 (97)), 14–20. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.154669>
17. Abramov, Y., Basmanov, O., Oliinik, V., Khmyrov, I., Khmyrova, A. (2022). Modeling the convective component of the heat flow from a spill fire at railway accident. *EUREKA: Physics and Engineering*, 6, 128–138. doi: <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2022.002702>
18. Shen, G., Zhou, K., Wu, F., Jiang, J., Dou, Z. (2018). A Model Considering the Flame Volume for Prediction of Thermal Radiation from Pool Fire. *Fire Technology*, 55 (1), 129–148. doi: <https://doi.org/10.1007/s10694-018-0779-y>
19. Ji, J., Ge, F., Qiu, T. (2021). Experimental and theoretical research on flame emissivity and radiative heat flux from heptane pool fires. *Proceedings of the Combustion Institute*, 38 (3), 4877–4885. doi: <https://doi.org/10.1016/j.proci.2020.05.052>
20. Li, Y., Jiang, J., Zhang, Q., Yu, Y., Wang, Z., Liu, H., Shu, C.-M. (2019). Static and dynamic flame model effects on thermal buckling: Fixed-roof tanks adjacent to an ethanol pool-fire. *Process Safety and Environmental Protection*, 127, 23–35. doi: <https://doi.org/10.1016/j.psep.2019.05.001>
21. Abramov, Y., Basmanov, O., Oliinik, V., Kolokolov, V. (2022). Stochastic model of heating the shell of a tank under the thermal effect of a fire. *Problems of Emergency Situations*, 35, 4–16. doi: <https://doi.org/10.52363/2524-0226-2022-35-1>
22. Abramov, Yu. A., Basmanov, A. E. (2006). Otsenka pul'satsiy plameni pri gorenii nefteproduktov. *Radioelektronika i informatika*, 1 (32), 40–42. Available at: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/278>
23. Drysdale, D. (2011). *An Introduction to Fire Dynamics*. John Wiley & Sons. doi: <https://doi.org/10.1002/9781119975465>
24. 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>
25. Pospelov, B., Andronov, V., Rybka, E., Skliarov, S. (2017). Design of fire detectors capable of self-adjusting by ignition. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (9 (88)), 53–59. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.108448>

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.289291

DETERMINATION OF HEAT TRANSFER PROCESS IN VERTICAL CABLE TUNNELS OF NUCLEAR POWER PLANTS UNDER REAL FIRE CONDITIONS (p. 34–42)

Serhii Troshkin

GU DSES of Ukraine in Zaporizhzhia Region,
Zaporizhzhia, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3795-2000>

Oleh Kulitsa

Cherkasy Institute of Fire Safety
named after Chernobyl Heroes of the National University
of Civil Defence of Ukraine, Cherkasy, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2589-6520>

Serhii Pozdieiev

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

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9085-0513>

Tetiana Kostenko

Cherkasy Institute of Fire Safety
named after Chernobyl Heroes of the National University
of Civil Defence of Ukraine, Cherkasy, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9426-8320>

Oleh Zemlianskyi

Cherkasy Institute of Fire Safety
named after Chernobyl Heroes of the National University
of Civil Defence of Ukraine, Cherkasy, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2728-6972>

Nataliia Zaika

Cherkasy Institute of Fire Safety
named after Chernobyl Heroes of the National University
of Civil Defence of Ukraine, Cherkasy, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8757-5709>

The object of the study was heat and mass transfer processes occurring in vertical cable tunnels. The problem to be solved was the definition of process mechanisms in the inner space of the tunnel. For this, field tests were conducted, mathematical models were created, and computational experiments were conducted to establish specific parameters that affect the temperature regime of a fire in a vertical cable tunnel of a nuclear power plant. The dynamics of temperature changes with known geometric parameters

and fire load were determined, and the adequacy of mathematical models built in the Fire Dynamics Simulator software was investigated and computational experiments were carried out. It has been proven that they consist in determining the temperature regime in a vertical cable tunnel of a nuclear power plant with known technical and geometric parameters. Such studies have practical applications in the field of safety of nuclear power plants and the development of new technologies in this field. An important conclusion of these studies is the possibility of determining the fire resistance of building structures of vertical cable tunnels of nuclear power plants with the selection of the most severe temperature regime, according to the conducted field test. This means that research results can be used in practice in designing and evaluating the safety of such objects.

The conducted research established that the temperature in the inner space of the tunnel can reach values from 1200 to 1400 °C. The following factors influence the maximum temperature value and the maximum time to reach the maximum temperature in the fire cell: fire load, height and area of the tunnel. With a lower fire load, the maximum temperature in the vertical cable tunnel of the nuclear power plant was 75 % lower. Therefore, the results of these studies have a direct practical application in the field of safety of nuclear power plants and can be used to improve and develop new technologies in this field.

Keywords: full-scale fire tests, nuclear power plant, vertical cable tunnel, fire temperature regime.

References

- International Atomic Energy Agency. Fire Safety in the Operation of Nuclear Power Plants, IAEA Safety Standards Series No. NS-G-2.1, IAEA (2000). Vienna. Available at: <https://www.iaea.org/publications/6018/fire-safety-in-the-operation-of-nuclear-power-plants>
- UNE EN 1991-1-2:2019. Eurocode 1: Actions on structures - Part 1-2: General actions - Actions on structures exposed to fire. Available at: https://www.en-standard.eu/une-en-1991-1-2-2019-eurocode-1-actions-on-structures-part-1-2-general-actions-actions-on-structures-exposed-to-fire/?gclid=EAIaIQobChMI7PTbgLL_gQMVR-FuRBR08ewG3EAAAYASAAEgKBcfD_BwE
- EN 1992-1-2 (2004) (English): Eurocode 2: Design of concrete structures - Part 1-2: General rules - Structural fire design. Available at: <https://www.phd.eng.br/wp-content/uploads/2015/12/en.1992.1.2.2004.pdf>
- VII.4 Fire resistance of structures. Available at: <https://tunnelsmanual.piarc.org/sites/tunnels-manual/files/public/wysiwyg/import/Chapters%20PIARC%20reports/1999%2005.05.B%20Chap%207.4%20EN.pdf>
- Kovalyshyn, V. V. (2013). Perevirka na adekvatnist modeliuвання protsesiv rozvytku i hasinnia pozhezh v kabelnykh tuneliakh (v obmezhenykh ob'iemakh). Naukovyi visnyk Ukrainkoho naukovo-doslidnoho instytutu pozhezhnoi bezpeky, 1 (27), 38–44.
- Ji, J., Bi, Y., Venkatasubbaiah, K., Li, K. (2016). Influence of aspect ratio of tunnel on smoke temperature distribution under ceiling in near field of fire source. Applied Thermal Engineering, 106, 1094–1102. doi: <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2016.06.086>
- Tian, X., Zhong, M., Shi, C., Zhang, P., Liu, C. (2017). Full-scale tunnel fire experimental study of fire-induced smoke temperature profiles with methanol-gasoline blends. Applied Thermal Engineering, 116, 233–243. doi: <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2017.01.099>
- Modic, J. (2003). Fire simulation in road tunnels. Tunnelling and Underground Space Technology, 18 (5), 525–530. doi: [https://doi.org/10.1016/s0886-7798\(03\)00069-5](https://doi.org/10.1016/s0886-7798(03)00069-5)
- Vaari, J. et al. (2012). Numerical simulations on the performance of waterbased fire suppressions systems. VTT Technology, 54. Available at: <https://publications.vtt.fi/pdf/technology/2012/T54.pdf>
- Sun, J., Fang, Z., Tang, Z., Beji, T., Mercı, B. (2016). Experimental study of the effectiveness of a water system in blocking fire-induced smoke and heat in reduced-scale tunnel tests. Tunnelling and Underground Space Technology, 56, 34–44. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tust.2016.02.005>
- Zhang, P., Tang, X., Tian, X., Liu, C., Zhong, M. (2016). Experimental study on the interaction between fire and water mist in long and narrow spaces. Applied Thermal Engineering, 94, 706–714. doi: <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2015.10.110>
- Troshkin, S. E., Sidney, S. A., Tischenko, E. A., Nekora, O. V. (2015). Issledovanie adekvatnosti rezul'tatov matematicheskogo modelirovaniya dinamiki pozhara v pomeschenii s pomosh'yu programmogo kompleksa FDS. Pozharnaya bezopasnost': teoriya i praktika, 20, 104–109.
- Forney, G. P. (2007). User's Guide for Smokeview Version 5-A Tool for Visualizing Fire Dynamics Simulation Data. NIST Special Publication 1017-1. Available at: <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/SpecialPublications/NIST.SP.1017-1.pdf>
- Yelahin, H. I., Yelahin, H. I., Shkarabura, M. H., Kryshchal, M. A., Tyshchenko, O. M. (2013). Osnovy teorii rozvytku i pryypynennia horinnia. Cherkasy: Akademiya pozhezhnoi bezpeky imeni Heroiv Chornobylia, 460.
- Nuianzin, O. M., Nekora, O. V., Pozdieiev, S. V. et al. (2019). Metody matematychnoho modeliuвання teplovykh protsesiv pry vyprobuvanniakh na vohnestiyykist zalizobetonnykh budivelnnykh konstruktsey. Cherkasy: ChIPB im. Heroiv Chornobylia NUTsZ Ukrainy, 120.
- Kaptsov, I. I. et al. (2009). Metodychni vkazivky do naukovo-doslidnytskoi praktyky z dystsypliny «Orhanizatsiya naukovykh doslidzhen» (Statystychni metody. Analiz ta oformlennia naukovykh doslidzhen). Kharkiv: KhNAMH, 59.

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.288174

INFLUENCE OF THE FACADE SLOPE ON FIRE PROPAGATION PROCESSES ON HIGHER FLOORS (p. 43–52)

Yaroslav Ballo

Institute of Public Administration and Research in Civil Protection, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9044-1293>

Vadym Nizhnyk

Institute of Public Administration and Research in Civil Protection, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3370-9027>

Roman Veselivskyy

Lviv State University of Life Safety, Lviv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3266-578X>

Oleksandr Kagitin

Lviv State University of Life Safety, Lviv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2482-8422>

The study considers the issue of the influence of the structural parameters of the facade on the processes of fire propagation through the external enclosing structures of buildings. The object of the study is the process of temperature changes on the surface of the inclined external enclosing structures of the building due to the action of fire.

The study of the influence of the angles of inclination of the facade on the processes of fire propagation and the nature of temperature distributions on the surface of the facade was carried out. During the research, the methodology of experimental tests was used to limit the spread of fire along the facades using an installation that allows you to reproduce the angles of inclination. As the studied fragment of the facade, an external enclosing structure made of non-combustible materials without external cladding was used. Thermocouples were placed on the surface of the facade, which made it possible to obtain temperature data near its surface in real mode throughout the duration of the research.

A class 34B model fire source provided a fire load of at least 2,200 MJ/m² and an average temperature of 800–850 °C throughout the duration of the research.

It was found that in the presence of a slope of the facade at an angle of +20°, an increase in temperature near the surface of the studied area by 24–26 % was observed. In the presence of an inclination of the facade at an angle of –20°, a decrease in temperature near the surface of the studied area by up to 55 % was observed.

The obtained dependences will make it possible to review the approaches to the existing field methods of fire hazard assessment of facade systems. The practical result of the implementation of the obtained data may be the introduction of changes to building regulations to increase the level of fire protection of facade systems and buildings in general.

Keywords: assessment of the spread of facade fire, patterns of fire spread, inclined facade fires, methods of facade testing.

References

1. Analitichni materialy. Institute of Public Administration and Research in Civil Protection. Available at: <https://idundcz.dsns.gov.ua/statistika-pozhezh/analitichni-materiali>
2. Spearpoint, M. J., Fu, I., Frank, K. (2019). Façade fire incidents in tall buildings. *CTBUH Journal*, II, 34–39. Available at: https://www.researchgate.net/publication/332555283_Façade_fire_incidents_in_tall_buildings
3. Ballo, Ya. (2022). Creation of an experimental test bench within the framework of fire spread limitation research building facades. *Naukovyi visnyk: Tsyvilnyi zakhyst ta pozhehzna bezpeka*, 2 (14), 21–34. Available at: <https://nvcz.undicz.org.ua/index.php/nvz/article/view/173/116>
4. Regulation (EU) No 305/2011 Of The European Parliament and of the Council. Available at: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:088:0005:0043:EN:PDF#:~:text=This%20Regulation%20lays%20down%20conditions,CE%20marking%20on%20those%20products>
5. NFPA 5000. Building Construction and Safety Code. Available at: <https://atapars.com/wp-content/uploads/2021/01/atapars.com-NFPA-5000-2006.pdf>
6. External wall assemblies and facade claddings. Reaction to fire (1994). SP Fire 105. Available at: https://skalflex.dk/UserFiles/Diverse%20PDF/SP_FIRE_105_Fasader.pdf
7. Dréan, V., Schillinger, R., Auguin, G. (2016). Fire exposed facades: Numerical modelling of the LEPIR2 testing facility. *MATEC Web of Conferences*, 46, 03001. doi: <https://doi.org/10.1051/mateconf/20164603001>
8. BS 8414-1:2015+A1:2017 test referred to as DCLG test 1. Available at: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/648789/DCLGtest1_BS_8414_Part_1_test_report_Issue1.2.pdf
9. DIN 4102-20:2016-03 (DRAFT). Fire behaviour of building materials and building components - part 20: complementary verification for the assessment of the fire behaviour of external wall claddings. Available at: https://infostore.saiglobal.com/en-gb/standards/din-4102-20-2016-443348_saig_din_din_1000400/
10. Ballo, Y., Yakovchuk, R., Nizhnyk, V., Sizikov, O., Kuzyk, A. (2020). Investigation of design parameters facade fire-fighting eaves for prevent the spread of fires on facade structures of high-rise buildings. *Fire Safety*, 37, 16–23. doi: <https://doi.org/10.32447/20786662.37.2020.03>
11. AS 5113:2016 (+A1:2018). Fire propagation testing and classification of external walls of buildings. Available at: <https://codehub.building.govt.nz/resources/as-51132016-a12018/#!/#resource-detail>
12. GB/T 29416-2012 (GB/T29416-2012). Test method for fire-resistant performance of external wall insulation systems applied to building facades. Available at: <https://www.chinesestandard.net/Related.aspx/GBT29416-2012>
13. CAN/ULC-S134-13: Standard Method of Fire Test of Exterior Wall Assemblies. Available at: <https://quickpanels.com/wp-content/uploads/sites/3/2021/11/Larson%C2%AE-by-Alucoil%C2%AE-CAN-ULC-S134-13.pdf>
14. NFPA 285. Standard Fire Test Method for Evaluation of Fire Propagation Characteristics of Exterior Wall Assemblies Containing Combustible Components. Available at: <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/detail?code=285>
15. Anderson, J., Boström, L., Chiva, R., Guillaume, E., Colwell, S., Hofmann, A., Tóth, P. (2020). European approach to assess the fire performance of façades. *Fire and Materials*, 45 (5), 598–608. doi: <https://doi.org/10.1002/fam.2878>
16. White, N., Delichatsios, M., Ahrens, M., Kimball, A. (2013). Fire hazards of exterior wall assemblies containing combustible components. *MATEC Web of Conferences*, 9, 02005. doi: <https://doi.org/10.1051/mateconf/20130902005>
17. Tu, R., Ma, X., Zeng, Y., Zhou, X., Zhang, Q. (2020). Influences of Sub-Atmospheric Pressure on Upward Flame Spread over Flexible Polyurethane Foam Board with Multiple Inclinations. *Applied Sciences*, 10 (20), 7117. doi: <https://doi.org/10.3390/app10207117>
18. Kate, T. Q., Weerasinghe, P., Mendis, P., Ngo, T. (2016). Performance of modern building façades in fire: a comprehensive review. *Electronic Journal of Structural Engineering*, 16, 69–87. doi: <https://doi.org/10.56748/ejse.16212>
19. Skorobagatko T., Dobrostan, A., Novak, S. (2020). Analysis of the european methods of evaluation of the resistance of heat insulation of composite façade systems to fire propagation. *Scientific Bulletin: Civil Protection and Fire Safety*, 1 (9), 94–106. doi: <https://doi.org/10.33269/nvz.2020.1.94-106>
20. Anderson, J., Boström, L., Jansson McNamee, R., Milovanović, B. (2018). Experimental comparisons in façade fire testing considering SP Fire 105 and the BS 8414-1. *Fire and Materials*, 42 (5), 484–492. doi: <https://doi.org/10.1002/fam.2517>
21. Bjegović, D., Pečur, I. B., Milovanović, B., Rukavina, M. J., Alagušić, M. (2016). Comparative full-scale fire performance testing of ETICS systems. *GRADEVINAR*, 68 (5), 357–369. doi: <https://doi.org/10.14256/jce.1347.2015>
22. Anderson, J., Jansson, R. (2013). Fire dynamics in façade fire tests: measurement and modelling. *Proceedings of Interflam*. doi: <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.1.3025.9684>
23. Zhou, B. (2014). Application and Design Requirements of Fire Windows in Buildings. *Procedia Engineering*, 71, 286–290. doi: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.04.041>
24. Instruktsiya z provedennia mizhlaboratornykh porivnialnykh vyprovuban u sferi pozhehzhnoi bezpeky (2007). Kyiv.

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.288938

DYNAMICS OF SKEWNESS AND KURTOSIS OF DANGEROUS ENVIRONMENTAL PARAMETERS IN THE EVENT OF FIRE (p. 53–62)**Boris Pospelov**Scientific-Methodical Center of Educational Institutions
in the Sphere of Civil Defence, Kyiv, UkraineORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0957-3839>**Vladimir Andronov**National University of Civil Defence of Ukraine,
Kharkiv, UkraineORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7486-482X>**Yuliia Bezuhla**National University of Civil Defence of Ukraine,
Kharkiv, UkraineORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4022-2807>**Roman Lukysha**National University of Civil Defence of Ukraine,
Kharkiv, UkraineORCID: <https://orcid.org/0009-0006-8039-0812>**Tatiana Lutsenko**National University of Civil Defence of Ukraine,
Kharkiv, UkraineORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7373-4548>**Yurii Kozar**Luhansk State Medical University,
Rivne, UkraineORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6424-6419>**Mikhail Kravtsov**Kharkiv National Automobile and Highway University,
Kharkiv, UkraineORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3218-2182>**Larisa Gula**Mykolayiv National Agrarian University,
Mykolayiv, UkraineORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5775-9478>**Oleksandr Nepsha**Bogdan Khmelnytsky Melitopol State Pedagogical University,
Zaporizhzhia, UkraineORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3929-9946>**Tetiana Zavalova**Bogdan Khmelnytsky Melitopol State Pedagogical University,
Zaporizhzhia, UkraineORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0040-2611>

The object of this study is the dynamics of skewness and kurtosis of the selective distribution of dangerous parameters of the gas environment in the current time when materials are ignited. The theoretical substantiation of the methodology for determining the dynamics of skewness and kurtosis based on a sample of an arbitrary size of dangerous parameters of the gas medium moving in the current time of observation has been performed. Thresholds for current skewness and kurtosis are determined depending on sample size and null hypothesis significance levels. The procedure makes it possible to investigate the peculiarities of the dynamics of skewness and kurtosis and to identify moments of time for which alternative hypotheses (stability of parameter dynamics) are valid. Laboratory experiments were conducted to study the dynamics of skewness and kurtosis in terms of carbon monoxide concentration, smoke density, and the temperature of the gas en-

vironment during the ignition of alcohol and textiles. The results indicate that the investigated dangerous parameters are generally not Gaussian in the observation interval. It was found that the nature of the dynamics of measures of the current sample distributions of dangerous parameters depends on the type of ignition material and the dangerous parameter. It was established that in the absence of ignition, the dynamics of skewness and kurtosis of dangerous parameters is characterized by different directional skewness and kurtosis. In the event of ignition, the dynamics of skewness and kurtosis are fluctuating (from -4 to 18), which indicates the instability of the development of the dangerous parameter over time. The specified procedure creates an opportunity to detect the instability of the development of a dangerous parameter, which in practice makes it possible to detect the occurrence of fires (with a given reliability) in order to eliminate them and prevent the occurrence of a fire.

Keywords: skewness, kurtosis, sampling distribution, dangerous parameters, gas environment, ignition.

References +

1. Tiutiunyk, V. V., Ivanets, H. V., Tolkunov, I. A., Stetsyuk, E. I. (2018). System approach for readiness assessment units of civil defense to actions at emergency situations. *Scientific Bulletin of National Mining University*, 1, 99–105. doi: <https://doi.org/10.29202/nvngu/2018-1/7>
2. Semko, A. N., Beskrovnaya, M. V., Vinogradov, S. A., Hritsina, I. N., Yagudina, N. I. (2014). The usage of high speed impulse liquid jets for putting out gas blowouts. *Journal of Theoretical and Applied Mechanics*, 52 (3), 655–664. Available at: <http://jtam.pl/The-usage-of-high-speed-impulse-liquid-jets-for-putting-out-gas-blowouts-,102145,0,2.html>
3. Loboichenko, V. M., Vasyukov, A. E., Tishakova, T. S. (2017). Investigations of Mineralization of Water Bodies on the Example of River Waters of Ukraine. *Asian Journal of Water, Environment and Pollution*, 14 (4), 37–41. doi: <https://doi.org/10.3233/ajw-170035>
4. Vambol, S., Vambol, V., Kondratenko, O., Koloskov, V., Suchikova, Y. (2018). Substantiation of expedience of application of high-temperature utilization of used tires for liquefied methane production. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, 2 (87), 77–84. doi: <https://doi.org/10.5604/01.3001.0012.2830>
5. 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)
6. 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)
7. Vambol, S., Vambol, V., Sobyna, V., Koloskov, V., Poberezhna, L. (2019). Investigation of the energy efficiency of waste utilization technology, with considering the use of low-temperature separation of the resulting gas mixtures. *Energetika*, 64 (4). doi: <https://doi.org/10.6001/energetika.v64i4.3893>
8. Barannik, V., Ryabukha, Y., Barannik, N., Barannik, D. (2020). Indirect Steganographic Embedding Method Based on Modifications of the Basis of the Polyadic System. 2020 IEEE 15th International Conference on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (TCSET). doi: <https://doi.org/10.1109/tcset49122.2020.235522>

9. Barannik, V., Babenko, Y., Kulitsa, O., Barannik, V., Khimenko, A., Matviichuk-Yudina, O. (2020). Significant Microsegment Transformants Encoding Method to Increase the Availability of Video Information Resource. 2020 IEEE 2nd International Conference on Advanced Trends in Information Theory (ATIT). doi: <https://doi.org/10.1109/atit50783.2020.9349256>
10. Sadkovyi, V., Andronov, V., Semkiv, O., Kovalov, A., Rybka, E., Otrosh, Yu. et al.; Sadkovyi, V., Rybka, E., Otrosh, Yu. (Eds.) (2021). Fire resistance of reinforced concrete and steel structures. Kharkiv: PC TECHNOLOGY CENTER, 180. doi: <https://doi.org/10.15587/978-617-7319-43-5>
11. 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>
12. 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/e3sconf/201912301012>
13. 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>
14. Kondratenko, O. M., Vambol, S. O., Strokov, O. P., Avramenko, A. M. (2015). Mathematical model of the efficiency of diesel particulate matter filter. *Naukovyi visnyk Natsionalnoho hirnychoho universytetu*, 6, 55–61. Available at: <https://nvngu.in.ua/index.php/en/component/jdownloads/finish/57-06/8434-2015-06-kondratenko/0>
15. Vasyukov, A., Loboichenko, V., Bushtec, S. (2016). Identification of bottled natural waters by using direct conductometry. *Ecology, Environment and Conservation*, 22 (3), 1171–1176.
16. Pospelov, B., Kovrehin, V., Rybka, E., Krainiukov, O., Petukhova, O., Butenko, T. et al. (2020). Development of a method for detecting dangerous states of polluted atmospheric air based on the current recurrence of the combined risk. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (9 (107)), 49–56. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.213892>
17. World Fire Statistics (2022). CTIF, 27. Available at: https://www.ctif.org/sites/default/files/2022-08/CTIF_Report27_ESG.pdf
18. Kovalov, A., Otrosh, Y., Ostroverkh, O., Hrushovinchuk, O., Savchenko, O. (2018). Fire resistance evaluation of reinforced concrete floors with fire-retardant coating by calculation and experimental method. *E3S Web of Conferences*, 60, 00003. doi: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20186000003>
19. Chernukha, A., Teslenko, A., Kovalov, P., Bezuglov, O. (2020). Mathematical Modeling of Fire-Proof Efficiency of Coatings Based on Silicate Composition. *Materials Science Forum*, 1006, 70–75. doi: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/msf.1006.70>
20. Pospelov, B., Andronov, V., Rybka, E., Popov, V., Romin, A. (2018). Experimental study of the fluctuations of gas medium parameters as early signs of fire. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (10 (91)), 50–55. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.122419>
21. 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>
22. 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>
23. Pospelov, B., Andronov, V., Rybka, E., Samoilo, M., Krainiukov, O., Biryukov, I. et al. (2021). Development of the method of operational forecasting of fire in the premises of objects under real conditions. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (10 (110)), 43–50. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.226692>
24. Muhammad, K., Ahmad, J., Baik, S. W. (2018). Early fire detection using convolutional neural networks during surveillance for effective disaster management. *Neurocomputing*, 288, 30–42. doi: <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2017.04.083>
25. 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>
26. Muhammad, K., Ahmad, J., Mehmood, I., Rho, S., Baik, S. W. (2018). Convolutional Neural Networks Based Fire Detection in Surveillance Videos. *IEEE Access*, 6, 18174–18183. doi: <https://doi.org/10.1109/access.2018.2812835>
27. Andronov, V., Pospelov, B., Rybka, E., Skliarov, S. (2017). Examining the learning fire detectors under real conditions of application. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (9 (87)), 53–59. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.101985>
28. 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)
29. 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>
30. Wu, Y., Harada, T. (2004). Study on the Burning Behaviour of Plantation Wood. *Scientia Silvae Sinicae*, 40 (2), 131. doi: <https://doi.org/10.11707/j.1001-7488.20040223>
31. Ji, J., Yang, L., Fan, W. (2003). Experimental Study on Effects of Burning Behaviors' of Materials Caused by External Heat Radiation. *JCST*, 9, 139.
32. Peng, X., Liu, S., Lu, G. (2005). Experimental Analysis on Heat Release Rate of Materials. *Journal of Chongqing University*, 28, 122.
33. Pospelov, B., Andronov, V., Rybka, E., 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>
34. 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>
35. 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>

36. 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>
37. Sadkovyi, V., Pospelov, B., Rybka, E., Kreminskyi, B., Yashchenko, O., Bezuhla, Y. et al. (2022). Development of a method for assessing the reliability of fire detection in premises. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (10 (117)), 56–62. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.259493>
38. Pospelov, B., Rybka, E., Samoilo, M., Morozov, I., Bezuhla, Y., Butenko, T. et al. (2022). Defining the features of amplitude and phase spectra of dangerous factors of gas medium during the ignition of materials in the premises. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (10 (116)), 57–65. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.254500>
39. 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>
40. Pospelov, B., Andronov, V., Rybka, E., Chubko, L., Bezuhla, Y., Gordichuk, S. et al. (2023). Revealing the peculiarities of average bicoherence of frequencies in the spectra of dangerous parameters of the gas environment during fire. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (10 (121)), 46–54. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.272949>
41. Du, L., Liu, H., Bao, Z. (2005). Radar HRRP target recognition based on higher order spectra. *IEEE Transactions on Signal Processing*, 53 (7), 2359–2368. doi: <https://doi.org/10.1109/tsp.2005.849161>
42. Hayashi, K., Mukai, N., Sawa, T. (2014). Simultaneous bicoherence analysis of occipital and frontal electroencephalograms in awake and anesthetized subjects. *Clinical Neurophysiology*, 125 (1), 194–201. doi: <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2013.06.024>
43. 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
44. Mykhailiuk, O. P. (2018). Osoblyvosti otsinky nebezpechnykh faktoriv pozhezh. *Materialy IXh Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsiyi «Teoriya i praktyka hasinnia pozhezh ta likvidatsii nadzvychainykh situatsiy»*. Cherkasy, 270–271. Available at: <https://nuczu.edu.ua/images/topmenu/science/konferentsii/2018/5.pdf>
45. *Pasport. Spovishchuvach pozhezhnyy teplovyy tochkovy. Arton*. Available at: https://ua.arton.com.ua/files/passports/%D0%A2%D0%9F%D0%A2-4_UA.pdf
46. *Pasport. Spovishchuvach pozhezhnyy dymovy tochkovy optychnyi. Arton*. Available at: https://ua.arton.com.ua/files/passports/spd-32_new_pas_ua.pdf
47. *Optical/Heat Multi-sensor Detector (2019)*. Discovery, 1.
48. McGrattan, K., Hostikka, S., McDermott, R., Floyd, J., Weinschenk, C., Overholt, K. (2016). *Fire Dynamics Simulator Technical Reference Guide*. National Institute of Standards and Technology. Vol. 3. NIST. Available at: https://www.fse-italia.eu/PDF/Manuali-FDS/FDS_Validation_Guide.pdf
49. Floyd, J., Forney, G., Hostikka, S., Korhonen, T., McDermott, R., McGrattan, K. (2013). *Fire Dynamics Simulator (Version 6) User's Guide*. National Institute of Standard and Technology. Vol. 1. NIST.
50. Levin, B. R. (1989). *Teoreticheskie osnovy statisticheskoy radiotekhniki*. Moscow: Radio i svyaz', 656.
51. Orlov, Yu. N., Osminin, K. P. (2008). Postroenie vyborochnoy funktsii raspredeleniya dlya prognozirovaniya nestatsionarnogo vremennogo ryada. *Matematicheskoe modelirovanie*, 20 (9), 23–33.
52. NIST/SEMATECH (2012). *e-Handbook of Statistical Methods*. doi: <https://doi.org/10.18434/M32189>
53. Dragotti, P. L., Vetterli, M., Blu, T. (2007). Sampling Moments and Reconstructing Signals of Finite Rate of Innovation: Shannon Meets Strang–Fix. *IEEE Transactions on Signal Processing*, 55 (5), 1741–1757. doi: <https://doi.org/10.1109/tsp.2006.890907>
54. *An introduction to kernel density estimation (2001)*. Available at: <https://www.mvstat.net/tduong/research/seminars/seminar-2001-05/>
55. Derr, V. Ya. (2021). *Teoriya veroyatnostey i matematicheskaya statistika*. Sankt-Peterburg: Lan', 596.
56. Rakhmangulov, R. S., Ishbirdin, A. R., Salpagarova, A. S. (2014). Is fluctuating asymmetry an index of destabilization or finding ways to adaptive morphogenesis? *Vestnik Bashkirskogo universiteta*, 19 (3).
57. Baranov, S. G., Burdakova, N. E. (2015). Otsenka stabil'nosti razvitiya. *Metodicheskie podkhody*. Vladimir: VIGU, 72.

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.289341

DETERMINING THERMAL AND PHYSICAL CHARACTERISTICS OF WOOD POLYMER MATERIAL FOR PIPELINE THERMAL INSULATION (p. 63–72)

Yuriy Tsapko

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,
Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0625-0783>

Ivan Kasianchuk

Ukrainian State Research Institute «Resurs»,
Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-3741-2903>

Ruslan Likhnyovskiy

Institute of Public Administration and Research
in Civil Protection, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9187-9780>

Aleksii Tsapko

Ukrainian State Research Institute «Resurs»,
Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2298-068X>

Vitalii Kovalenko

Institute of Public Administration and Research
in Civil Protection, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5780-5684>

Vadym Nizhnyk

Institute of Public Administration and Research
in Civil Protection, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3370-9027>

Olga Bedratiuk

Institute of Public Administration and Research
in Civil Protection, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0642-9399>

Maryna Sukhanevych

Kyiv National University of Construction and Architecture,
Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9644-2852>

One of the methods for ensuring the efficiency of pipelines for transporting heat-carriers during operation is their thermal

insulation, which inhibits heat transfer processes and does not affect environmental indicators. Therefore, the object of research was wood, a polymer material made by polymerization of wood sawdust and dry mixtures of synthetic resins for thermal insulation of pipelines. It has been proven that in the process of thermal action on the heat insulating layer of wood polymer material, the process of heat inhibition involves the formation of pores. This is due to the fact that the thermal conductivity of the material depends on the volumetric mass, the decrease of which for a wood polymer product leads to a decrease in thermal conductivity. In this regard, the simulation of the process of heat transfer through a cylindrical heat-insulating layer made of wood of polymer material was carried out and the dependences derived, which allow obtaining a change in the dynamics of heat transfer and determining thermophysical properties. According to the experimental data and the established dependences, it was found that the thermal conductivity of the wood of the polymer material was within $2.4\div 2.9\cdot 10^{-8}$ m²/s, the thermal conductivity of the sample did not exceed 0.030 W/(m·K). In addition, the heat capacity of the product corresponds to a value of more than 1034÷1145 kJ/(kg·K) depending on the thickness, which accordingly categorizes it as a heat-insulating material. At the same time, data on thermal insulation properties for polyurethane foam show that when it is used with a density of 100 kg/m³, the thermal conductivity is 0.029 W/(m·K), which is approximately the same as the value of the proposed wood polymer material. The practical value is the fact that the results of determining the heat-insulating properties of a wood polymer material make it possible to establish the scope and conditions of its application.

Keywords: wood sawdust, binder resins, wood polymer material, thermal insulation of the pipeline, thermal conductivity.

References

1. Terhan, M. (2022). Optimization insulation thickness and reduction of CO₂ emissions for pipes in all generation district heating networks. *Science Progress*, 105 (3), 0036850422112222. doi: <https://doi.org/10.1177/00368504221122287>
2. Lugovoi, P., Shugailo, O., Orlenko, V., Diemienkov, V. (2020). Oscillation of Thermal Insulation Three-Layer Cylindrical Pipes under Operating Loads. *Nuclear and Radiation Safety*, 3 (87), 55–61. doi: [https://doi.org/10.32918/nrs.2020.3\(87\).07](https://doi.org/10.32918/nrs.2020.3(87).07)
3. Jakubek, D., Ocłoń, P., Nowak-Ocłoń, M., Sułowicz, M., Varbanov, P. S., Klemes, J. J. (2023). Mathematical modelling and model validation of the heat losses in district heating networks. *Energy*, 267, 126460. doi: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.126460>
4. Pan, Y., Cheng, X., Yan, M., He, P., Zhang, H. (2023). Silica aerogel and its application in the field of thermal insulation. *Chemical Industry and Engineering Progress*, 42 (1), 297–309. doi: <https://doi.org/10.16085/j.issn.1000-6613.2022-0512>
5. Suresh, S., Sundar, M., Lokavarapu, B. R. (2023). Optimum insulation thickness in process pipelines. *Materials Today: Proceedings*. doi: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.01.200>
6. Jing, M., Zhang, S., Fu, L., Cao, G., Wang, R. (2023). Reducing heat losses from aging district heating pipes by using cured-in-place pipe liners. *Energy*, 273, 127260. doi: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2023.127260>
7. Zhu, J., Li, X., Li, D., Jiang, C. (2022). Thermal Insulation and Flame Retardancy of the Hydroxyapatite Nanorods/Sodium Alginate Composite Aerogel with a Double-Crosslinked Structure. *ACS Applied Materials & Interfaces*, 14 (40), 45822–45831. doi: <https://doi.org/10.1021/acami.2c12254>
8. De Rosa, M., Bianco, V. (2023). Optimal insulation layer for heated water pipes under technical, economic and carbon emission constraints. *Energy*, 270, 126961. doi: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2023.126961>
9. Küçüktopcu, E., Cemek, B., Simsek, H. (2022). The Economic and Environmental Impact of Greenhouse Heating Pipe Insulation. *Sustainability*, 14 (1), 549. doi: <https://doi.org/10.3390/su14010549>
10. Zhao, Y., Dieckmann, E., Cheeseman, C. (2020). Low-temperature thermal insulation materials with high impact resistance made from feather-fibres. *Materials Letters: X*, 6, 100039. doi: <https://doi.org/10.1016/j.mlblux.2020.100039>
11. Jiang, D., Wang, Y., Li, B., Sun, C., Guo, Z. (2020). Environmentally friendly alternative to polyester polyol by corn straw on preparation of rigid polyurethane composite. *Composites Communications*, 17, 109–114. doi: <https://doi.org/10.1016/j.coco.2019.11.007>
12. Alamnia, A. T., Samuel Fatoba, O., Jen, T.-C. (2022). Heat Transfer Investigation in Natural Fibers Insulation for Steam Pipes Application. 2022 IEEE 13th International Conference on Mechanical and Intelligent Manufacturing Technologies (ICMIMT). doi: <https://doi.org/10.1109/icmimt55556.2022.9845292>
13. Zhang, L., Zou, Y., Yang, Y., Chen, X., Dai, Y., Zhou, C., Xu, H. (2023). Design and optimization of thermal insulation structure for high-temperature pipeline inside the lower tank wall. *Annals of Nuclear Energy*, 192, 109988. doi: <https://doi.org/10.1016/j.anucene.2023.109988>
14. Banushi, G., Vega, A., Weidlich, I., Yarahmadi, N., Kim, J., Jakubowicz, I., Sällström, J. H. (2021). Durability of District Heating Pipelines Exposed to Thermal Aging and Cyclic Operational Loads. *Journal of Pipeline Systems Engineering and Practice*, 12 (1). doi: [https://doi.org/10.1061/\(asce\)ps.1949-1204.0000521](https://doi.org/10.1061/(asce)ps.1949-1204.0000521)
15. 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. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.273364>
16. DSTU B V.2.6-189:2013. Methods for choosing of insulation material for insulation of buildings (2014). Kyiv: Minrehion Ukrainy.
17. DSTU B V.2.7-105-2000. Metod vyznachennia teploprovodnosti i termichnoho oporu pry stacionarnomu teplovomu rezhymi (2001). Kyiv: Derzhbud.
18. Tsapko, Y., Zavalov, D., Bondarenko, O., Marchenko, N., Mazurchuk, S., Horbachova, O. (2019). Determination of thermal and physical characteristics of dead pine wood thermal insulation products. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (10 (100)), 37–43. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.175346>
19. Janna, W. S. (2010). *Engineering Heat Transfer*. CRC Press, 692. Available at: <https://www.routledge.com/Engineering-Heat-Transfer/Janna/p/book/9781420072020>
20. Potter, M. C. (2018). *Engineering analysis*. Springer, 434. doi: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-91683-5>
21. Cengel, Y. A. (2009). *Introduction to Thermodynamics and Heat Transfer*. McGraw-Hill, 960.
22. DIN EN 253:2009. District Heating Pipes - Preinsulated Bonded Pipe Systems For Directly Buried Hot Water Networks - Pipe Assembly Of Steel Service Pipe, Polyurethane Thermal Insulation And Outer Casing Of Polyethylene. Available at: <https://webstore.ansi.org/standards/din/dinen2532009>
23. Tsapko, Y., Rogovskii, I., Titova, L., Bilko, T., Tsapko, A., Bondarenko, O., Mazurchuk, S. (2020). Establishing regularities in

- the insulating capacity of a foaming agent for localizing flammable liquids. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (10 (107)), 51–57. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.215130>
24. Tsapko, Y., Likhnyovskyi, R., Tsapko, A., Kovalenko, V., Slutska, O., Illiuchenko, P. et al. (2023). Determining the patterns of extinguishing polar flammable liquids with a film-forming foaming agent. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (10 (123)), 48–56. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.278910>
25. Tsapko, Y., Horbachova, O., Tsapko, A., Mazurchuk, S., Zavalov, D., Buiskykh, N. (2021). Establishing regularities in the propagation of phase transformation front during timber thermal modification. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (10 (109)), 30–36. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.225310>
26. Tsapko, Y., Rogovskii, I., Titova, L., Shatrov, R., Tsapko, A., Bondarenko, O., Mazurchuk, S. (2020). Establishing patterns of heat transfer to timber through a protective structure. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (10 (108)), 65–71. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.217970>
27. Tsapko, Y., Lomaha, V., Vasylyshyn, R., Melnyk, O., Balanyuk, V., Tsapko, A. et al. (2022). Establishing regularities in the reduction of flammable properties of wood protected with two-component intumescent varnish. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (10 (117)), 63–71. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.259582>

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.289289

ОЦІНКА НАКОПИЧЕННЯ ЗАЛІЗА ТА ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ҐРУНТАХ ЗОНИ БОЙОВИХ ДІЙ (с. 6–16)**Г. Г. Трохименко, С. М. Літвак, О. А. Літвак, А. В. Андрєєва, О. В. Рабіч, Л. О. Чумак, М. М. Налісько, М. Ю. Трошин, Б. М. Комариста, Д. С. Сопов**

Об'єктом дослідження є ґрунти на територіях із активним перебігом військових операцій.

Дослідження присвячено оцінці впливу військових дій на довкілля за допомогою прогнозування.

Висвітлено вплив військового конфлікту на розподіл заліза та важких металів у ґрунтах. Проведено аналіз розподілу та взаємодії важких металів у ґрунті, що допомагає зрозуміти динаміку забруднення в умовах воєнного конфлікту, дозволяє зрозуміти складні процеси впливу воєнних дій на довкілля та стан ґрунтових ресурсів.

Розкрито складні взаємозв'язки між військовими діями та забрудненням довкілля, зроблено акцент на важливості вивчення розподілу та іммобілізації заліза та важких металів у сучасних умовах ризику поширення воєнних дій.

Досліджено, що у ґрунті найбільш швидко розповсюджуються метали: залізо (Fe), цинк (Zn), кадмій (Cd), сурма (Sb); найпопулярніше: арсен (As), свинець (Pb), мідь (Cu), нікель (Ni), ртуть (Hg), марганець (Mn), ванадій (V).

Виявлено, що суглинки та чорноземи більш схильні до накопичення важких металів та заліза, ніж піщані ґрунти. В порівнянні з піщаним ґрунтом у суглинку швидкість вивільнення металів зменшується від 16,7 % до 69,7 %. Визначено, що в порівнянні чорноземи до суглинку сповільнюється швидкість вивільнення від 17,85 %, до 32,08 %. Виявлено, що швидкість поширення барію, кобальту, арсену, свинцю, ртуті, марганцю, стронцію та титану не залежить від типу та механіко-параметрів ґрунту.

Практичне використання результатів сприятиме передбаченню механізму поширення забруднення, допоможе визначити зони найвищого ризику. Результати дослідження вказують на необхідність розробки науково обґрунтованих стратегій з охорони довкілля та сприяння сталому розвитку в зоні впливу воєнних подій.

Ключові слова: війна, іммобілізація металів, забруднення ґрунтів, важкі метали, вплив воєнних дій.

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.287467

РОЗКЛАДАННЯ НАФТИ І НАФТОПРОДУКТІВ МІКРООРГАНІЗМАМИ, ВИДІЛЕНИМИ З АЗЕРБАЙДЖАНСЬКОГО УЗБЕРЕЖЖЯ КАСПІЙСЬКОГО МОРЯ ЗА НИЗЬКИХ ТЕМПЕРАТУР (с. 17–24)**Aynur Babashli, Nazilya Akhundova, Natavan Gadimova**

Об'єктом дослідження є мікроорганізми, виділені з азербайджанської території Каспійського моря, здатні розкласти нафту і нафтопродукти за низьких температур 4–6 °С. Метою даної роботи було дослідження бактерій та грибків, здатних активно поглинати нафту, бензин, гас, дизельне паливо при температурі 4–6 °С, для вирішення проблеми забруднення навколишнього середовища в цьому регіоні.

Досліджені найбільш ефективні біодеструктори об'єднані в асоціації, які можуть бути використані для створення активного біопрепарату на основі нативних мікроорганізмів з подальшим його використанням для біоремедіації води, а також обробки резервуарів та інших ємностей, що використовуються для тривалого зберігання нафтопродуктів при температурі 4–6 °С.

Процес розкладання зразків відпрацьованих масел на молекулярному рівні вибраних сполук досліджували за допомогою обернено-фазової високоефективної рідинної хроматографії. В результаті хроматографічних та спектроскопічних досліджень було встановлено, що практично всі мікроорганізми розкладають випробовувані нафтопродукти. На хроматограмі залишилися лише слабкі піки, що є чітким показником глибокої біодеградації, здійснюваної цими мікроорганізмами. Завдяки хроматографічному та спектральному аналізу нафти та продуктів її розкладання встановлена послідовність окислення, що вказує на розкладання останньої ароматичної фракції. В результаті була отримана загальна картина про кількість продуктів розкладання, що містять карбоксильні, кето-, гідроксильні групи, чого недостатньо для визначення процесів перетворення вихідних продуктів в кінцеві. Усе це свідчить про різноспрямованість процесів біодеградації.

Ключові слова: біодеградація мікроорганізмів, нафта і нафтопродукти, Каспійське море, низька температура, рідинна хроматографія.

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.288341

РОЗРОБКА СТОХАСТИЧНОЇ МОДЕЛІ ТЕПЛОВОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ ВІД ПОЖЕЖІ РОЗЛИВУ ГОРЮЧОЇ РІДИНИ (с. 25–33)**В. В. Олійник**

Об'єктом дослідження є процес горіння рідини в басейні, а предметом дослідження – характеристики випадкового процесу, що описує тепловий потік випромінювання. Такими, зокрема, є закон розподілу, математичне очікування і кореляційна функція. Проведено експериментальне дослідження горіння відпрацьованого моторного мастила в басейні розмірами 9,5×8,7 м². Шляхом проведення відеозйомки з подальшим аналізом окремих кадрів визначено математичне очікування і дисперсію площі поперечного перерізу полум'я. Перевірка гіпотези про нормальний закон розподілу площі поперечного перерізу показала, що з довірою імовірністю 0,95 висунута гіпотеза не суперечить експериментальним даним. Побудовано вибіркочну кореляційну функцію та її апроксимацію

у вигляді $\sigma^2 \exp(-\alpha|\tau|)$. Внаслідок лінійного зв'язку між площею поперечного перерізу і тепловим потоком випромінюванням від пожежі останній також буде мати нормальний закон розподілу. При цьому величина пульсацій (відношення середньоквадратичного відхилення до математичного очікування) для цих випадкових процесів буде однаковою. Однаковим буде і значення параметра α кореляційної функції.

З урахуванням інерційних властивостей пристрою для вимірювання щільності теплового потоку проведено порівняння експериментально вимірених значень щільності теплового потоку з розрахунковими. Результати вимірювань потрапляють в інтервали, що відповідають довірчій імовірності 0,95. При цьому максимальне відхилення між розрахунковими і експериментальними даними складає 14 %. З практичної точки зору побудована стохастична модель відкриває можливості для врахування випадкових пульсацій подум'я при визначенні безпечних зон для розташування особового складу та техніки. Модель може бути використана для уточнення теплового впливу пожежі на сталеві і бетонні конструкції.

Ключові слова: розлив горючої рідини, пожежа розливу, стохастична модель, тепловий потік.

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.289291

ВИЗНАЧЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ПРОЦЕСУ ТЕПЛОМАСОПЕРЕНОСУ У ВЕРТИКАЛЬНИХ КАБЕЛЬНИХ ТУНЕЛЯХ АТОМНОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ СТАНЦІЇ ЗА УМОВ РЕАЛЬНИХ ПОЖЕЖ (с. 34–42)

С. Е. Трошкін, О. С. Куліца, С. В. Поздєєв, Т. В. Костенко, О. М. Землянський, Н. П. Заїка

Об'єктом дослідження були процеси тепломасоперееносу, що виникають у вертикальних кабельних тунелях. Проблема, що вирішувалася, – визначення механізмів процесу у внутрішньому просторі тунелю. Для цього проводилися натурні випробування, створювалися математичні моделі та проводилися обчислювальні експерименти з встановленням конкретних параметрів, які впливають на температурний режим пожежі у вертикальному кабельному тунелі атомної електростанції. Визначена динаміка зміни температури з відомими геометричними параметрами й пожежним навантаженням та досліджено адекватність математичних моделей побудованих у програмному забезпеченні Fire Dynamics Simulator та проведення обчислювальних експериментів. Доведено, що вони полягають у визначенні температурного режиму у вертикальному кабельному тунелі атомної електростанції із відомими технічними та геометричними параметрами. Такі дослідження мають практичне застосування в галузі безпеки атомних електростанцій та розробки нових технологій у цій галузі. Важливим висновком цих досліджень є можливість визначення вогнестійкості будівельних конструкцій вертикальних кабельних тунелів атомних електростанцій з обранням найжорсткішого температурного режиму, відповідно до проведеного натурального випробування. Це означає, що результати досліджень можуть бути використані на практиці при проектуванні та оцінці безпеки таких об'єктів.

Проведеним дослідженням встановлено, що температура у внутрішньому просторі тунелю може досягати значень від 1200 до 1400 °С. Вплив на максимальне значення температури та максимальний час досягнення максимальної температури в осередку пожежі мають наступні фактори: пожежне навантаження, висота та площа тунелю. При меншому пожежному навантаженні максимальна температура у вертикальному кабельному тунелі атомної електростанції була на 75 % нижчою. Отже, результати цих досліджень мають безпосереднє застосування на практиці в галузі безпеки атомних електростанцій і можуть бути використані для покращення та розробки нових технологій у цій галузі.

Ключові слова: натурні вогневі випробування, атомна електрична станція, вертикальний кабельний тунель, температурний режим пожежі.

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.288174

ВПЛИВ НАХИЛУ ФАСАДУ НА ПРОЦЕСИ ПОШИРЕННЯ ПОЖЕЖІ НА ВИЩЕРОЗТАШОВАНІ ПОВЕРХИ (с. 43–52)

Я. В. Балло, В. В. Ніжник, Р. Б. Веселівський, О. І. Кагітін

Дослідження присвячено питанню впливу конструктивних параметрів фасаду на оцінювання процесів поширення пожежі зовнішніми огорожувальними конструкціями будівель. Об'єктом дослідження є процеси зміни температур на поверхні нахилених зовнішніх огорожувальних конструкцій будівлі від дії пожежі.

Проведено дослідження впливу кутів ухилу фасаду на процеси поширення пожежі та характер температурних розподілів на поверхні фасаду. Під час проведення досліджень використано методику експериментальних випробувань щодо обмеження поширення пожежі по фасадам із використанням установки, яка дозволяє відтворювати кути ухилу. В якості досліджуваного фрагменту фасаду використано зовнішню огорожувальну конструкцію виконану із негорючих матеріалів без зовнішнього облицювання. На поверхні фасаду влаштувалися термопары, які дозволяли отримувати температурні дані біля його поверхні в реальному режимі у продовж всієї тривалості досліджень.

Модельне вогнище пожежі класу 34В забезпечувало пожежне навантаження не менше 2200 МДж/м² та середній температурний режим в межах 800–850 °С у продовж всієї тривалості досліджень.

Виявлено, що при наявності нахилу фасаду під кутом +20° спостерігалось збільшення температури біля поверхні досліджуваної зони на 24–26 %. При наявності нахилу фасаду під кутом –20° спостерігалось зменшення температури біля поверхні досліджуваної зони до 55 %.

Отримані дані дозволяють переглянути підходи до існуючих методик оцінки пожежної небезпеки фасадних систем. Практичним результатом впровадження отриманих даних може бути внесення змін до будівельних норм для підвищення рівня протипожежного захисту будівель в цілому.

Ключові слова: оцінка поширення фасадної пожежі, закономірності поширення пожежі, пожежі нахилених фасадів.

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.288938**ДИНАМІКА МІР АСИМЕТРІЇ ТА ЕКСЦЕСУ НЕБЕЗПЕЧНИХ ПАРАМЕТРІВ СЕРЕДОВИЩА ПРИ ПОЯВІ ЗАГОРЯНЬ (с. 53–62)****Б. Б. Поспелов, В. А. Андронов, Ю. С. Безугла, Р. Т. Лукиша, Т. О. Луценко, Ю. Ю. Козар, М. М. Кравцов, Л. В. Гула, О. В. Нешпа, Т. В. Зав'ялова**

Об'єктом дослідження є динаміка мір асиметрії та ексцесу вибіркового розподілу небезпечних параметрів газового середовища в поточному часі при загорянні матеріалів. Виконано теоретичне обґрунтування методики визначення динаміки міри асиметрії та ексцесу на основі вибірки довільного розміру небезпечних параметрів газового середовища, що рухається в поточному часі спостереження. Визначено пороги для поточних мір асиметрії та ексцесу залежно від розміру вибірки та рівнів значимості нульових гіпотез. Методика дозволяє досліджувати особливості динаміки мір асиметрії та ексцесу та виявляти моменти часу, для яких справедливі альтернативні гіпотези (стійкості динаміки параметра). Проведено лабораторні експерименти вивчення особливостей динаміки мір асиметрії та ексцесу щодо концентрації чадного газу, щільності диму та температури газового середовища при загорянні спирту та текстилю. Отримані результати свідчать, що досліджені небезпечні параметри, на інтервалі спостереження в цілому не є гаусові. Виявлено, що характер динаміки мір поточних вибіркового розподілів небезпечних параметрів залежить від типу матеріалу загорання та небезпечного параметра. Встановлено, що при відсутності загорання динаміка мір асиметрії та ексцесу небезпечних параметрів характеризується різною спрямованою асиметрією та ексцесом. У разі загорання динаміка мір асиметрії та ексцесу носять флюктуючий характер (від -4 до 18), що свідчить про нестійкість розвитку небезпечного параметра в часі. Зазначена методика створює можливість виявляти нестійкість розвитку небезпечного параметра, що на практиці дозволяє виявляти появу загорянь (із заданою достовірністю) для їх ліквідації та не допущення виникнення пожежі.

Ключові слова: міра асиметрії, міра ексцесу, вибіркового розподіл, небезпечні параметри, газове середовище, загорання.

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.289341**ВСТАНОВЛЕННЯ ТЕПЛОФІЗИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДЕРЕВО ПОЛІМЕРНОГО МАТЕРІАЛУ ПРИ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЇ ТРУБОПРОВОДА (с. 63–72)****Ю. В. Цапко, І. О. Касянчук, Р. В. Ліхнівський, О. Ю. Цапко, В. В. Коваленко, В. В. Ніжник, О. І. Бедратюк, М. В. Суханевич**

Одним з методів забезпечення ефективності застосування трубопроводів транспортування теплоносіїв під час експлуатації є їх теплоізоляція, яка гальмує процеси теплопередачі та не впливає на екологічні показники. Тому об'єктом досліджень був дерево полімерний матеріал, що виготовлений шляхом полімеризації тирси деревини та сухих сумішей синтетичних смол для тепло ізолювання трубопроводів. Доведено, що в процесі термічної дії на тепло ізолювальний шар дерево полімерного матеріалу процес гальмування тепла полягає в утворенні пор. Це обумовлене тим, що теплопровідність матеріалу залежить від об'ємної маси, зменшення якої для дерево полімерного виробу призводить до зниження теплопровідності. У зв'язку з цим проведено моделювання процесу передавання тепла через циліндричний теплоізоляційний шар з дерево полімерного матеріалу та отримані залежності, що дозволяють одержувати зміну динаміки теплопередачі і визначити теплофізичні властивості. За експериментальними даними і отриманими залежностями встановлено, що температуропровідність дерево полімерного матеріалу склала в межах $2,4 \div 2,9 \cdot 10^{-8}$ м²/с, теплопровідність зразка не перевищила 0,030 Вт/(м·К). Окрім того, теплоємність виробу відповідає значенню понад $1034 \div 1145$ кДж/(кг·К) залежно від товщини, що відповідно класифікує як теплоізолювальний матеріал. При цьому дані теплоізоляційних властивостей для пінополіуретану показують, що при його застосуванні густиною 100 кг/м³ теплопровідність становить 0,029 Вт/(м·К), що приблизно співпадає зі значенням запропонованого дерево полімерного матеріалу. Практична цінність полягає у тому, що результати визначення теплоізоляційних властивостей дерево полімерного матеріалу, дають можливість встановити область та умови його застосування.

Ключові слова: тирса деревини, в'язучі смоли, дерево полімерний матеріал, теплоізоляція трубопровода, теплопровідність.