

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.255537

**DEVELOPMENT OF THE REGULATION OF
HYDROBIOLOGICAL MONITORING IN CIRCULATION
COOLING SYSTEM OF THE ZAPORIZHZHIA NUCLEAR
POWER PLANT (p. 6–17)**

Natalia Yesipova

Oles Honchar Dnipro National University, Dnipro, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1924-2547>

Oleh Marenkov

Oles Honchar Dnipro National University, Dnipro, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3456-2496>

Tatiana Sharamok

Oles Honchar Dnipro National University, Dnipro, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3523-5283>

Oleh Nesterenko

Oles Honchar Dnipro National University, Dnipro, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7407-7911>

Viktoriia Kurchenko

Oles Honchar Dnipro National University, Dnipro, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1199-3760>

The article proposes a new approach to solving the problem of biocirculation at the facilities of the circulating cooling system of the Zaporizhzhia Nuclear Power Plant (ZNPP) by regulating hydrobiological studies. In the course of the studies, 4 species of hydrobionts were found that formed massive fouling on water supply facilities: filamentous algae *Oedogonium* sp. and *Ulotrix zonata* with a total biomass of 123.6 ± 18.44 g/m², tropical molluscs *Melanoides tuberculata* and *Tarebia granifera* of the Thiaridae family with a biomass of 20.09 g/m². The shells of dead mollusks drifted along the pipes of the circulation system with the flow of water and interfered with the operation of pumping stations. Also, the blue-green algae *Microcystis aeruginosa*, which dominated the phytoplankton of the cooling pond, belonged to the potential biodisturbance. The hydrobiological regulation was developed with the aim of timely detection of hydrobionts capable of active reproduction and creation of bio-barriers. It provides for four types of monitoring: current (operational), extreme (control), deployed (research) and background (hydrobiological monitoring of the Kakhovka reservoir in the zone of influence of waste warm waters). For each type of monitoring, the subjects of control (a group of hydrobionts), control parameters (species composition, abundance, biomass) and frequency of control are determined. The regulation of hydrobiological monitoring makes it possible to minimize the consequences or prevent the occurrence of accidents and emergencies in the operation of the ZNPP cooling circulation systems associated with biological interference, and can be used as an example for solving similar problems at other power facilities. The article also contains practical recommendations for improving the ecological state of the cooling pond and preventing the massive development of dangerous aquatic organisms by introducing biomeliorator fish with a different food spectrum into the reservoir.

Keywords: Zaporizhzhia nuclear power plant, hydraulic structures, environmental factors, biocirculation problem, hydrobiological monitoring, bioreclamation.

References

- Romanenko, V., Kuzmenko, M., Afanasyev, S. et. al. (2012). Hydro-ecological Safety of Nuclear Power Engineering in Ukraine. *Visnik Nacional'noi' Akademii' Nauk Ukraïni*, 6, 41–51. doi: <https://doi.org/10.15407/visn2012.06.041>
- Grohmann, A. P. (2008). Bioencrustation in the turbine cooling system at the funil hydroelectric power plant, Itatiaia, Rio de Janeiro, Brazil. *Naturalia*, 31, 16–21. Available at: <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/naturalia/article/view/1212>
- Zvyagintsev, A. Y., Poltarukha, O. P., Maslennikov, S. I. (2015). Fouling on technical water supply marine systems and protection method analysis of fouling on water conduits (analytical review). *Voda: khimiya i ekologiya*, 1, 37–60. Available at: <https://www.researchgate.net/publication/339696835>
- Samoilenko, V. M., Svirid, A. A. (2014). Long-term changes in phytoplankton of cooling pond. *Algologiya*, 24 (3), 371–375. Available at: <http://dspace.nbuv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/81407/28-Samoilenko.pdf?sequence=1>
- Krahan, S., Protasov, A., Bazaeva, A., Grygorenko, T., Sylaeva, A. (2011). Hydrobiological state of cooling reservoir of the Khmelnitsky nuclear power plant during autumn period. *Rybohospodarska nauka Ukrainy*, 3 (17), 29–35. Available at: <https://fsu.ua/index.php/uk/2011/3-2011-17/2011-03-029-03>
- Slepnev, A. E., Silaeva, A. A. (2013). About Naturalization of *Melanoides tuberculata* (Thiaridae, Gastropoda) in Cooling Pond of the South-Ukrainian Nuclear Power Plant. *Vestn. zoologii*, 47 (2), 178. Available at: http://mail.izan.kiev.ua/vz-pdf/2013/2/22_Prokopenko.pdf
- Yakovenko, V. A., Silaeva, A. A., Protasov, A. A. (2018). Invazivnye bryukhonogie mollyuski v tekhnookosisteme Zaporozhskoy AES. *Yaderna enerhetyka ta dovkillia*, 1 (11), 61–65. Available at: https://www.researchgate.net/publication/329659147_Yakovenko_V_Sylayeva_A_Protasov_A_Invasive_gastropods_in_the technoecosystem_of_Zaporozskaya_AES
- Protasov, A. A., Sylaeiva, A. A., Novoselova, T. N., Gromova, Y. F., Morozovskaya, I. A. (2017). Nuclear Power Plant Technoecosystem: 18 Years of Hydrobiological Observations. *Journal of Siberian Federal University. Biology*, 11 (4), 459–484. doi: <https://doi.org/10.17516/1997-1389-0045>
- Albloushi, M. A. (2017). Biofouling control of industrial seawater cooling towers. *Thuwal*, 267. Available at: <https://repository.kaust.edu.sa/bitstream/handle/10754/626169/Mohammed%20Albloushi%20Dissertation.pdf?sequence=1&isAllowed=n>
- Jadidi, P., Zeinoddini, M. (2020). Influence of hard marine fouling on energy harvesting from Vortex-Induced Vibrations of a single-cylinder. *Renewable Energy*, 152, 516–528. doi: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.01.083>
- Protasov, A. A., Panasenko, G. A., Babariga, S. P. (2008). Biologicheskie pomekhi v ekspluatatsii energeticheskikh stantsiy, ikh tipizatsiya i osnovnye gidrobiologicheskie printsipy ikh ogranicheniya. *Gidrobiologicheskii zhurnal*, 44 (5), 36–54.
- Fedonenko, O., Marenkov, O., Petrovsky, O. (2019). The Problem of Biological Obstacles in the Operation of Nuclear Power Plants (Illustrated by the Operation of Zaporizhzhya NPP Techno-Ecosystem). *Nuclear and Radiation Safety*, 2 (82), 54–60. doi: [https://doi.org/10.32918/nrs.2019.2\(82\).10](https://doi.org/10.32918/nrs.2019.2(82).10)

13. Shadrina, L. A. (1988). K voprosu o vliyaniy aktivnogo khloro na formirovaniye soobshchestva morskogo obrastaniya. *Ekologiya morya*, 28, 93–97.
14. Goodman, P. D. (1987). Effect of chlorination on materials for sea water cooling systems: a review of chemical reactions. *British Corrosion Journal*, 22 (1), 56–62. doi: <https://doi.org/10.1179/000705987798271785>
15. Giacobone, A. F. F., Pizarro, R. A., Rodríguez, S. A., Belloni, M., Croatto, F. J., Ferrari, F. et. al. (2015). Biocorrosion at Embalse Nuclear Power Plant. Analysis of the Effect of a Biocide Product. *Procedia Materials Science*, 8, 101–107. doi: <https://doi.org/10.1016/j.mspro.2015.04.053>
16. Karpov, V. A., Koval'chuk, Yu. L., Il'in, I. N. (2008). Ekologicheskie aspekty razrabotki i primeneniya sredstv zaschity ot obrastaniya i korrozii v morskoy vode. *Zaschita okruzhayushey sredy v neftegazovom komplekse*, 2, 33–35.
17. Bott, T. R. (2011). Biofouling Control. *Industrial Biofouling*, 81–153. doi: <https://doi.org/10.1016/b978-0-444-53224-4.10004-x>
18. Boleev, A. A. (2013). Predotvraschenie biologicheskogo obrastaniya metallicheskih konstruksiy ogolovka vodozabornykh sooruzheniy. *Volgograd*, 20.
19. Qiu, H., Feng, K., Gapeeva, A., Meurisch, K., Kaps, S., Li, X. et. al. (2022). Functional polymer materials for modern marine biofouling control. *Progress in Polymer Science*, 127, 101516. doi: <https://doi.org/10.1016/j.propolymsci.2022.101516>
20. Zhao, X., Kim, J., Warns, K., Wang, X., Ramuhalli, P., Cetiner, S. et. al. (2021). Prognostics and Health Management in Nuclear Power Plants: An Updated Method-Centric Review With Special Focus on Data-Driven Methods. *Frontiers in Energy Research*, 9. doi: <https://doi.org/10.3389/fenrg.2021.696785>
21. Protasov, A. A., Zubkova, Y. I., Silayeva, A. A. (2016). Conceptual Approaches to Organization of Hydrobiological Monitoring of Technoecosystems of Thermal and Nuclear Power Plants. *Hydrobiological Journal*, 52 (2), 59–70. doi: <https://doi.org/10.1615/hydrobj.v52.i2.70>
22. Protasov, A. A., Nemtsov, A. A., Mas'ko, A. N. (2019). Application of European Principles of Environmental Protection Activities in the Standard of Hydrobiological Monitoring of Water Techno-Ecosystem NPP SE "NNEGC 'Energoatom'". *Yaderna enerhetyka ta dovkillya*, 2 (14), 71–77. Available at: https://www.researchgate.net/publication/336037180_Primereniye_evropejskih_principov_prirodohrannoj_deatelnosti_v_standarte_gidrobiologicheskogo_monitoringa_vodnyh_tehnoekosistem_AES_GP_NAEK_EnergoatomApplication_of_European_Principles_of_Environmental_'Energoatom'
23. Romanenko, V. D. (Ed.) (2006). *Metody hidroekologichnykh doslidzhen poverkhnevnykh vod*. Kyiv: LOHOS, 408.
24. Romanenko, V. D., Zhukynskyi, V. M., Oksiiuk, O. P. et. al. (1998). *Metody ekolohichnoi otsinky yakosti poverkhnevnykh vod za vidpovidnyimi katehoriyamy*. Kyiv: SYMVOL-T, 28.
25. Metodicheskie rekomendatsii po sboru i obrabotke materialov pri gidrobiologicheskikh issledovaniyakh. *Zooplankton i ego produktsiya* (1968). Leningrad: ZIN, 35.
26. Shcherbak, V. I. (2002). *Metody doslidzhen fitoplanktonu. Metodichni osnovy hidrobiologichnykh doslidzhen vodnykh ekosystem*. Kyiv, 41–48.
27. Pravdin, I. F. (1966). *Rukovodstvo po izucheniyu ryb (preimuschestvenno presnovodnykh)*. Moscow: Pisch. prom-st', 376.
28. Chugunova, I. I. (1959). *Rukovodstvo po izucheniyu vozrasta i rosta ryb*. Moscow: Izd-vo AN SSSR, 164.
29. Bykhovskaya-Pavlovskaya, I. E. (1969). *Parazitologicheskie issledovaniya ryb*. Leningrad: Nauka, 108.
30. Instruksiya po ekspluatatsii pruda-okhladitelya 00.GTS.UL.IE.01.A (2012). *Energodar: OP ZAES*, 15.
31. *Voda rybohospodarskykh pidpriemstv. Zahalni vymohy ta normy: SOU-05.01.-37-385:2006* (2006). Kyiv: Ministerstvo ahrarynoy polityky Ukrainy, 7.
32. SOU NAEK 178:2019. *Poriadok rozrobky rehlamentu hidrobiolohichnogo monitorynhu vodoimy-okholodzhuvacha, system okholodzhennia i systemy tekhnichnogo vodopostachannia AES z reaktoramy typu VVER*.
33. Protasova, A. A. (Ed.) (2011). *Tekhno-ekosistema AES. Gidrobiologiya, abioticheskie faktory, ekologicheskie otsenki*. Kyiv: Institut gidrobiologii NAN Ukrainy, 234.
34. Vodianitskyi, O. M. (2018). *Morfofiziologichni ta tsytohennychni osoblyvosti embriohenezu ryb pry riznykh ekolohichnykh umovakh vodnoho seredovyscha*. Kyiv, 22. Available at: http://hydrobio.kiev.ua/images/text/doc/aref_Vodyanitskiy.pdf
35. Suzdaleva, A. L. (1995). *Bakterioplankton vodoemov-okhladitely Kurskoy i Kalininskoy AES*. Moscow, 24.
36. Okhrimenko, O. (2013). *Assesment of zaporizka nuclear power station pond cooler water quality by biological indication method*. *Rybohospodarska nauka Ukrainy*, 1 (23), 103–108. doi: <https://doi.org/10.15407/fsu2013.01.103>
37. Makushenko, M. E., Kulakov, D. V., Vereschagina, E. A. (2014). *Zooplankton Koporskoy guby Finskogo zaliva v zone vozdeystviya Leningradskoy AES*. *Gidrobiol. zhurn.*, 50 (2), 3–15. Available at: <http://dspace.nbuv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/105283/01-MakushenkoNEW.pdf?sequence=1>
38. Muthulakshmi, A. L., Natesan, U., Ferrer, V. A., Deepthi, K., Venugopalan, V. P., Narasimhan, S. V. (2019). *Impact assessment of nuclear power plant discharge on zooplankton abundance and distribution in coastal waters of Kalpakkam, India*. *Ecological Processes*, 8 (1). doi: <https://doi.org/10.1186/s13717-019-0173-9>
39. Klymchuk, A. (2015). *Biologichni osoblyvosti invazyynoho vydu hastrapod. Melanoides tuberculata: Abstr. VIII Intern. Conf. «Zoocenosis-2015. Biodiversity and Role of Animals in Ecosystems»*. Dnipro, 78–79.
40. Marenkov, O., Batalov, K., Kriachek, O. (2018). *Biological and biomechanical principles of the controlling molluscs Melanoides tuberculata (Müller 1774) and Tarebia granifera (Lamarck, 1822) in reservoirs of strategic importance*. *World Scientific News*, 99, 71–83. Available at: <http://psjd.icm.edu.pl/psjd/element/bwmeta1.element.psjd-c88f8d40-b81a-4b84-b757-0998d39099d1>
41. Silva, E. C., Gomes, L. E. O. (2014). *Melanoides tuberculatus (Müller, 1774): Occurrence extension of the invasive gastropod in Bahia, Brazil*. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, 9 (2), 145–149. Available at: [http://panamjas.org/pdf_artigos/PANAM-JAS_9\(2\)_145-149.pdf](http://panamjas.org/pdf_artigos/PANAM-JAS_9(2)_145-149.pdf)
42. Yakovenko, V., Fedonenko, O., Klimenko, O., Petrovsky, O. (2018). *Biological control of the invasive snail species Melanoides tuberculata and Tarebia granifera in Zaporizka Nuclear Power Plant cooling pond*. *Ukrainian Journal of Ecology*, 8 (1), 975–982. doi: https://doi.org/10.15421/2018_301
43. Yesipova, N. B. (2018). *Tsytometrychni osoblyvosti moliuskiv rody ny Thiaridae, shcho utvoriuiut obrostannia v hidrotekhnichnii systemi Zaporizkoi AES*. *Tavriyskyi naukovyi visnyk*, 103, 256–261. Available at: <http://dspace.ksau.kherson.ua/bitstream/handle/123456789/2347/40.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
44. Frida, B.-A., Heller, J. (2001). *Biological control of aquatic pest snails by the Black carp Mylopharyngodon piceus*. *Biological Control*, 22, 131–138. doi: <https://doi.org/10.1006/bcon.2001.0967>
45. Zakonnova, L., Nikishkin, I., Rostovzev, A. (2017). *Resource-Saving Cleaning Technologies for Power Plant Waste-Water Cooling Ponds*. *E3S Web of Conferences*, 21, 02015. doi: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20172102015>

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.255167
IMPROVING THE SYSTEM OF TECHNICAL
DIAGNOSTICS AND ENVIRONMENTALLY SAFE
OPERATION OF SOIL HYDRAULIC STRUCTURES ON
SMALL RIVERS (p. 18–29)

Hennadii Hapich

Dnipro State Agrarian and Economic University, Dnipro, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5617-3566>

Dmytro Pikarenia

Limited Liability Company Technical University Metinvest
 Polytechnic, Mariupol, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1405-7801>

Olha Orlinska

Dnipro State Agrarian and Economic University, Dnipro, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3202-7577>

Volodymyr Kovalenko

Dnipro State Agrarian and Economic University, Dnipro, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3865-597X>

Leonid Rudakov

Dnipro State Agrarian and Economic University, Dnipro, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7277-7220>

Iryna Chushkina

Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1251-6664>

Nataliia Maksymova

Limited Liability Company Technical University Metinvest
 Polytechnic, Mariupol, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1684-7479>

Tetiana Makarova

All-Ukrainian Ecological League, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7150-6143>

Victoriia Katsevych

All-Ukrainian Ecological League, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3240-7625>

This paper reports the results of studying soil hydraulic structures (SHS) of the CC1 class of consequences on small rivers. The representativeness of the results for the domestic and world practice of further operation of such structures is ensured by the typical technical and technological approaches to the construction, materials, and conditions of their work. Dams are built of soil materials and operated over significant time periods while their standard service life has been exhausted, which increases the environmental and technical danger of their further operation. Visual surveys were conducted and the technical condition was instrumentally diagnosed by the geophysical method of the earth's natural pulsed electromagnetic field (ENPEMF); observational data were mathematically treated. The possibility of arranging areas of increased water filtration through the SHS body was substantiated, as well as watering, loosening, and suffusion; potentially dangerous zones prone to landslides, cracks, and collapse were determined. The probability of risk of an accident on dams was estimated at their cascading arrangement as a result of filtration deformations of the body and the base of the structure. Under current operating conditions, the possibility of letting the normative and excess (forced) water volumes through water discharge facilities due to precipitation or a breakthrough of the structure located upstream was estimated. The proposed approach makes it possible to manage the cascade of hydraulic structures at different stages of operation: planned, operational decision-making, forecasting. This allows diagnostic examinations to be performed in

order to identify structures that require priority in raising funds for repair and restoration work or demolition (dismantling).

Keywords: hydraulic structure, soil dam, small river, geophysical research methods, filtration deformations.

References

- Downing, J. A., Prairie, Y. T., Cole, J. J., Duarte, C. M., Tranvik, L. J., Striegl, R. G. et al. (2006). The global abundance and size distribution of lakes, ponds, and impoundments. *Limnology and Oceanography*, 51 (5), 2388–2397. doi: <https://doi.org/10.4319/lo.2006.51.5.2388>
- DBN V.2.4-3:2010. Hidrotekhnichni sporudy. Osnovni polozhennia. Kyiv: Minrehionbud Ukrainy, 37.
- Andreev, V. H., Hapich, H. V., Kovalenko, V. V. (2021). Impact of economic activity on geoecological transformation of the basin of the Zhovtenka River (Ukraine). *Journal of Geology, Geography and Geoecology*, 30 (1), 3–12. doi: <https://doi.org/10.15421/112101>
- Rudakov, L. M., Hapich, H. V., Orlinska, O. V., Pikarenia, D. S., Kovalenko, V. V., Chushkina, I. V., Zaporozhchenko, V. Y. (2020). Problems of technical exploitation and ecological safety of hydrotechnical facilities of irrigation systems. *Journal of Geology, Geography and Geoecology*, 29 (4), 776–788. doi: <https://doi.org/10.15421/112070>
- Andrieiev, V. G., Hapich, H. V. (2020). Impact of ponds and reservoirs construction on the environmental safety of small river basins of the steppe zone of Ukraine (the case of Dnipropetrovsk region). *Mizhvidomchyi Tematychnyi Naukovyi Zbirnyk "Melioratsiya i Vodne Hospodarstvo"*, 1, 158–166. doi: <https://doi.org/10.31073/mivg202001-228>
- Hapich, H. V. (2019). Analiz prychnykh hidrodinamichnoi avaryi na gruntovykh hidrotekhnichnykh sporudakh kaskadu shtuchnykh vodim. *Visnyk NUVHP (Seriya «Tekhnichni nauky»)*, 1 (85), 73–82. doi: <https://doi.org/10.31713/vt120198>
- Bondar, O. I., Mykhailenko, L. Ye., Vashchenko, V. L., Lapshyn, Yu. S. (2014). Suchasni problemy hidrotekhnichnykh sporud v Ukraini. *Visnyk NAN Ukariny*, 2, 40–47.
- Stefanyshyn, D. V. (2009). Pro otsinku ymovirnosti avaryi na richkovykh hidrosporudakh v rezultati ekstremalnykh yavlyshch, povyazanykh z poveniamy. *Ekolohichna bezpeka ta pryrodokorystuvannia*, 4, 28–48.
- Schedrin, V. N., Kosichenko, Yu. M., Baklanova, D. V., Baev, O. A., Mikhaylov, E. D. (2016). Obespechenie bezopasnosti i nadezhnosti nizkonapornykh gidrotekhnicheskikh sooruzheniy. *Novocherkassk: RosNIIPM*, 283.
- Johansson, S. (1997). Seepage Monitoring in Embankment Dams. *Stockholm*.
- Chinedu, A. D., Ogah, A. J. (2013). Electrical Resistivity Imaging of Suspected Seepage Channels in an Earthen Dam in Zaria, North-Western Nigeria. *Open Journal of Applied Sciences*, 03 (01), 145–154. doi: <https://doi.org/10.4236/ojapps.2013.31020>
- Lin, C.-P., Hung, Y.-C., Yu, Z.-H., Wu, P.-L. (2013). Investigation of abnormal seepages in an earth dam using resistivity tomography. *Journal of GeoEngineering*, 8 (2), 61–70. Available at: <http://yo-1.ct.ntust.edu.tw/jge/files/articlefiles/v8i2201309101492635170.pdf>
- Mainali, G. (2006). Monitoring of Tailings Dams with Geophysical Methods. *Luleå University of Technology*.
- Putrenko, V., Benatov, D., Stefanyshyn, D. (2016). A geoinformation system of "the hydrocomplexes of Ukraine" as an important part in supporting managerial decisions. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (3 (79)), 46–53. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.61135>
- Benatov, D. (2015). System analysis of natural- technogenic safety elements of the largest Ukrainian hydro-complexes. *Eastern-Euro-*

- pean Journal of Enterprise Technologies, 5 (10 (77)), 12–21. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2015.49270>
16. Hapich, H. (2019). Assessing level of environmental and operational safety of low-pressure hydroengineering structures. *Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskiy National University*, 4, 46–52. doi: <https://doi.org/10.30929/1995-0519.2019.4.46-52>
 17. Malakhanov, V. V. (1990). *Tekhnicheskaya diagnostika gruntovykh plotin*. Moscow: Energopromizdat, 120.
 18. Hapich, H. V. (2013). Otsenka tekhnicheskogo sostoyaniya gruntovykh plotin, kak elementa sistemy ekologicheskogo monitoringa territoriy. *Zbirnyk naukovykh prats NHU*, 42, 168–173. Available at: <http://ir.nmu.org.ua/bitstream/handle/123456789/152565/25.pdf?sequence=1>
 19. Yatsyk, A. V., Byshovets, L. V., Bohatov, Ye. O. (1991). *Mali rickhy Ukrainy*. Kyiv: Urozhai, 296.
 20. Romashchenko, M. I., Rokochynskiy, A. M., Halik, O. I., Koldykh, O. D., Savchuk, T. V. (2007). Suchasni zminy klimatu ta yikh proiavy vid hlobalnoho do rehionalnoho rivniv. *Hidromelioratsiia ta hidrotekhnichne budivnytstvo*, 32, 65–79.
 21. Vyshnevskiy, V. I. (2001). Zminy klimatu i rickkovoho stoku na terytoriyi Ukrainy i Bilorusi. *Naukovi pratsi UkrNDHMI*, 249, 89–105.
 22. Hapich, H. V. (2016). Safety assessment of exploitation hydraulic structures on the small river during rain floods. *Bulletin of the NUWEE. Technical sciences*, 3 (75), 98–104. Available at: <http://visnyk.nuwm.edu.ua/index.php/tehn/article/view/125/123>
 23. Stefanyshyn, D. V., Korbutiak, V. M., Trofymchuk, O. M. (2013). Perspektivy vykorystannia heoinformatsiynykh tekhnolohiy v zavdannakh zabezpechennia nadiynosti y bezpeky hidroenerhetychnykh ob'ektiv. *Visnyk Natsionalnoho universytetu vodnoho hospodarstva ta pryrodokorystuvannia*, 2 (62), 47–55.
 24. Shulga, V. A. (2020). Advanced algorithm for diagnostic control of water-development constructions of Ukraine. *Hidroenerhetyka Ukrainy*, 1-2, 17–23. Available at: <https://uhe.gov.ua/sites/default/files/2020-07/7.pdf>
 25. Pikarenia, D. S., Orlinskaya, O. V. (2009). Opyt primeneniya metoda estestvennogo impul'snogo elektromagnitnogo polya Zemli (EIEMPZ) dlya resheniya inzhenerno-geologicheskikh i geologicheskikh zadach. *Dnepropetrovsk: Izd-vo «SVIDLER»*, 120.
 26. Hao, G., Wang, H. (2012). Study on Signals Sources of Earth's Natural Pulse Electromagnetic Fields. *Computational Intelligence and Intelligent Systems*, 631–638. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-642-34289-9_72
 27. Chushkina, I., Pikarenia, D., Orlinska, O., Maksymova, N. (2019). Experimental substantiation of the NPEMFE geophysical method to solve engineering and geological problems. *Visnyk of V.N.Karazin Kharkiv National University. Series «Geology. Geography. Ecology»*, 51, 109–123. doi: <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2019-51-08>
 28. Kuzmenko, E. D., Bahrii, S. M., Dzioba, U. O. (2019). The depth range of the Earth's natural pulse electromagnetic field (or ENPEMF). *Journal of Geology, Geography and Geoecology*, 27 (3), 466–477. doi: <https://doi.org/10.15421/111870>
 29. Orlinska, O. V., Pikarenia, D. S., Maksymova, N. M., Hapich, H. V., Ishchenko, V. M. (2012). Otsinka mitsnostnykh vlastyvostei gruntovykh damb metodom pryrodnoho impulsnoho elektromagnitnoho polia Zemli. *Zbirnyk naukovykh prats Natsionalnoho hirnychoho universytetu*, 37, 17–23.
 30. Kosichenko, Yu. M., Baklanova, D. V. (2012). Opreделение veroyatnogo riska avarii krupnogo kanala vsledstvie fil'tratsionnykh deformatsiy. *Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo NII problem melioratsii*, 1 (05), 145–156.
 31. Nikolaieva, I. O., Rudakov, D. V. (2015). Development of a Checklist for improvement of tailings safety. *Scientific Bulletin of NMU*, 2, 97–103.

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.255054

DEVISING RECOMMENDATIONS BASED ON A COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF THE SOIL-GEOBOTANICAL CONDITION OF LAND PLOTS FOR EXECUTING AFFORESTATION ACTIVITIES (p. 30–41)

Nazym Shogelova

International Educational Corporation, Almaty, Republic of Kazakhstan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5220-1459>

Sergey Sartin

North Kazakhstan University named after Manash Kozybayev, Petropavlovsk, Republic of Kazakhstan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5637-3311>

Timur Zveryachenko

North Kazakhstan University named after Manash Kozybayev, Petropavlovsk, Republic of Kazakhstan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2452-2041>

The land fund is in constant flux. Lands are transferred from one category and land to another. The deterioration of the ecological state of the land, the development of erosion processes, desertification, salinization, pollution by chemical and radioactive substances, forest and shrubland overgrowth of land annually exclude significant areas from use.

This paper reports a study of forestry stations located on the territory of Northern Kazakhstan. The soil was investigated by the method of laying soil sections and semi-pits with a description of the power of the horizons. The structure of the soil was determined by the method of breaking down soil samples. The granulometric composition was determined by the wet method with a division into sand, loam, light loam, medium loam, heavy loam, and clay. The chemical analysis of soil samples was carried out in a certified laboratory. Soluble carbonates are present in the samples from the Burluk forestry station. According to the structure and chemical analysis, the types of soils for each forestry station were defined. Based on the study's results, recommendations were devised for the categories of areas. In addition, the areas of plots suitable for all major forest species and areas with existing forests, forest crops, overgrown with self-sowing were determined.

During the reconnaissance route-loop survey of land plots, the types of plant associations were identified. A comprehensive ecological and geographical study of a forestry station was carried out to execute afforestation operations. Basically, the identification of types of plant associations has made it possible to conduct a preliminary assessment on the ground about the quality of the studied areas for the restoration of forest areas. General recommendations were compiled from the direct conduct of surveys on the ground; however, systematic monitoring, using remote sensing methods of the Earth, could facilitate the ongoing research. Building on the method of integrated ecological and geographical research could in the future significantly improve the efficiency of forest management activities in general and minimize losses associated with environmental influences.

Keywords: remote sensing, geobotanical state of land plots, afforestation, integrated assessment.

References

1. Belov, A. V., Sokolova, L. P. (2009). The socio-economic role of vegetation in the cartographic substantiation of rational management of nature in the geobotanical forecasting system. *Geography and Natural Resources*, 30 (2), 119–125. doi: <https://doi.org/10.1016/j.gnr.2009.06.005>
2. Rubtsov, M. V. (1984). A classification of the function and role of forest. *Lesovedenie*, 2, 3–9.

3. Belov, A., Sokolova, L. (2008). Vegetation stability in the system of geobotanical forecasting. *Geography and Natural Resources*, 29 (2), 124–131. doi: <https://doi.org/10.1016/j.gnr.2008.06.016>
4. Sochava, V. B. (1978). *An Introduction to the Theory of Geosystems*. Novosibirsk: Nauka, 319.
5. Sochava, V. B. (1979). *Vegetation on Thematic Maps*. Novosibirsk: Nauka, 188.
6. Soudek, P., Petřík, P., Vágner, M., Tykva, R., Plojhar, V., Petrová, Š., Vaněk, T. (2007). Botanical survey and screening of plant species which accumulate 226Ra from contaminated soil of uranium waste depot. *European Journal of Soil Biology*, 43 (4), 251–261. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2007.02.008>
7. Semenov, I., Konyushkova, M., Heidari, A., Nukhimovskaya, Y., Klink, G. (2020). Data on the soilscape and vegetation properties at the key site in the NW Caspian sea coast, Russia. *Data in Brief*, 31, 105972. doi: <https://doi.org/10.1016/j.dib.2020.105972>
8. Kozyr, I. V. (2014). Forest Vegetation Dynamics Along an Altitudinal Gradient in Relation to the Climate Change in Southern Transbaikalia, Russia. *Achievements in the Life Sciences*, 8 (1), 23–28. doi: <https://doi.org/10.1016/j.als.2014.11.006>
9. Goncharova, O., Matyshak, G., Udovenko, M., Semenyuk, O., Epstein, H., Bobrik, A. (2020). Temporal dynamics, drivers, and components of soil respiration in urban forest ecosystems. *CATENA*, 185, 104299. doi: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2019.104299>
10. Belov, A. V., Sokolova, L. P. (2017). Geobotanical forecasting in the nature management ecological optimization in Baikalian Siberia. *Geography and Natural Resources*, 38 (1), 38–45. doi: <https://doi.org/10.1134/s187537281701005x>
11. Gongalsky, K. B., Iurmanov, A. A., Ukhova, N. L., Korobushkin, D. I. (2020). The size of burnt areas has little effect on the recovery of soil macrofauna in the boreal forests of Middle Ural, Russia. *Pedosphere*, 30 (5), 714–718. doi: [https://doi.org/10.1016/s1002-0160\(20\)60032-7](https://doi.org/10.1016/s1002-0160(20)60032-7)
12. Belov, A. V., Sokolova, L. P. (2009). Functional organization of vegetation in the system of cartographic forecasting. *Geography and Natural Resources*, 30 (1), 8–13. doi: <https://doi.org/10.1016/j.gnr.2009.03.003>

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.254285

DEVELOPING PLASTIC RECYCLING CLASSIFIER BY DEEP LEARNING AND DIRECTED ACYCLIC GRAPH RESIDUAL NETWORK (p. 42–49)

Ahmed Burhan Mohammed

University Road, Kirkuk, Kirkuk Governorate, Iraq
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4326-0120>

Ahmad Abdullah Mohammed Al-Mafriji

University Road, Kirkuk, Kirkuk Governorate, Iraq
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5272-3935>

Moumena Salah Yassen

University Road, Kirkuk, Kirkuk Governorate, Iraq
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5075-8336>

Ahmad H. Sabry

Universiti Tenaga Nasional
 Jalan Ikram-Uniten, Kajang, Selangor, Malaysia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2736-5582>

Recycling is one of the most important approaches to safeguard the environment since it aims to reduce waste in landfills while conserving natural resources. Using deep Learning networks, this group of wastes may be automatically classified on the belts of a waste sorting plant. However, a basic set of connected layers may

not be adequate to give satisfactory accuracy for such multi output classifier tasks. To optimize the gradient flow and enable deeper training for network design with multi label classifier, this study suggests a residual-based deep learning convolutional neural network. For network training, ten classes have been explored. The Directed Acyclic Graph (DAG) is a structure with hidden layers that have inputs, outputs, and other layers. The DAG network's residual-based architecture features shortcut connections that bypass some levels of the network, allowing gradients of network parameters to travel freely among the network output layers for deeper training. The methodology includes:

- 1) preparing the data and creating an augmented image data store;
- 2) defining the main serially-connected branches of the network architecture;
- 3) defining the residual interconnections that bypass the main branch layers;
- 4) defining layers, and finally;
- 5) creating a residual-based deeper layer graph.

The concept is to split down the multiclass classification problem into minor binary states, where every classifier performs as an expert by concentrating on discriminating between only two labels, improving total accuracy. The results achieve (2.861 %) training error and (9.76 %) a validation error. The training results of this classifier are evaluated by finding the training error, validation error, and showing the confusion matrix of validation data.

Keywords: Directed Acyclic Graph (DAG), deep learning, Recycling, classification, Convolutional Neural Network (CNN).

References

1. Wong, K. C. L., Moradi, M. (2019). SegNAS3D: Network Architecture Search with Derivative-Free Global Optimization for 3D Image Segmentation. *Medical Image Computing and Computer Assisted Intervention – MICCAI 2019*, 393–401. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-32248-9_44
2. Taheri, S., Toygar, Ö. (2019). On the use of DAG-CNN architecture for age estimation with multi-stage features fusion. *Neurocomputing*, 329, 300–310. doi: <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2018.10.071>
3. Foahom Gouabou, A. C., Damoiseaux, J.-L., Monnier, J., Iguernaissi, R., Moudafi, A., Merad, D. (2021). Ensemble Method of Convolutional Neural Networks with Directed Acyclic Graph Using Dermoscopic Images: Melanoma Detection Application. *Sensors*, 21 (12), 3999. doi: <https://doi.org/10.3390/s21123999>
4. Golrizkhatami, Z., Taheri, S., Acan, A. (2018). Multi-scale features for heartbeat classification using directed acyclic graph CNN. *Applied Artificial Intelligence*, 32 (7-8), 613–628. doi: <https://doi.org/10.1080/08839514.2018.1501910>
5. Agarwal, N., Balasubramanian, V. N., Jawahar, C. V. (2018). Improving multiclass classification by deep networks using DAGSVM and Triplet Loss. *Pattern Recognition Letters*, 112, 184–190. doi: <https://doi.org/10.1016/j.patrec.2018.06.034>
6. Austin, A. E., Desrosiers, T. A., Shanahan, M. E. (2019). Directed acyclic graphs: An under-utilized tool for child maltreatment research. *Child Abuse & Neglect*, 91, 78–87. doi: <https://doi.org/10.1016/j.chiabu.2019.02.011>
7. Anilkumar, K. K., Manoj, V. J., Sagi, T. M. (2021). Automated detection of leukemia by pretrained deep neural networks and transfer learning: A comparison. *Medical Engineering & Physics*, 98, 8–19. doi: <https://doi.org/10.1016/j.medengphy.2021.10.006>
8. Zhu, T., Cao, C., Wang, Z., Xu, G., Qiao, J. (2020). Anatomical Landmarks and DAG Network Learning for Alzheimer's Disease Diagnosis. *IEEE Access*, 8, 206063–206073. doi: <https://doi.org/10.1109/access.2020.3037107>

9. Oyewola, D. O., Augustine, A. F. (2021). Predicting Impact of COVID-19 on Crude Oil Price Image with Directed Acyclic Graph Deep Convolution Neural Network. *Journal of Robotics and Control (JRC)*, 2 (2). doi: <https://doi.org/10.18196/jrc.2261>
10. Pachón-Suescún, C. G., Pinzón-Arenas, J. O., Jiménez-Moreno, R. (2020). Fruit Identification and Quality Detection by Means of DAG-CNN. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 10 (5), 2183. doi: <https://doi.org/10.18517/ijaseit.10.5.8684>
11. Plastic Waste DataBase of Images – WaDaBa. Available at: <http://wadaba.pcz.pl/>
12. Jwaid, W. M., Al-Husseini, Z. S. M., Sabry, A. H. (2021). Development of brain tumor segmentation of magnetic resonance imaging (MRI) using U-Net deep learning. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (9 (112)), 23–31. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.238957>

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.254471

DETERMINING PATTERNS IN THE GENERATION OF MAGNETIC FIELDS WHEN USING DIFFERENT ARC WELDING TECHNIQUES (p. 50–56)

Oleg Levchenko

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

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9737-7212>

Yury Polukarov

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

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6261-3991>

Olga Goncharova

E. O. Paton Electric Welding Institute of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5213-6300>

Olga Bezushko

E.O. Paton Electric Welding Institute of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6148-1675>

Olexandr Arlamov

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

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2174-5928>

Olena Zemlyanska

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

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9608-3677>

This paper reports a study into the levels of magnetic fields induced by arc welding equipment in various ways in order to assess their impact on the body of welders. It is known that welders are exposed to a magnetic field of high intensity. Depending on the welding technique and the type of welding equipment, it may exceed the maximum permissible levels (MPL). Note that new Ukrainian sanitary standards for magnetic fields have been introduced, which regulate their levels depending on the frequency range. Therefore, it became necessary to carry out their hygienic assessment according to the new standards in order to devise appropriate methods for protecting welders. To this end, it was required to choose a new generation of devices to determine the intensity of magnetic fields induced by welding equipment. Based on the analysis of the constructed oscillograms and spectrograms of magnetic fields, it was found that semi-automatic welding with a metal electrode in carbon dioxide is

characterized by an increased level of magnetic field in the frequency range of 50–1000 Hz. With automatic arc welding under the flux, there are no excess of the maximum permissible levels of individual harmonics of the magnetic field but there is an excess of the total value of all harmonic components of the magnetic field. Manual arc welding with direct current involving a non-melting electrode in argon is characterized by a moderate level of magnetic field in workplace. During manual arc welding with coated electrodes, the exceeded level of the magnetic field is observed only on the electrode cable itself. It is shown that the spectral composition of the magnetic field signal is determined mainly by the welding technique itself, the peculiarities of arc combustion, and the nature of the transfer of electrode metal in the arc gap, as well as the initial parameters of the power supplies of the welding arc.

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

References

1. Modenese, A., Gobba, F. (2021). Occupational Exposure to Electromagnetic Fields and Health Surveillance according to the European Directive 2013/35/EU. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18 (4), 1730. doi: <https://doi.org/10.3390/ijerph18041730>
2. Stam, R. (2018). Comparison of international policies on electromagnetic fields (power frequency and radiofrequency fields). Publication for the National Institute for Public Health and the Environment. Available at: <https://rivm.openrepository.com/bitstream/handle/10029/623629/2018998.pdf?sequence=1>
3. Fuentes, M. A., Trakic, A., Wilson, S. J., Crozier, S. (2008). Analysis and Measurements of Magnetic Field Exposures for Healthcare Workers in Selected MR Environments. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 55 (4), 1355–1364. doi: <https://doi.org/10.1109/tbme.2007.913410>
4. Pačaiová, H., Oravec, M., Šmelko, M., Lipovský, P., Forraj, F. (2018). Extra low frequency magnetic fields of welding machines and personal safety. *Journal of Electrical Engineering*, 69 (6), 493–496. doi: <https://doi.org/10.2478/jee-2018-0084>
5. Yamaguchi-Sekino, S., Ojima, J., Sekino, M., Hojo, M., Saito, H., Okuno, T. (2011). Measuring Exposed Magnetic Fields of Welders in Working Time. *Industrial Health*, 49 (3), 274–279. doi: <https://doi.org/10.2486/indhealth.ms1269>
6. Michałowska, J., Przystupa, K., Krupski, P. (2020). Empirical assessment of the MAG welder's exposure to an electromagnetic field. *Przegląd Elektrotechniczny*, 1 (12), 224–227. doi: <https://doi.org/10.15199/48.2020.12.48>
7. Levchenko, O., Goncharova, O., Levcyuk, V., Dudan, A. (2013). Influence of the mode of resistance spot welding on the level of magnetic field in the working area of a welder. *Vestnik polotskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya V*, 3, 86–90. Available at: <https://elib.psu.by/handle/123456789/240>
8. Pro zatverdzhennja Derzhavnykh sanitarnykh norm ta pravyl pry roboti z dzherelamy elektromagnitnykh poliv (DSNiP 3.3.6.096-2002). Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0203-03>
9. Predel'no dopustimye urovni magnitnykh poley chastotoy 50 Gts. Available at: <https://docs.entd.ru/document/1200031592>
10. Glyva, V., Kovalenko, V., Levchenko, L., Tykhenko, O. (2017). Research into protective properties of electromagnetic screens based on the metal-containing nanostructures. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (12 (87)), 50–56. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.103167>
11. Glyva, V., Lyashok, J., Matvieieva, I., Frolov, V., Levchenko, L., Tykhenko, O. et al. (2018). Development and investigation of protective properties of the electromagnetic and soundproofing screen.

Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 6 (5 (96)), 54–61. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.150778>

12. Potap'evskiy, A. G. (2007). Svarka v zaschitnykh gazakh plavyas-chimsya elektrodom. Chast' 1. Svarka v aktivnykh gazakh. Kyiv: Ekotekhnologiya, 192.

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.254500

DEFINING THE FEATURES OF AMPLITUDE AND PHASE SPECTRA OF DANGEROUS FACTORS OF GAS MEDIUM DURING THE IGNITION OF MATERIALS IN THE PREMISES (p. 57–65)

Boris Pospelov

Scientific-methodical Center of Educational Institutions in the Sphere of Civil Defence, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0957-3839>

Evgeniy Rybka

National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5396-5151>

Mikhail Samoilo

National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8924-7944>

Ihor Morozov

National Academy of the National Guard of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9643-481X>

Yuliia Bezuhla

National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4022-2807>

Tetiana Butenko

Scientific-methodical Center of Educational Institutions in the Sphere of Civil Defence, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0115-7224>

Yuliia Mykhailovska

National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1090-5033>

Oleksandr Bondarenko

National Academy of the National Guard of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1755-3333>

Julia Veretennikova

Kharkiv National University of Civil Engineering and Architecture, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0245-704X>

This paper theoretically substantiates research into the spectral features of the dynamics of the main dangerous parameters of a gas environment when igniting materials in a laboratory chamber. Studying such spectral features is based on the calculation of the direct discrete Fourier transform for discrete measurements, equal in number, over the current intervals of observation of the hazardous examined parameter of the gas medium before and after the material is ignited. In this approach, a Fourier discrete transform makes it possible to determine the instantaneous amplitude and phase spectra for the time intervals under consideration. This makes it possible to explore the peculiarities of the distribution of amplitudes and phases of harmonic components in the spectrum of the dynamics of dangerous parameters of the gas environment before and after the ignition of materials. The results of experimental studies established that the nature of the amplitude spectrum is low-informative and not sensi-

tive enough to fires. The main contribution to the amplitude spectrum of the dynamics of the investigated hazardous parameters of the gas environment in the chamber is made by the frequency components in the range of 0–0.2 Hz. The contribution to the amplitude spectrum of frequency components over 0.2 Hz is insignificant and decreases with increasing frequency. It is established that from the phase spectrum, the nature of the random scattering of phases for frequency components exceeding 0.2 Hz is informative. It was found that the nature of the phase spread for these frequency components in the spectrum depends on the type of ignition material. The results reported here could prove useful when devising new effective technologies for detecting fires in the premises of objects in various fields to protect against fires. This is explained by the fact that for the detection of fires in the premises, high-frequency components are important, characterized by the increase in dangerous parameters of the gas environment.

Keywords: ignition of materials, gas environment of premises, amplitude instant spectrum, phase instantaneous spectrum.

References

- Vambol, S., Vambol, V., Bogdanov, I., Suchikova, Y., Rashkevich, N. (2017). Research of the influence of decomposition of wastes of polymers with nano inclusions on the atmosphere. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 6 (10 (90)), 57–64. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.118213>
- Tan, P., Steinbach, M., Kumar, V. (2005). Introduction to Data Mining. Addison Wesley, 864.
- 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.
- 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>
- 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>
- Vambol, S., Vambol, V., Sobyina, V., Koloskov, V., Poberezhna, L. (2019). Investigation of the energy efficiency of waste utilization technology, with considering the use of low-temperature separation of the resulting gas mixtures. Energetika, 64 (4). doi: <https://doi.org/10.6001/energetika.v64i4.3893>
- Dubinina, D., Korytchenko, K., Lisnyak, A., Hrytsyna, I., Trigub, V. (2018). Improving the installation for fire extinguishing with finely-dispersed water. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2 (10 (92)), 38–43. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.127865>
- 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>
- Reproduced with permission from fire loss in the United States during 2019 (2020). National Fire Protection Association.
- 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>

11. Dadashov, I., Loboichenko, V., Kireev, A. (2018). Analysis of the ecological characteristics of environment friendly fire fighting chemicals used in extinguishing oil products. *Pollution Research*, 37 (1), 63–77.
12. 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>
13. Pospelov, B., Andronov, V., Rybka, E., Krainiukov, O., Maksymenko, N., Meleshchenko, R. et. al. (2020). Mathematical model of determining a risk to the human health along with the detection of hazardous states of urban atmosphere pollution based on measuring the current concentrations of pollutants. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (10 (106)), 37–44. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.210059>
14. 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>
15. 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>
16. Andronov, V., Pospelov, B., Rybka, E. (2017). Development of a method to improve the performance speed of maximal fire detectors. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (9 (86)), 32–37. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.96694>
17. Pospelov, B., Andronov, V., Rybka, E., Skliarov, S. (2017). Design of fire detectors capable of self-adjusting by ignition. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (9 (88)), 53–59. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.108448>
18. Pospelov, B., Andronov, V., Rybka, E., Skliarov, S. (2017). Research into dynamics of setting the threshold and a probability of ignition detection by self-adjusting fire detectors. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (9 (89)), 43–48. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.110092>
19. 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)
20. 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>
21. BS EN 54-30:2015. Fire detection and fire alarm systems. Multi-sensor fire detectors. Point detectors using a combination of carbon monoxide and heat sensors. doi: <https://doi.org/10.3403/30266860>
22. BS EN 54-31:2014. Fire detection and fire alarm system. Multi-sensor fire detectors. Point detectors using a combination of smoke, carbon monoxide and optionally heat sensors. doi: <https://doi.org/10.3403/30256418u>
23. ISO 7240-8:2014. Fire detection and alarm systems. Point-type fire detectors using a carbon monoxide sensor in combination with a heat sensor. doi: <https://doi.org/10.3403/30280584>
24. Aspey, R. A., Brazier, K. J., Spencer, J. W. (2005). Multiwavelength sensing of smoke using a polychromatic LED: Mie extinction characterization using HLS analysis. *IEEE Sensors Journal*, 5 (5), 1050–1056. doi: <https://doi.org/10.1109/jсен.2005.845207>
25. Chen, S.-J., Hovde, D. C., Peterson, K. A., Marshall, A. W. (2007). Fire detection using smoke and gas sensors. *Fire Safety Journal*, 42 (8), 507–515. doi: <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2007.01.006>
26. Shi, M., Bermak, A., Chandrasekaran, S., Amira, A., Brahim-Belhouari, S. (2008). A Committee Machine Gas Identification System Based on Dynamically Reconfigurable FPGA. *IEEE Sensors Journal*, 8 (4), 403–414. doi: <https://doi.org/10.1109/jсен.2008.917124>
27. Skinner, A. J., Lambert, M. F. (2006). Using Smart Sensor Strings for Continuous Monitoring of Temperature Stratification in Large Water Bodies. *IEEE Sensors Journal*, 6 (6), 1473–1481. doi: <https://doi.org/10.1109/jсен.2006.881373>
28. Cheon, J., Lee, J., Lee, I., Chae, Y., Yoo, Y., Han, G. (2009). A Single-Chip CMOS Smoke and Temperature Sensor for an Intelligent Fire Detector. *IEEE Sensors Journal*, 9 (8), 914–921. doi: <https://doi.org/10.1109/jсен.2009.2024703>
29. Wu, Y., Harada, T. (2004). Study on the Burning Behaviour of Plantation Wood. *Scientia Silvae Sinicae*, 40, 131.
30. Zhang, D., Xue, W. (2010). Effect of Heat Radiation on Combustion Heat Release Rate of Larch. *Journal of West China Forestry Science*, 39, 148.
31. Ji, J., Yang, L., Fan, W. (2003). Experimental Study on Effects of Burning Behaviours of Materials Caused by External Heat Radiation. *Journal of Combustion Science and Technology*, 9, 139.
32. Peng, X., Liu, S., Lu, G. (2005). Experimental Analysis on Heat Release Rate of Materials. *Journal of Chongqing University*, 28, 122.
33. Pospelov, B., Andronov, V., Rybka, E., Meleshchenko, R., Gornostal, S. (2018). Analysis of correlation dimensionality of the state of a gas medium at early ignition of materials. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (10 (95)), 25–30. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.142995>
34. Pospelov, B., Andronov, V., Rybka, E., Meleshchenko, R., Borodych, P. (2018). Studying the recurrent diagrams of carbon monoxide concentration at early ignitions in premises. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (9 (93)), 34–40. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.133127>
35. Pospelov, B., Rybka, E., Meleshchenko, R., Krainiukov, O., Biryukov, I., Butenko, T. et. al. (2021). Short-term fire forecast based on air state gain recurrence and zero-order brown model. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (10 (111)), 27–33. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.233606>
36. Pospelov, B., Rybka, E., 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>
37. McGrattan, K., Hostikka, S., McDermott, R., Floyd, J., Weinschenk, C., Overholt, K. (2016). Fire Dynamics Simulator Technical Reference Guide. Vol. 3. National Institute of Standards and Technology.
38. Floyd, J., Forney, G., Hostikka, S., Korhonen, T., McDermott, R., McGrattan, K. (2013). Fire Dynamics Simulator. User's Guide. V. 6. National Institute of Standard and Technology.
39. 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.
40. Heskestad, G., Newman, J. S. (1992). Fire detection using cross-correlations of sensor signals. *Fire Safety Journal*, 18 (4), 355–374. doi: [https://doi.org/10.1016/0379-7112\(92\)90024-7](https://doi.org/10.1016/0379-7112(92)90024-7)
41. 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 Systems: Test Series 4 Results. NRL/MR/6180-02-8602. Naval Research Laboratory.
42. Pospelov, B., Rybka, E., Meleshchenko, R., Gornostal, S., Shcherbak, S. (2017). Results of experimental research into correla-

tions between hazardous factors of ignition of materials in premises. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 6 (10 (90)), 50–56. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.117789>

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.254620
OPTIMIZING THE PROCESS OF FIRE DETECTION
IN WAREHOUSES CONSIDERING THE TYPE AND
LOCATION OF FIRE DETECTORS (p. 66–73)

Volodymyr Sharyy

Lviv State University of Life Safety, Lviv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8746-2184>

Ivan Pasnak

Lviv State University of Life Safety, Lviv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8405-4625>

Artur Renkas

Lviv State University of Life Safety, Lviv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5518-3508>

An integral condition for avoiding damage due to fires in warehouses, or at least minimizing them, is the early detection of fires using fire protection systems, as well as its timely localization. Depending on which fire detectors are selected to protect the relevant premises and where they are installed, the time of operation of all elements of automatic control systems in case of a fire will depend. The review of literary data revealed that at present there is no comprehensive approach to choosing the optimal placement in warehouses. In addition, the optimal placement of fire detectors within the room, taking into consideration the type of fire load, has not been sufficiently studied. Therefore, the purpose of the current study is to establish the dependence of the time of operation of different types of fire detectors on the type of combustible material, namely its mass burnout rate, distance, and height of placement of detectors from a potential fire site. This paper reports a procedure for conducting an experimental study to identify the appropriate dependence for warehouses. The results of the experiments showed that the most effective in warehouses are targeted fire smoke detectors and aspiration systems. Based on the results of a complete factor experiment, nonlinear empirical dependences to determine the time of operation of smoke fire detectors on the above factors were built. The resulting empirical dependences make it possible to choose fire detectors and optimally place them within a room. The average error in these dependences when compared with the experimental data is 6.9 %. The use of the derived dependences makes it possible to reduce the time of operation of fire detectors by 14 s in comparison with their placement in accordance with building codes.

Keywords: fire detector, fire development, fire protection system, full-factor experiment, trigger time.

References

1. DBN V.2.5-56:2014. Systemy protyvozhezhnoho zakhystu. Available at: <http://kbu.org.ua/assets/app/documents/dbn2/98.1.%20ДБН%20В.2.5-56-2014.%20Системи%20протиопожежного%20захисту.pdf>
2. Hulida, E., Pasnak, I., Renkas, A., Sharyy, V. (2020). Engineering method for determining rational fire protection parameters of warehouses. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2 (10 (104)), 38–45. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.201819>
3. Nan, C., Xianmeng, M., Wenhui, D. (2012). Experimental Study on the Testing Environment Improvement of Fire Smoke Detectors. Procedia Engineering, 45, 610–616. doi: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.08.211>
4. Kruell, W., Schultze, T., Tobera, R., Willms, I. (2013). Analysis of Dust Properties to Solve the Complex Problem of Non-fire Sensitivity Testing of Optical Smoke Detectors. Procedia Engineering, 62, 859–867. doi: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2013.08.136>
5. Zhang, W., Olenick, S. M., Klassen, M. S., Carpenter, D. J., Roby, R. J., Torero, J. L. (2008). A smoke detector activation algorithm for large eddy simulation fire modeling. Fire Safety Journal, 43 (2), 96–107. doi: <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2007.05.004>
6. Liu, F., Zhao, Z., Yao, H., Liang, D. (2013). Application of Aspiring Smoke Detectors at the Fire Earliest Stage. Procedia Engineering, 52, 671–675. doi: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2013.02.204>
7. Choi, M.-S., Lee, K.-O. (2018). Study on Influence of Air Flow of Ceiling Type Air Conditioner on Fire Detector Response. Fire Science and Engineering, 32 (5), 40–45. doi: <https://doi.org/10.7731/kifse.2018.32.5.040>
8. Zheng, W., Zhang, X., Wang, Z. (2016). Experiment Study of Performances of Fire Detection and Fire Extinguishing Systems in a Subway Train. Procedia Engineering, 135, 393–402. doi: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.01.147>
9. Ko, E. Y., Hong, S.-H., Cha, J. (2020). A Study on Remote IoT operating time for Fire Detector of Smart Home. The Journal of the Institute of Internet, Broadcasting and Communication, 20 (2), 235–238. doi: <https://doi.org/10.7236/JIIBC.2020.20.2.235>
10. Liu, X., Hou, D., Ji, J., Zhu, H. (2021). Experiment and numerical simulation of cable trench fire detection. Case Studies in Thermal Engineering, 28, 101338. doi: <https://doi.org/10.1016/j.csite.2021.101338>
11. Hong, S.-H. (2016). An Experimental Study on the Response Characteristics of Fire Detector for Early Stage Fire Detection in Warehouse. Fire Science and Engineering, 30 (3), 41–47. doi: <https://doi.org/10.7731/kifse.2016.30.3.041>

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.254546
ESTABLISHING REGULARITIES OF TEMPERATURE
CONDUCTIVITY REDUCTION WHEN PROTECTING
FABRIC AGAINST FIRE BY INTUMESCENT COATING
(p. 77–80)

Yuriy Tsapko

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

Aleksii Tsapko

Ukrainian State Research Institute “Resource”, Kyiv, Ukraine
 Kyiv National University of Construction and Architecture,
 Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2298-068x>

Natalia Buiskykh

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,
 Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3229-7235>

Oleksandra Horbachova

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,
 Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7533-5628>

Serhii Mazurchuk

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,
 Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6008-9591>

Andrii Matviichuk

V. I. Vernadsky National Library of Ukraine, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4051-2484>

Yuriy Sarapin

Fire Safety Department of the Armed Forces of Ukraine,
 Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3114-5934>

This paper has analyzed materials for fire protection of textile products; it was found that there are not enough data to explain and describe the process of fire protection. Neglecting modern coatings leads to the ignition of fabric structures under the action of flame. Devising reliable methods for studying the conditions of fabric fire protection leads to the design of new types of fireproof materials. Therefore, there is a need to determine the conditions that form a barrier to high fabric temperature and to establish a mechanism for inhibiting heat transfer to the material. In this regard, the thermal conductivity process was simulated on the fabric surface using an intumescent coating, which makes it possible to estimate the coefficient of thermal conductivity at high temperatures. Based on the experimental data and theoretical dependences, the thermal conductivity coefficient of the fire-retardant layer of coked foam was calculated, which is $8.9 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$, due to the formation of a heat-insulating layer. The study results proved that the process of thermal insulation of textile material involves not only the decomposition of flame retardants with the formation of inert gases that interact with the flame on the sample surface but also the inhibition of heat transfer to the material treated with an intumescent coating that forms a thermally-insulating layer of coked foam on the fabric surface. The maximum possible penetration of temperature was estimated, namely generating a temperature on the sample's surface that significantly exceeds the ignition temperature of the fabric, and does not exceed $215 \text{ }^\circ\text{C}$ on the unheated surface. Thus, there is reason to argue about the possibility of targeted adjustment of the processes of fabric fire protection by applying coatings capable of forming a protective layer on the surface of the material, which inhibits the rate of heat transfer.

Keywords: protective means, textile material, combustion, weight loss, fabric surface treatment, swelling.

References

- Horrocks, A. R. (2014). High performance textiles for heat and fire protection. *High Performance Textiles and Their Applications*, 144–175. doi: <https://doi.org/10.1533/9780857099075.144>
- Ahmed, M. T., Morshed, M. N., Farjana, S., An, S. K. (2020). Fabrication of new multifunctional cotton–modal–recycled aramid blended protective textiles through deposition of a 3D-polymer coating: high fire retardant, water repellent and antibacterial properties. *New Journal of Chemistry*, 44 (28), 12122–12133. doi: <https://doi.org/10.1039/d0nj02142c>
- Dolez, P. I., Tomer, N. S., Malajati, Y. (2018). A quantitative method to compare the effect of thermal aging on the mechanical performance of fire protective fabrics. *Journal of Applied Polymer Science*, 136 (6), 47045. doi: <https://doi.org/10.1002/app.47045>
- Chan, S. Y., Si, L., Lee, K. I., Ng, P. F., Chen, L., Yu, B. et. al. (2017). A novel boron–nitrogen intumescent flame retardant coating on cotton with improved washing durability. *Cellulose*, 25 (1), 843–857. doi: <https://doi.org/10.1007/s10570-017-1577-2>
- Fire safety requirements on textile membranes in temporary building structures (2013). SP Technical research Institute of Sweden. Available at: <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:962753/FULLTEXT01.pdf>
- Mandal, S., Song, G., Rossi, R. M., Grover, I. B. (2021). Characterization and modeling of thermal protective fabrics under Molotov cocktail exposure. *Journal of Industrial Textiles*, 152808372098497. doi: <https://doi.org/10.1177/1528083720984973>
- Zhu, H., Kannan, K. (2020). Determination of melamine and its derivatives in textiles and infant clothing purchased in the United States. *Science of The Total Environment*, 710, 136396. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.136396>
- Ackerman, M., Batcheller, J., Paskaluk, S. (2015). Off Gas Measurements from FR Materials Exposed to a Flash Fire. *AATCC Journal of Research*, 2 (2), 1–12. doi: <https://doi.org/10.14504/ajr.2.2.1>
- Magovac, E., Vončina, B., Jordanov, I., Grunlan, J. C., Bischof, S. (2022). Layer-by-Layer Deposition: A Promising Environmentally Benign Flame-Retardant Treatment for Cotton, Polyester, Polyamide and Blended Textiles. *Materials*, 15 (2), 432. doi: <https://doi.org/10.3390/ma15020432>
- Kozłowski, R., Muzyczek, M., Mieleniak, B. (2004). Upholstery Fire Barriers Based on Natural Fibers. *Journal of Natural Fibers*, 1 (1), 85–95. doi: https://doi.org/10.1300/j395v01n01_06
- Skorodumova, O., Tarakhno, O., Chebotaryova, O., Hapon, Y., Emen, F. M. (2020). Formation of Fire Retardant Properties in Elastic Silica Coatings for Textile Materials. *Materials Science Forum*, 1006, 25–31. doi: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/msf.1006.25>
- Tsapko, Y., Tsapko, A., Bondarenko, O. P. (2020). Research of Conditions of Removal of Fire Protection from Building Construction. *Key Engineering Materials*, 864, 141–148. doi: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/kem.864.141>
- Tsapko, Y., Tsapko, O., Bondarenko, O. (2020). Determination of the laws of thermal resistance of wood in application of fire-retardant fabric coatings. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (10 (104)), 13–18. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.200467>
- 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>
- Potter, M. C. (2019). *Engineering analysis*. Springer, 434. doi: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-91683-5>
- Janna, W. S. (2010). *Engineering Heat Transfer*. CRC Press, 692.
- Tsapko, Y., Tsapko, A., Bondarenko, O., Chudovska, V. (2021). Thermophysical characteristics of the formed layer of foam coke when protecting fabric from fire by a formulation based on modified phosphorus-ammonium compounds. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (10 (111)), 34–41. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.233479>
- Tsapko, Y., Tsapko, A., Bondarenko, O. (2021). Defining patterns of heat transfer through the fire-protected fabric to wood. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (10 (114)), 49–56. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.245713>

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.255537**РОЗРОБКА РЕГЛАМЕНТУ ГІДРОБІОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ В ЦИРКУЛЯЦІЙНІЙ СИСТЕМІ ОХОЛОДЖЕННЯ ЗАПОРІЗЬКОЇ АТОМНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ (с. 6–17)****Н. Б. Єсіпова, О. М. Маренков, Т. С. Шарамок, О. С. Нестеренко, В. О. Курченко**

У статті пропонується новий підхід до вирішення проблеми біообростань на спорудах циркуляційної системи охолодження Запорізької атомної електростанції (ЗАЕС) шляхом регламентації гідробіологічних досліджень. У ході проведених досліджень були виявлені 4 види гідробіонтів, які утворювали масові обростання на водопостачальних спорудах: нитчасті водорості *Oedogonium* sp. і *Ulotrix zonata* із загальною біомасою $123,6 \pm 18,44$ г/м², тропічні молюски *Melanoides tuberculata* і *Tarebia granifera* родини *Thiaridae* з біомасою 20,09 г/м². Мушлі відмерлих молюсків з течією води дрейфували по трубах циркуляційної системи і заважали роботі насосних станцій. Також до потенційного утворювача біоперешкод належала синьозелена водорість *Microcystis aeruginosa*, яка домінувала у фітопланктоні водойми-охолоджувача. Гідробіологічний регламент був розроблений з метою своєчасного виявлення гідробіонтів, здатних до активного розмноження і створення біоперешкод. Він передбачає здійснення чотирьох типів моніторингу: поточного (оперативного), екстремального (контрольного), розгорнутого (дослідницького) та фоновий (гідробіологічний контролю Каховського водосховища у зоні впливу скидних теплих вод). Для кожного типу моніторингу визначені предмети контролю (угруповання гідробіонтів), параметри контролю (видовий склад, чисельність, біомаса) і частота контролю. Регламент гідробіологічного моніторингу дозволяє мінімізувати наслідки або запобігти виникненню аварійних та надзвичайних ситуацій у роботі циркуляційних систем охолодження ЗАЕС, пов'язаних з біоперешкодами, і може бути використаний як приклад для вирішення подібних проблем на інших енергетичних об'єктах. Стаття також містить практичні рекомендації щодо поліпшення екологічного стану водойми-охолоджувача і запобігання масового розвитку небезпечних гідробіонтів шляхом вселення у водойму риб-біомеліораторів з різним спектром живлення.

Ключові слова: Запорізька атомна електростанція, гідротехнічні споруди, екологічні чинники, проблема біообростання, гідроз біологічний моніторинг, біомеліорація.

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.255167**УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ ТА ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ҐРУНТОВИХ ГІДРОТЕХНІЧНИХ СПОРУД НА МАЛИХ РІЧКАХ (с. 18–29)****Г. В. Гапіч, Д. С. Пікареня, О. В. Орліньська, В. В. Коваленко, Л. М. Рудаков, І. В. Чушкіна, Н. М. Максимова, Т. К. Макарова, В. В. Кацевич**

Представлені результати досліджень ґрунтових гідротехнічних споруд (ГТС) класу наслідків (відповідальності) СС1 на малих річках. Репрезентативність отриманих результатів для вітчизняної і світової практики подальшої експлуатації таких споруд забезпечується типовістю технічних і технологічних підходів до будівництва, матеріалу та умов їх роботи. Греблі зведені з ґрунтових матеріалів, експлуатуються значні терміни часу та вичерпали нормативний термін експлуатації, що посилює екологічну та технічну небезпеку їх подальшої роботи. Проведені візуальні обстеження, інструментальна діагностика технічного стану геофізичним методом природного імпульсного електромагнітного поля Землі (ШЕМІПЗ) та математичний аналіз отриманих даних спостережень. Представлена можливість встановлення в тілі ГТС ділянок підвищеної фільтрації води крізь споруду, обводнення, розуціління та суфозії, визначення потенційно небезпечних зон формування зсувів, тріщин та можливих проранів. Виконано оцінювання імовірності ризику виникнення аварії на дамбах при їх каскадному розташуванні внаслідок фільтраційних деформацій тіла та основи споруди. За сучасних умов експлуатації розрахована можливість пропуску водоскидними пристроями нормативних та понаднормових (форсованих) витрат води внаслідок опадів або прориву розташованої вище за течією споруди. Запропонований підхід надає можливість управління каскадом гідротехнічних споруд на різних стадіях експлуатації: планової, оперативного прийняття рішень, прогнозування. Це дозволяє виконувати діагностичні обстеження з метою виявлення споруд, які потребують першочергового залучення коштів на проведення ремонтно-відновлювальних робіт або знесення (демонтажу).

Ключові слова: гідротехнічна споруда, ґрунтова дамба, мала річка, геофізичні методи досліджень, фільтраційні деформації.

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.255054**РОЗРОБКА РЕКОМЕНДАЦІЙ НА ОСНОВІ КОМПЛЕКСНОЇ ОЦІНКИ ҐРУНТОВО-ГЕОБОТАНІЧНОГО СТАНУ ЗЕМЕЛЬНИХ ДІЛЯНОК ДЛЯ ЗДІЙСНЕННЯ РОБІТ З ЛІСОРОЗВЕДЕННЯ (с. 30–41)****Nazym Shogelova, Sergey Sartin, Timur Zveryachenko**

Земельний фонд перебуває у постійному русі. Землі переводяться з одних категорій та угідь до інших. Погіршення екологічного стану земель, розвиток ерозійних процесів, опустелювання, засолення, забруднення хімічними та радіоактивними речовинами, заростання лісом та чагарником земель щорічно виключають із використання значні площі.

Проведено роботу з дослідження лісництв, розташованих на території Північного Казахстану. Вивчення ґрунту здійснювалося методом закладки ґрунтових розрізів та полів з описом потужності горизонтів. Структура ґрунту визначалася методом розбивки зразків ґрунту. Визначення гранулометричного складу проводили вологим методом із підрозділом на пісок, супісок, суглинок легкий, суглинок середній, суглинок важкий та глину. Хімічний аналіз ґрунтових зразків проведено в атестованій лабораторії. Розчинні карбонати перебувають у пробах Бурлуцького лісництва. Відповідно до будови та хімічного аналізу визначено типи ґрунтів для кожного лісництва. За результатами дослідження було вироблено рекомендації для категорій площ. Також були визначені площі ділянок, придатних для всіх основних лісових порід, та площі з наявними лісами, лісовими культурами, що заросли самосівом.

При рекогносцирувальному маршрутно-петльовому обстеженні земельних ділянок виділено типи рослинних асоціацій. Було проведено комплексне еколого-географічне дослідження лісництва для здійснення робіт із лісорозведення. Головним чином виявлення типів рослинних асоціацій дозволило провести попередню оцінку на місцевості для визначення якості досліджуваних ділянок щодо відновлення лісових масивів. Загальні рекомендації були сформовані при безпосередньому проведенні обстежень на місцевості, але системний моніторинг, із застосуванням методів дистанційного зондування Землі, міг би полегшити дослідження. Розвиток методу комплексного еколого-географічного дослідження у майбутньому може значно підвищити ефективність лісовпорядних робіт загалом та мінімізувати втрати, пов'язані з впливами зовнішнього середовища.

Ключові слова: дистанційне зондування, геоботанічний стан земельних ділянок, лісорозведення, комплексна оцінка.

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.254285

РОЗРОБКА КЛАСИФІКАТОРА З ПЕРЕРОБКИ ПЛАСТИКА З ДОПОМОГОЮ ГЛИБИННОГО НАВЧАННЯ І ПРЯМОЇ АЦИКЛІЧНОЇ ГРАФІЧНОЇ ЗАЛИШКОВОЇ МЕРЕЖІ (с. 42–49)

Ahmed Burhan Mohammed, Ahmad Abdullah Mohammed AL-Mafri, Moumena Salah Yassen, Ahmad H. Sabry

Переробка є одним із найбільш важливих підходів до захисту навколишнього середовища, оскільки вона спрямована на скорочення відходів на звалищах за збереження природних ресурсів. Використовуючи мережі глибинного навчання, ця група відходів може бути автоматично класифікована на стрічках сміттесортувального заводу. Однак базового набору зв'язаних шарів може бути нен достатньо для забезпечення задовільної точності таких завдань класифікатора з декількома виходами. Щоб оптимізувати градієнтний потік та забезпечити більш глибоке навчання для проектування мережі за допомогою класифікатора з декількома мітками, у цьому дослідженні пропонується нейронна мережа з глибинним навчанням на основі залишків. Для мережного навчання було вивчено десять класів. Спрямований ациклічний граф (САГ) – це структура з прихованими шарами, які мають входи, виходи та інші шари. Архітектура мережі САГ, заснована на залишках, має короткі з'єднання, які обходять деякі рівні мережі, дозволяючи градієнтам параметрів мережі вільно переміщатися між вихідними шарами мережі для більш глибокого навчання. Методологія включає:

- 1) підготовку даних та створення сховища даних доповненого зображення;
- 2) визначення основних послідовно поєднаних гілок мережевої архітектури;
- 3) визначення залишкових взаємозв'язків в обхід основних відгалужених шарів;
- 4) визначення шарів;
- 5) створення графа глибшого шару з урахуванням залишків.

Ідея полягає в тому, щоб розділити проблему мультикласової класифікації на другорядні бінарні стани, де кожен класифікатор працює як експерт, концентруючись на розрізненні двох міток, підвищуючи загальну точність. Результати досягають (2,861%) помилки навчання та (9,76%) помилки перевірки. Результати навчання цього класифікатора оцінюються шляхом знаходження помилки навчання, помилки перевірки та відображення матриці плутанини даних перевірки.

Ключові слова: спрямований ациклічний граф (САГ), глибинне навчання, переробка, класифікація, згортоква нейронна мережа (ЗНМ).

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.254471

ВИЗНАЧЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ СТВОРЕННЯ МАГНІТНИХ ПОЛІВ ПРИ РІЗНИХ СПОСОБАХ ДУГОВОГО ЗВАРЮВАННЯ (с. 50–56)

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

Досліджено рівні магнітних полів, що створюються обладнанням дугового зварювання різними способами, для оцінювання їх впливу на організм зварників. Відомо, що зварники піддаються дії магнітного поля великої інтенсивності. У залежності від способу зварювання і виду зварювального обладнання вони можуть перевищувати гранично допустимі рівні (ГДР). Разом з тим в дію уведено нові українські санітарні норми на магнітні поля, які регламентують їх рівні в залежності від діапазону частот. Тому виникла необхідність у проведенні їх гігієнічної оцінки за новими нормами з метою розроблення відповідних методів захисту зварників. Для цього необхідно було вибрати прилади нового покоління для визначення напруженості магнітних полів, що створюються саме зварювальним обладнанням. На основі аналізу отриманих осцилограм та спектрограм магнітних полів встановлено, що напівавтоматичне зварювання металевим електродом у вуглекислому газі характеризується підвищеним рівнем магнітного поля в частотному діапазоні 50–1000 Гц. При автоматичному дуговому зварюванні під флюсом перевищення гранично допустимих рівнів окремих гармонік магнітного поля відсутні, але є перевищення сумарного значення усіх гармонічних складових магнітного поля. Ручне дугове зварювання постійним струмом неплавким електродом в аргоні характеризується помірним рівнем магнітного поля на

робочому місці. Під час ручного дугового зварювання покритими електродами перевищений рівень магнітного поля має місце лише на самому електродному кабелі. Показано, що спектральний склад сигналу магнітного поля визначається, переважно, самим способом зварювання, особливостями горіння дуги і характером переносу електродного металу в дуговому проміжку, а також вихідними параметрами джерел живлення зварювальної дуги.

Ключові слова: дугове зварювання, магнітне поле, напруженість поля, осцилограми, спектрограми, захист зварників.

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.254500

ВИЯВЛЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ АМПЛІТУДНОГО ТА ФАЗОВОГО СПЕКТРІВ НЕБЕЗПЕЧНИХ ФАКТОРІВ ГАЗОВОГО СЕРЕДОВИЩА ПРИ ЗАГОРЯННЯХ МАТЕРІАЛІВ У ПРИМІЩЕННЯХ (с. 57–65)

Б. Б. Поспелов, Є. О. Рыбка, М. О. Самойлов, І. Є. Морозов, Ю. С. Безугла, Т. Ю. Бутенко, Ю. В. Михайловська, О. Г. Бондаренко, Ю. А. Веретеннікова

Виконано теоретичне обґрунтування досліджень спектральних особливостей динаміки основних небезпечних параметрів газового середовища при загораннях матеріалів у лабораторній камері. Дослідження таких спектральних особливостей ґрунтується на обчисленні прямого дискретного перетворення Фур'є для рівних за кількістю дискретних вимірювань на поточних інтервалах спостереження небезпечного досліджуваного параметра газового середовища до і після загорання матеріалу. При цьому підході дискретне перетворення Фур'є дозволяє визначати миттєвий амплітудний і фазовий спектри для часових інтервалів, що розглядаються. Це дозволяє досліджувати особливості розподілу амплітуд та фаз гармонійних складових у спектрі динаміки небезпечних параметрів газового середовища до та після загорання матеріалів. В результаті експериментальних досліджень встановлено, що характер амплітудного спектру виявляється малоінформативним та недостатньо чутливим до загорянь. Основний внесок у амплітудний спектр динаміки досліджуваних небезпечних параметрів газового середовища в камері роблять частотні складові діапазону 0–0,2 Гц. Внесок у амплітудний спектр частотних складових понад 0,2 Гц виявляється незначним та зменшується зі збільшенням частоти. Встановлено, що з фазового спектра інформативним є характер випадкового розкиду фаз для частотних складових, які перевищують 0,2 Гц. Виявлено, що характер розкиду фаз для зазначених частотних складових у спектрі залежить від типу матеріалу загорання. Отримані результати є корисними при розробці нових ефективних технологій виявлення загорянь у приміщеннях об'єктів різної сфери для захисту від пожеж. Пояснюється це тим, що для виявлення загорянь у приміщеннях важливими є високочастотні складові, що характеризуються прирощеннями небезпечних параметрів газового середовища.

Ключові слова: загорання матеріалів, газове середовище приміщень, амплітудний миттєвий спектр, фазовий миттєвий спектр.

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.254620

ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ВИЯВЛЕННЯ ПОЖЕЖІ В СКЛАДСЬКИХ ПРИМІЩЕННЯХ ІЗ УРАХУВАННЯМ ТИПУ ТА РОЗМІЩЕННЯ ПОЖЕЖНИХ СПОВІЩУВАЧІВ (с. 66–73)

В. В. Шарий, І. В. Паснак, А. А. Ренкас

Невід'ємною умовою уникнення збитків внаслідок пожеж у складських об'єктах, або, принаймні, їх мінімізації, є раннє виявлення загорянь за допомогою систем протипожежного захисту та своєчасна її локалізація. Залежно від того, які пожежні сповіщувачі вибрано для захисту відповідного приміщення, та де вони встановлені, буде залежати час спрацювання усіх елементів систем автоматичного управління у разі пожежі. Аналіз літературних даних показав, що на сьогоднішній день відсутній комплексний підхід щодо вибору оптимального розміщення у складських приміщеннях. Окрім цього недостатньо вивчено оптимальне розміщення пожежних сповіщувачів в об'ємі приміщення з урахуванням типу пожежного навантаження. Тому метою дослідження є встановлення залежності часу спрацювання різних типів пожежних сповіщувачів від виду горючого матеріалу, а саме його масової швидкості вигорання, відстані та висоти розміщення сповіщувачів від потенційного осередку пожежі. Представлено методику проведення експериментального дослідження для виявлення відповідної залежності для складських приміщень. Результати експериментів показали, що найбільш ефективними у складських приміщеннях є адресні пожежні димові сповіщувачі та аспіраційні системи. За результатами повного факторного експерименту отримано нелінійні емпіричні залежності для визначення часу спрацювання димових пожежних сповіщувачів від вищеперерахованих чинників. Отримані емпіричні залежності дозволяють обрати пожежні сповіщувачі та оптимально розмістити їх в об'ємі приміщення. Середня похибка даних залежностей при порівнянні з даними експерименту становить 6,9 %. Використання отриманих залежностей дозволяє зменшити час спрацювання пожежного сповіщувача у порівнянні із розміщенням їх згідно будівельних норм на 14 с.

Ключові слова: пожежний сповіщувач, розвиток пожежі, системи протипожежного захисту, повнофакторний експеримент, час спрацювання.

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.254546

ВСТАНОВЛЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ЗНИЖЕННЯ ТЕМПЕРАТУРОПРОВІДНОСТІ ПРИ ВОГНЕЗАХИСТІ ТКАНИНИ ІНТУМЕСЦЕНТНИМ ПОКРИТТЯМ (с. 74–80)

Ю. В. Цапко, О. Ю. Цапко, Н. В. Буйських, О. Ю. Горбачова, С. М. Мазурчук, А. В. Матвійчук, Ю. О. Сарапін

Проведено аналіз матеріалів для вогнезахисту текстильних виробів і встановлено, що недостатньо даних для пояснення і опису процесу вогнезахисту, нехтування сучасних покриттів призводить до загорання конструкцій з тканин під дією полум'я. Розробка

надійних методів дослідження умов вогнезахисту тканин призводить до створення нових типів вогнезахисних матеріалів. Тому виникає необхідність для визначення умов утворення бар'єру до високої температури тканини і встановлення механізму гальмування теплопередачі до матеріалу. У зв'язку з цим проведено моделювання процесу температуропровідності на поверхні тканини при застосуванні інтумесцентного покриття, що дозволяє оцінити коефіцієнт температуропровідності при високотемпературній дії. За експериментальними даними та теоретичними залежностями розраховано коефіцієнт температуропровідності вогнезахисного шару пінококсу, який становить $8,9 \times 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ за рахунок утворення теплоізолювального шару. У результаті досліджень доведено, що процес теплоізолювання текстильного матеріалу полягає не тільки в розкладі антипіренів з утворенням інертних газів, які взаємодіють з полум'ям на поверхні зразка, а і гальмуванні процесу передавання тепла до матеріалу, який оброблений інтумесцентним покриттям та утворює на поверхні тканини теплозахисний шар пінококсу. Проведено оцінку максимально можливого проникнення температури, а саме створення на поверхні зразка температури, що значно перевищує температуру займання тканини, а на необігрітій поверхні не перевищує 215°C . Таким чином, є підстави стверджувати про можливість спрямованого регулювання процесів вогнезахисту тканини шляхом застосування покриттів, здатних утворювати на поверхні матеріалу захисний шар, який гальмує швидкість передавання тепла.

Ключові слова: захисні засоби, текстильний матеріал, горіння, втрата маси, оброблення поверхні тканини, сплучення.