

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.225324

AN ANALYSIS OF PERFORMANCE OF AN ANAEROBIC FIXED FILM BIOFILTER (AnF2B) REACTOR IN TREATMENT OF CASSAVA WASTEWATER (p. 6–13)

Prayitno Prayitno

State Polytechnic of Malang, Malang, Indonesia

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8607-8719>

Sri Rulianah

State Polytechnic of Malang, Malang, Indonesia

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8402-520X>

Windi Zamrudu

State Polytechnic of Malang, Malang, Indonesia

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2413-9448>

Sugeng Hadi Susilo

State Polytechnic of Malang, Malang, Indonesia

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3077-2039>

The cassava starch wastewater contains organic materials (as BOD, COD) in high concentrations so it has the potential to cause pollution in the aquatic environment. Several methods of cassava starch wastewater treatment have been used to reduce the concentration of organic matter (pollutants) in cassava starch wastewater, including Activated Sludge, Stabilization Pond, Anaerobic-Aerobic filter process. However, various studies continue to be carried out to get higher processing efficiency on the factors that influence it. Several factors influence the efficiency of wastewater treatment processes, including the type and origin of decomposing microorganisms, hydraulic residence time (HRT), organic load rate (OLR), process design, pH, and temperature. The research aimed to evaluate the performance of the AnF2B reactor in treating cassava starch wastewater, in which the reactor performance is shown by changes in organic matter removal (COD removal) and biogas production. The research is conducted using 3 types of AnF2B reactors wherein each AnF2B reactor contains a bee nest-shaped bio-filter as a growth medium for the consortium of indigenous bacteria. The AnF2B reactor operates in anaerobic conditions with a set temperature of 29–30 °C and a pH of 4.5–7. In each AnF2B reactor, cassava starch wastewater is fed with different OLR so that each reactor has an HRT of 5, 6, and 7 days. The concentration of COD at the influent and effluent of the reactor was measured and the biogas was produced using the APHA standard method. The results showed that the AnF2B reactor had a satisfactory performance in COD removal and biogas production, which at HRT: 6 days and OLR of 1.72 g/L-day found that the maximum COD removal was 98 % and the volume of biogas of 4.8 L/L-day was produced on the 12th day.

Keywords: biogas, bee nest, cassava starch, HRT, indigenous bacterial consortium, OLR.

References

- Kolawole, P. (2014). Cassava Processing and the Environmental Effect. *Proceedings of The 4th World Sustainability Forum*. doi: <https://doi.org/10.3390/wsf-4-a004>
- Setyawaty, R., Katayama-Hirayama, K., Kaneko, H., Hirayama, K. (2011). Current tapioca starch wastewater (TSW) management in Indonesia. *World Applied Sciences Journal*, 14 (5), 658–665. Available at: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20113340837>
- Racho, P., Pongampornnara, A. (2020). Enhanced biogas production from modified tapioca starch wastewater. *Energy Reports*, 6, 744–750. doi: <https://doi.org/10.1016/j.egy.2019.09.058>
- Annachhatre, A. P., Amatya, P. L. (2000). UASB Treatment of Tapioca Starch Wastewater. *Journal of Environmental Engineering*, 126 (12). doi: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9372\(2000\)126:12\(1149\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9372(2000)126:12(1149))
- Ferraz, F. M., Bruni, A. T., Del Bianchi, V. L. (2009). Performance of an Anaerobic Baffled Reactor (ABR) in treatment of cassava wastewater. *Brazilian Journal of Microbiology*, 40 (1), 48–53. doi: <https://doi.org/10.1590/s1517-83822009000100007>
- Araujo, I. R. C., Gomes, S. D., Tonello, T. U., Lucas, S. D., Mari, A. G., Vargas, R. J. de. (2018). Methane production from cassava starch wastewater in packed-bed reactor and continuous flow. *Engenharia Agrícola*, 38 (2), 270–276. doi: <https://doi.org/10.1590/1809-4430-eng.agric.v38n2p270-276/2018>
- Kuczman, O., Tavares, M. H. F., Gomes, S. D., Guedes, L. P. C., Gri-sotti, G. (2017). Effects of stirring on cassava effluent treatment in an anaerobic horizontal tubular pilot reactor with support medium – A Review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 77, 984–989. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.11.238>
- Izah, S. C., Enaregha, E. B., Epidi, J. O. (2019). Changes in in-situ water characteristics of cassava wastewater due to the activities of indigenous microorganisms. *MOJ Toxicology*, 5 (5), 78–81. Available at: <https://www.medcrave.org/index.php/MOJT/article/view/20373/39754>
- Liu, X., Khalid, H., Amin, F. R., Ma, X., Li, X., Chen, C., Liu, G. (2018). Effects of hydraulic retention time on anaerobic digestion performance of food waste to produce methane as a biofuel. *Environmental Technology & Innovation*, 11, 348–357. doi: <https://doi.org/10.1016/j.eti.2018.06.004>
- Fleck, L., Tavares, M. H. F., Eyng, E., Andrade, M. A. de M. de, Frare, L. M. (2017). Optimization of anaerobic treatment of cassava processing wastewater. *Engenharia Agrícola*, 37 (3), 574–590. doi: <https://doi.org/10.1590/1809-4430-eng.agric.v37n3p574-590/2017>
- Hidayat, N., Suhartini, S., Indriana, D. (2012). Horizontal biofilter system in tapioca starch wastewater treatment: The Influence of Filter Media on the Effluent Quality. *Agroindustrial Journal*, 1 (1), 1–6.
- Kunzler, K. R., Gomes, S. D., Piana, P. A., Torres, D. G. B., Vilas Boas, M. A., Tavares, M. H. F. (2013). Anaerobic reactors with biofilter and different diameter-length ratios in cassava starch industry wastewater treatment. *Engenharia Agrícola*, 33 (4), 612–624. doi: <https://doi.org/10.1590/s0100-69162013000400003>
- Von Sperling, M. (2007). *Biological Wastewater Treatment Series*. Vol. 5. Activated Sludge and Aerobic Biofilm Reactors. IWA Publishing, 322.
- Prayitno, Rulianah, S. (2018). The Effect of Load BOD and Hydraulic Time on Hospital Wastewater Treatment Using AF2B Reactor. *International conference on science, engineering & technology (ICSET)*.
- Prayitno, Rulianah, S., Saroso, H., Meilany, D. (2017). Biodegradation of BOD and ammonia-free using bacterial consortium in aerated fixed film bioreactor (AF2B). *AIP Conference Proceedings*, 1855, 050001. doi: <https://doi.org/10.1063/1.4985515>
- Jiraprasertwong, A., Maitriwong, K., Chavadej, S. (2019). Production of biogas from cassava wastewater using a three-stage upflow anaerobic sludge blanket (UASB) reactor. *Renewable Energy*, 130, 191–205. doi: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.06.034>
- Govindaradjane, S., Sundararajan, T. (2013). Influence of Organic Loading Rate (OLR) And Hydraulic Retention Time (HRT) On The Performance Of HUASB And UASB Reactors For Treating Tapioca-Based Starch Industrial Waste Stream: A Comparison. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, 2 (3).

18. Kuczman, O., Tavares, M. H. F., Gomes, S. D., Batista Torres, D. G., Fleck, L. (2013). Influence of hydraulic retention time on the anaerobic treatment of cassava starch extraction effluent using a one-phase horizontal reactor. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 11 (1), 1118–1120.
19. Sun, L., Wan, S., Yu, Z., Wang, Y., Wang, S. (2012). Anaerobic biological treatment of high strength cassava starch wastewater in a new type up-flow multistage anaerobic reactor. *Bioresource Technology*, 104, 280–288. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2011.11.070>
20. Menezes, V. S., Amorim, N. C. S., Macêdo, W. V., Amorim, E. L. C. (2019). Biohydrogen production from soft drink industry wastewater in an anaerobic fluidized bed reactor. *Water Practice and Technology*, 14 (3), 579–586. doi: <https://doi.org/10.2166/wpt.2019.041>
21. Prayitno, H., Saroso, H., Rulianah, S., Meilany, D. (2017). Biodegradation Chemical COD and Phenol Using Bacterial Consortium in AF2B Reactor Batch. *Advanced Science Letters*, 23 (3), 2311–2313. doi: <https://doi.org/10.1166/asl.2017.8717>
22. Mockaitis, G., Pantoja, J. L. R., Rodrigues, J. A. D., Foresti, E., Zaiat, M. (2014). Continuous anaerobic bioreactor with a fixed-structure bed (ABFSB) for wastewater treatment with low solids and low applied organic loading content. *Bioprocess and Biosystems Engineering*, 37 (7), 1361–1368. doi: <https://doi.org/10.1007/s00449-013-1108-y>
23. Chan, Y. J., Chong, M. F., Law, C. L., Hassell, D. G. (2009). A review on anaerobic–aerobic treatment of industrial and municipal wastewater. *Chemical Engineering Journal*, 155 (1-2), 1–18. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2009.06.041>
24. Aramrueang, N., Rapport, J., Zhang, R. (2016). Effects of hydraulic retention time and organic loading rate on performance and stability of anaerobic digestion of *Spirulina platensis*. *Biosystems Engineering*, 147, 174–182. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2016.04.006>
25. Leslie Grady, C. P., Daigge, G. T., Lim, H. C. (1999). *Biological Wastewater Treatment*. New York: Marcel Dekker.
26. Zhou, H., Xu, G. (2020). Biofilm characteristics, microbial community structure and function of an up-flow anaerobic filter-biological aerated filter (UAF-BAF) driven by COD/N ratio. *Science of The Total Environment*, 708, 134422. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134422>

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.225256

DEVISING TECHNOLOGY FOR UTILIZING WATER TREATMENT WASTE TO PRODUCE CERAMIC BUILDING MATERIALS (p. 14–22)

Larysa Spasonova

National Technical University of Ukraine
“Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Kyiv, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7562-7241>

Irina Subota

National Technical University of Ukraine
“Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Kyiv, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1581-8513>

Anastasia Sholom

National Technical University of Ukraine
“Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Kyiv, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2043-5389>

Based on the modern ideas about environmental protection, this paper reports a study into the utilization of water-treated waste from heavy metals (using copper(II) compounds as an example) for the manufacture of ceramic building materials. The examined clay minerals from local deposits and the optimal conditions for their heat treatment (at 1,100 °C) have been proposed for the sorption removal of pollutants of inorganic origin from wastewater. The use of wastewater after its

treatment makes it possible to address several tasks at the same time: to protect the environment from pollution by technological wastewater, as well as to reuse wastewater in order to resolve the issue of water scarcity. Ceramic building materials were manufactured based on water purification waste (in the amount of 5 %) and clay raw materials. Their structural-mechanical and physicochemical characteristics have been comprehensively studied. Sintering processes begin at lower temperatures, which is why, with an increase in the annealing temperature to 1,000 °C and higher, their strength rapidly decreases. In the temperature range of 600–1,100 °C, there are possibilities to apply ceramic technology to immobilize heavy metals in ceramic matrices. The prospect of utilizing water purification waste in the technological process of manufacturing inorganic ceramic materials has been shown. The safety of the building materials, manufactured by leaching pollutants from the ceramic samples using various aggressive environments (leaching to 6.4 %, 0.083 mg·cm²/day) has been investigated. The high strength and degree of the copper ion fixation in the structure of polymineral clay have been confirmed while secondary environmental pollution is almost absent.

Keywords: water purification waste, copper compounds, heavy metals, sorption, natural minerals, heat treatment, immobilization, building materials.

References

1. Rehionalni dopovidi pro stan navkolyshnoho pryrodnoho sere dovysycha u 2017 rotsi. Kyivska oblast (2018). Kyiv, 258. Available at: https://menr.gov.ua/news/32893.html?fbclid=IwAR3iAgY_OrbRsWb8XxYjooPxrnl1unaoPR8
2. Biosolids Generation, Use, and Disposal in The United States. Environmental Protection Agency Municipal and Industrial Solid Waste Division Office of Solid Waste. Available at: <https://www.epa.gov/sites/production/files/2018-12/documents/biosolids-generation-use-disposal-us.pdf>
3. Lu, Q., He, Z. L., Stoffella, P. J. (2012). Land Application of Biosolids in the USA: A Review. *Applied and Environmental Soil Science*, 2012, 1–11. doi: <https://doi.org/10.1155/2012/201462>
4. Kelessidis, A., Stasinakis, A. S. (2012). Comparative study of the methods used for treatment and final disposal of sewage sludge in European countries. *Waste Management*, 32 (6), 1186–1195. doi: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2012.01.012>
5. Vasudevan, S., Oturan, M. A. (2013). Electrochemistry: as cause and cure in water pollution – an overview. *Environmental Chemistry Letters*, 12 (1), 97–108. doi: <https://doi.org/10.1007/s10311-013-0434-2>
6. Vareda, J. P., Valente, A. J. M., Durães, L. (2019). Assessment of heavy metal pollution from anthropogenic activities and remediation strategies: A review. *Journal of Environmental Management*, 246, 101–118. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.05.126>
7. Kotljars, V. D., Zemljanskaja, A. G., Kotljars, A. V., Terekhina, J. V., Mirina, V. A., Cherenkova, I. A. (2014). Pat. No. 2560014 RU. Ceramic Mixture. No. 2014142840/03; declared: 23.10.2014; published: 20.08.2015.
8. Sutcu, M., Akkurt, S. (2009). The use of recycled paper processing residues in making porous brick with reduced thermal conductivity. *Ceramics International*, 35 (7), 2625–2631. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2009.02.027>
9. Pishch, I. V., Biryuk, V. A., Klimosh, Y. A., Popov, R. Y., Shidlovskii, A. V. (2015). Properties of Ceramic Wall Materials with Different Burnable Components. *Glass and Ceramics*, 72 (1-2), 57–60. doi: <https://doi.org/10.1007/s10717-015-9723-5>
10. Svatovskaja, L. B., Maslennikova, L. L., Babak, N. A. (2012). Pat. No. 2497777 RU. Ceramic mass of light colour for facing brick. No. 2012118133/03; declared: 03.05.2012; published: 10.11.2013.
11. Shakhov, S. A., Nikolaev, N. Y. (2016). Pat. No. 2655868 RU. Mixture for making ceramic articles. No. 2016139828; declared: 10.10.2016; published: 29.05.2018.

12. Mandal, A. M., Verma, H. R., Sinha, O. P. (2017). Utilization of aluminum plant's waste for production of insulation bricks. *Journal of Cleaner Production*, 162, 949–957. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.06.080>
13. Phonphuak, N., Kanyakam, S., Chindaprasirt, P. (2016). Utilization of waste glass to enhance physical–mechanical properties of fired clay brick. *Journal of Cleaner Production*, 112, 3057–3062. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.10.084>
14. Kornilovych, B. Yu., Sorokin, O. H., Pavlenko, V. M., Koshyk, Yu. Y. (2011). *Pryrodokhoronni tekhnolohiyi v uranovydobuvniy ta pererobniy promyslovosti*. Kyiv: «Norma», 156.
15. Rehionalni dopovidi pro stan navkolyshnoho pryrodnoho seredovshcha Kyivskoi oblasti u 2016 rotsi (2017). Kyiv, 242. Available at: <https://menr.gov.ua/files/docs/Reg.report/ДОПОВІДЬ%20Київська%202016.pdf>
16. Sarabia, A., Sanchez, J., Sanchez, J. V. (2019). Effect of the incorporation of residual sludge from water treatment on the technological properties of ceramic bodies: A review. *Journal of Physics: Conference Series*, 1388, 012018. doi: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1388/1/012018>
17. Kornilovych, B., Kovalchuk, I., Spasonova, L., Wireman, M. (2010). Deactivation of Hazardous Uranium Contaminated Water in Black Sea Basin. *NATO Science for Peace and Security Series C: Environmental Security*, 329–338. doi: https://doi.org/10.1007/978-94-007-0280-6_33
18. Pylypenko, I., Spasonova, L., Kovalchuk, I., Veremeienko, V. (2014). Sorption of cobalt, chromium and uranium ions on Fe/Ti-pillared montmorillonite. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (6 (70)), 57–61. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2014.26246>
19. Holumbiovskiy, A. O., Kovalchuk, I. A., Spasonova, L. M., Kornilovych, B. Yu. (2016). Immobilizatsiya spoluk uranu v aliumosilikatnykh keramichnykh matrytsiakh. *Sovremennye problemy fizicheskogo materialovedeniya*, 26, 23–28.
20. Plotnikov, V. I., Safonov, I. I. (1983). Radiohimicheskoe issledovanie soosazhdeniya mikrokolichestv nekotorykh gidrolizuyushchihysya elementov s gidroksidami i oksidami metallov. *Radiohimiya*, 25 (2), 161–170.
21. Plotnikov, V. I., Tamaeva, K., Myasishchev, A. V. (1989). Soosazhdenie strontsiya s individual'nymi i smeshannymi gidroksidami neskol'kih metallov. *Radiohimiya*, 31 (3), 85–90.
22. Kizinievich, O., Žurauskienė, R., Kizinievich, V., Žurauskas, R. (2013). Utilisation of sludge waste from water treatment for ceramic products. *Construction and Building Materials*, 41, 464–473. doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2012.12.041>
23. Romanenko, N. A., Fedianina, L. V., Khizhniak, N. I., Ustinova, S. N., Pronina, A. V., Melnik, O. V., Novosiltsev, G. I. (1993). Environmental protection and the population's health status with reutilization of sewage in foreign countries. *Gigiena i sanitaria*, 8, 27–30.
24. Chumak, V. L., Ivanov, S. V., Maksymiuk, M. R. (2012). *Osnovy naukovykh doslidzhen*. Kyiv: NAU, 360.
25. Guzman, I. Ya. (Ed.) (2003). *Himicheskaya tekhnologiya keramiki*. Moscow: OORIF «Stroymaterialy», 496.
26. Tarasevich, Yu. I. (1981). *Prirodnye sorbenty v protsessah ochistki vody*. Kyiv: Nauk. Dumka, 208.
27. Stumm, W. (1992). *Chemistry of the Solid-Water Interface: Processes at the Mineral-Water and Particle-Water Interface in Natural Systems*. Wiley, 448.
28. Kornilovich, B. Yu. (1994). *Struktura i poverhnostnye svoystva mekhanohimicheskii aktivirovannykh silikatov i karbonatov*. Kyiv: Nauk. Dumka, 128.
29. Spasonova, L. M., Pavlenko, V. M., Kornilovych, B. Yu., Rudyi, A. I. (2012). *Strukturoutvorennia v keramichnykh matrytsiakh dlia immobilizatsiyi tseziyu*. *Naukovi visti Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu Ukrainy «Kyivskiy politekhnichnyi instytut»*, 3 (83), 127–132.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.225233

PROCESSING OF ETHANOL-CONTAINING WASTE OF OIL NEUTRALIZATION IN THE TECHNOLOGY OF HAND CLEANING PASTE (p. 23–29)

Ihor Petik

Ukrainian Scientific Research Institute of Oils and Fats of the National Academy of Agricultural Sciences of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5645-6304>**Anna Belinska**

Ukrainian Scientific Research Institute of Oils and Fats of the National Academy of Agricultural Sciences of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5795-2799>**Ekaterina Kunitsia**

Kharkiv Institute of Trade and Economics of Kyiv National University of Trade and Economics, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5577-7026>**Sergiy Bochkarev**

National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv, Ukraine

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4399-7907>**Tetiana Ovsiannikova**

National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv, Ukraine

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4916-7189>**Viktoriia Kalyna**

Dnipro State Agrarian and Economic University, Dnipro, Ukraine

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3061-3313>**Anton Chernukha**

National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0365-3205>**Kostiantyn Ostapov**

National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1275-741X>**Natalia Grigorenko**

National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4972-4515>**Olena Petukhova**

National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4832-1255>

The graphical dependence of the washing capacity of ethanol-containing soapstock on the concentration in an aqueous solution and the temperature of interaction with the polluted material has been determined. It is proposed to use a 40 % aqueous solution of ethanol-containing soapstock in the hand cleaning paste technology. This soapstock solution has a washing capacity of 92–98 % at the temperature of interaction with the polluted material of 25–40 °C.

The regularity of the effect of the structurant content on the consistency of hand cleaning paste was investigated using an approximating polynomial. This made it possible to substantiate the effective concentration of carboxymethyl cellulose (0.4...0.6 %) and cetystearyl alcohol (1.8...2.0 %) in the formulation. The obtained regression equation is useful for adjusting the content of structurants in the formulation, depending on the consumer's requirements for the viscosity of the developed detergent.

A comparison of the quality indicators of the developed hand cleaning paste based on ethanol-containing soapstock with a sample of similar "Primaterra Automotive" commercial hand cleaning paste was

carried out. The quality indicators of the developed paste are as follows: effective viscosity at 20...22 °C – 32.0 Pa·s; foaming capacity – 23 mm, foam stability – 62.0 %; washing ability – 92.0 %. It was determined that these quality indicators do not differ significantly in the developed detergent and commercial analogue. The data obtained indicate the prospects of processing ethanol-containing soapstock into the hand cleaning paste based on natural surfactants. The developed detergent due to the content of ethanol, glycerin and hydrogen peroxide has antiseptic properties, which is a competitive advantage among analogues. Such utilization of ethanol-containing soapstock makes the process of oil neutralization environmentally safe and economically viable.

Keywords: waste of oil and fat industry, alkaline neutralization of oils, water – glycerin – ethanol system, soapstock, hand cleaning paste, washing ability.

References

- Boukerroui, A., Belhocine, L., Ferroudj, S. (2017). Regeneration and reuse waste from an edible oil refinery. *Environmental Science and Pollution Research*, 25 (19), 18278–18285. doi: <https://doi.org/10.1007/s11356-017-9971-8>
- Sytnik, N., Kunitsia, E., Mazaeva, V., Chernukha, A., Kovalov, P., Grigorenko, N. et. al. (2020). Rational parameters of waxes obtaining from oil winterization waste. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (10 (108)), 29–35. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.219602>
- Papchenko, V., Matveeva, T., Bochkarev, S., Belinska, A., Kunitsia, E., Chernukha, A. et. al. (2020). Development of amino acid balanced food systems based on wheat flour and oilseed meal. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (11 (105)), 66–76. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.203664>
- Pal, U. S., Patra, R. K., Sahoo, N. R., Bakhara, C. K., Panda, M. K. (2014). Effect of refining on quality and composition of sunflower oil. *Journal of Food Science and Technology*, 52 (7), 4613–4618. doi: <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1461-0>
- Chew, S.-C., Tan, C.-P., Nyam, K.-L. (2017). Optimization of neutralization parameters in chemical refining of kenaf seed oil by response surface methodology. *Industrial Crops and Products*, 95, 742–750. doi: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.11.043>
- Petik, I. P., Hladkyi, F. F., Fediakina, Z. P., Bielinska, A. P., Filenko, L. M. (2011). Vplyv komponentnoho skladu osnovy neitralizuiuchoho rozchynu na yoho kharakterystyky. *Visnyk Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu «KhPI»*, 58, 31–35. Available at: <http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/15589>
- Shnyp, I. A., Slepneva, L. M., Kraetskaya, O. F., Zyk, N. V., Luk'yanova, R. S. (2011). Sposoby utilizatsii soapstoka – tekhnogennogo othoda zhiropererabatyvayushchey promyshlennosti. *Vestnik Belorusskogo natsional'nogo tekhnicheskogo universiteta*, 2, 68–71. Available at: <http://rep.bntu.by/handle/data/1079>
- Zhang, H., Miller, C. A., Garrett, P. R., Raney, K. H. (2003). Mechanism for defoaming by oils and calcium soap in aqueous systems. *Journal of Colloid and Interface Science*, 263 (2), 633–644. doi: [https://doi.org/10.1016/s0021-9797\(03\)00367-9](https://doi.org/10.1016/s0021-9797(03)00367-9)
- Sakai, K., Sangawa, Y., Takamatsu, Y., Kawai, T., Matsumoto, M., Sakai, H., Abe, M. (2010). Sulfonic-Hydroxyl-Type Heterogemini Surfactants Synthesized from Unsaturated Fatty Acids. *Journal of Oleo Science*, 59 (10), 541–548. doi: <https://doi.org/10.5650/jos.59.541>
- Bhardwaj, G., Cameotra, S., Chopra, H. (2013). Utilization of oleo-chemical industry by-products for biosurfactant production. *AMB Express*, 3 (1), 68. doi: <https://doi.org/10.1186/2191-0855-3-68>
- Pinzi, S., Pilar dorado, M. (2012). Feedstocks for advanced biodiesel production. *Advances in Biodiesel Production*, 69–90. doi: <https://doi.org/10.1533/9780857095862.1.69>
- Shavkat, S. M., Demidov, I. N. (2012). Obtaining fatty acid esters of low molecular weight alcohols with using soapstock. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (6 (60)), 53–56. Available at: <http://journals.urau.ua/eejet/article/view/5568/5009>
- Su, E., Wei, D. (2014). Improvement in biodiesel production from soapstock oil by one-stage lipase catalyzed methanolysis. *Energy Conversion and Management*, 88, 60–65. doi: <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2014.08.041>
- Hiltten, R., Speir, R., Kastner, J., Das, K. C. (2011). Production of aromatic green gasoline additives via catalytic pyrolysis of acidulated peanut oil soap stock. *Bioresource Technology*, 102 (17), 8288–8294. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2011.06.049>
- Shabtai, Y. (1990). Production of exopolysaccharides by *Acinetobacter* strains in a controlled fed-batch fermentation process using soap stock oil (SSO) as carbon source. *International Journal of Biological Macromolecules*, 12 (2), 145–152. doi: [https://doi.org/10.1016/0141-8130\(90\)90066-j](https://doi.org/10.1016/0141-8130(90)90066-j)
- Daisuk, P., Shotipruk, A. (2020). Recovery of γ -oryzanol from rice bran oil soapstock derived calcium soap: Consideration of Hansen solubility parameters and preferential extractability in various solvents. *LWT*, 134, 110238. doi: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110238>
- Petik, P. F., Petik, I. P., Fediakina, Z. P., Filenko, L. M. (2015). Development of technological scheme of production of neutralized fat in a polar solvent system and processing soapstock. *Visnyk Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu «KhPI»*, 44 (1153), 11–14. Available at: <http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/20920>
- Kownatzki, E. (2003). Hand hygiene and skin health. *Journal of Hospital Infection*, 55 (4), 239–245. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jhin.2003.08.018>
- Goldman, M., Horev, B., Saguy, I. (1983). Decolorization of β -Carotene in Model Systems Simulating Dehydrated Foods. Mechanism and Kinetic Principles. *Journal of Food Science*, 48 (3), 751–754. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1983.tb14890.x>
- Meneguetti, M. G., Laus, A. M., Ciol, M. A., Auxiliadora-Martins, M., Basile-Filho, A., Gir, E. et. al. (2019). Glycerol content within the WHO ethanol-based handrub formulation: balancing tolerability with antimicrobial efficacy. *Antimicrobial Resistance & Infection Control*, 8 (1). doi: <https://doi.org/10.1186/s13756-019-0553-z>

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.225310

ESTABLISHING REGULARITIES IN THE PROPAGATION OF PHASE TRANSFORMATION FRONT DURING TIMBER THERMAL MODIFICATION (p. 30–36)

Yuriy Tsapko

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

Kyiv National University of Construction and Architecture,
Kyiv, Ukraine

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

Oleksandra Horbachova

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

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

Aleksii Tsapko

Ukrainian State Research Institute “Resurs”, Kyiv, Ukraine

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

Serhii Mazurchuk

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

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

Denys Zavalov

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

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9532-0060>

Nataliia Buiskykh

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

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

The creation of environmentally friendly protective materials for building structures made of wood could make it possible to influence the processes of stability and the physical-chemical properties at the thermal modification of hornbeam wood over a certain time. That necessitates studying the conditions for investigating phase transformations when the timber is exposed to high temperature, as well as establishing the mechanism of hornbeam wood thermal modification. Given this, a mathematical model of the phase transformation process during the transfer of heat flux to a sample was built. Based on the derived dependences, it was established that when hornbeam wood is exposed to temperature treatment, it undergoes endothermic phase transformations characterized by the heat absorption and change in the color of hornbeam wood. In particular, at a temperature of 200 °C, the temperature in the wood decreases by 5 % due to the chemical changes in the structure of cell wall components (lignin, cellulose, and hemicellulose). It was found that the process of thermal modification is accompanied by the decomposition of hemicellulose and the amorphous part of cellulose, a decrease in moisture absorption, as well as a decrease in the volume of substances that are a medium for the development of fungi. In addition, lignin and the resulting pseudo lignin undergo a process of polymerization and redistribution throughout the cell volume. At the same time, they give the cell walls higher density, hardness, increase hydrophobicity (water repellency), thereby reducing the ability to absorb moisture and swell. It was established that the most effective parameter of phase transformations is the temperature and aging duration. The results of moisture absorption have been given; it has been found that over 6 hours of modified timber exposure, its moisture absorption decreases by more than 10 times, which allows its application at facilities with high humidity.

Keywords: thermally modified timber, modification efficiency, moisture absorption, diffusion, timber moisture resistance.

References

1. Tsapko, Y., Tsapko, A., Bondarenko, O. (2019). Effect of a flame-retardant coating on the burning parameters of wood samples. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (10 (98)), 49–54. doi: <http://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.163591>
2. Tsapko, Y., Lomaha, V., Bondarenko, O. P., Sukhanevych, M. (2020). Research of Mechanism of Fire Protection with Wood Lacquer. *Materials Science Forum*, 1006, 32–40. doi: <http://doi.org/10.4028/www.scientific.net/msf.1006.32>
3. Tsapko, Y., Lomaha, V., Tsapko, A., Mazurchuk, S., Horbachova, O., Zavalov, D. (2020). Determination of regularities of heat resistance under flame action on wood wall with fire-retardant varnish. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (10 (106)), 55–60. doi: <http://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.210009>
4. Esteves, B. M., Pereira, H. M. (2008). Wood modification by heat treatment: A review. *BioResources*, 4 (1), 370–404. doi: <http://doi.org/10.15376/biores.4.1.370-404>
5. Humar, M., Lesar, B., Kržišnik, D. (2020). Moisture Performance of Façade Elements Made of Thermally Modified Norway Spruce Wood. *Forests*, 11 (3), 348. doi: <http://doi.org/10.3390/f11030348>
6. Humar, M., Repič, R., Kržišnik, D., Lesar, B., Cerc Korošec, R., Brischke, C. et. al. (2020). Quality Control of Thermally Modified Timber Using Dynamic Vapor Sorption (DVS) Analysis. *Forests*, 11 (6), 666. doi: <http://doi.org/10.3390/f11060666>
7. Sandberg, D., Kutnar, A., Mantanis, G. (2017). Wood modification technologies – a review. *iForest – Biogeosciences and Forestry*, 10 (6), 895–908. doi: <http://doi.org/10.3832/ifer2380-010>
8. Aytin, A., Korkut, S. (2015). Effect of thermal treatment on the swelling and surface roughness of common alder and wych elm wood. *Journal of Forestry Research*, 27 (1), 225–229. doi: <http://doi.org/10.1007/s11676-015-0136-7>
9. Pelosi, C., Agresti, G., Lanteri, L., Picchio, R., Gennari, E., Lo Monaco, A. (2020). Artificial Weathering Effect on Surface of Heat-Treated Wood of Ayous (*Triplochiton scleroxylon* K. Shum). The 1st International Electronic Conference on Forests (IECF). Available at: https://www.researchgate.net/publication/345761222_Artificial_Weathering_Effect_on_Surface_of_Heat-Treated_Wood_of_Ayous_Triplochiton_scleroxylon_K_Shum
10. Ugovšek, A., Šubic, B., Rep, G., Humar, M., Lesar, B., Thaler, N., Brischke, C. et. al. (2016). Performance of Windows and façade elements made of thermally modified Norway spruce (*Picea abies*). in different climatic conditions. *Proceedings of the WCTE 2016-World Conference on Timber Engineering*, Vienna, 9.
11. Ugovšek, A., Šubic, B., Starman, J., Rep, G., Humar, M., Lesar, B. et. al. (2018). Short-term performance of wooden windows and facade elements made of thermally modified and non-modified Norway spruce in different natural environments. *Wood Material Science & Engineering*, 14 (1), 42–47. doi: <http://doi.org/10.1080/17480272.2018.1494627>
12. Bonifazi, G., Serranti, S., Capobianco, G., Agresti, G., Calienno, L., Picchio, R. et. al. (2016). Hyperspectral imaging as a technique for investigating the effect of consolidating materials on wood. *Journal of Electronic Imaging*, 26 (1), 011003. doi: <http://doi.org/10.1117/1.jei.26.1.011003>
13. Jones, D., Sandberg, D., Goli, G., Todaro, L. (2019). *Wood Modification in Europe: a state-of-the-art about processes, products and applications*. Firenze University Press, 123. doi: <http://doi.org/10.36253/978-88-6453-970-6>
14. Janna, W. S. (2010). *Engineering Heat Transfer*. Boca Raton: CRC Press, 692.
15. Potter, M. C. (2018). *Engineering analysis*. New York: Springer, 444.
16. Temme, N. M. (1996). *Special Functions: An Introduction to the Classical Functions of Mathematical Physics*. Mathematics & Statistics. Applied Mathematics, 392. doi: <http://doi.org/10.1002/9781118032572>

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.225216

REDUCING THE INTENSITY OF THERMAL RADIATION AT THE SUBLAYER EXTINGUISHING OF ALCOHOLS BY ECOLOGICALLY ACCEPTABLE AEROSOLS (p. 37–44)

Volodymyr Balanyuk

Lviv State University of Life Safety, Lviv, Ukraine

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0853-4229>

Anton Kravchenko

State Emergency Service of Ukraine in the Lviv Region,
Lviv, Ukraine

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0009-7469>

Oleksandr Harasymyuk

Lviv State University of Life Safety, Lviv, Ukraine

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9708-9862>

This paper has theoretically substantiated and experimentally established the intensity of thermal radiation at burning and sublayer extinguishing of alcohols with environmentally acceptable aerosols.

An installation has been improved that determines the effectiveness of sublayer extinguishing with fire-extinguishing aerosols; a procedure that has been devised for determining the intensity of

thermal radiation implies equipping it with an additional heat flow meter HFM-01 at a distance of 30 and 60 mm.

The task to establish the intensity of thermal radiation when burning alcohols and its impact on the process of sublayer extinguishing of alcohols with aerosols has been solved. The dependence of sublayer extinguishing efficiency on thermal radiation implies that the fire extinguishing aerosol completely shields the surface of the combustible liquid against its action.

The result of this study has established that the intensity of thermal radiation at a distance of 60 and 30 mm from the surface of an alcohol flame with an area of 234 cm² ranges from 0.8 to 4.7 kW/m²; the intensity of burning and, accordingly, radiation, maximizes on seconds 30–40 of burning.

It has been found that the intensity of thermal radiation for ethanol decreases with the addition of an aerosol with an intensity of up to 0.2 g/s, and decreases even more at the intensity of supply from 1.2 g/s. With a further increase in the intensity of aerosol supply, the radiation intensity begins to decrease, probably due to a decrease in the rate of combustion. In this case, the flame first decreases in size up to 2 times, and then, after 2–3 seconds, it goes out. The use of fire-extinguishing aerosol for the sublayer extinguishing of alcohols ensures the effect of several factors that synergize and reduce the intensity of evaporation, burning, and, accordingly, thermal radiation.

Keywords: fire-extinguishing aerosol, ethyl alcohol, ethanol, n-butanol, alcohol, isobutanol, sublayer fire extinguishing.

References

1. Masshtabna pozhazha. U Zbarazhi zahorilasja spyrtova baza. Available at: <https://tv4.te.ua/masshtabna-pozhezha-u-zbarazhi-zahorilasja-spyrtova-baza/>
2. Tanker truck burns in Baltimore. Available at: <https://www.pressreader.com/usa/baltimore-sun/20070514/281496451851985>
3. Hamins, A., Klassen, M., Gore, J., Kashiwagi, T. (1991). Estimate of flame radiance via a single location measurement in liquid pool fires. *Combustion and Flame*, 86 (3), 223–228. doi: [https://doi.org/10.1016/0010-2180\(91\)90102-h](https://doi.org/10.1016/0010-2180(91)90102-h)
4. Zhi, H., Bao, Y., Wang, L., Mi, Y. (2019). Extinguishing performance of alcohol-resistant firefighting foams on polar flammable liquid fires. *Journal of Fire Sciences*, 38 (1), 53–74. doi: <https://doi.org/10.1177/0734904119893732>
5. Kireev, A., Tregubov, D., Savchenko, A., Vasilchenko, A. (2019). Experimental study of the effect of the thickness of a layer of granulated foam glass on the burning of alcohols. *Problemy pozharnoy bezopasnosti*, 46, 71–79. Available at: <https://nuczu.edu.ua/images/topmenu/science/zbirky-naukovykh-prats-ppb/ppb46/Kireev.pdf>
6. Balanyuk, V., Kozyar, N., Garasyumyk, O. (2016). Study of fire-extinguishing efficiency of environmentally friendly binary aerosol-nitrogen mixtures. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (10 (81)), 4–12. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.72399>
7. Balanyuk, V., Kovalishin, V., Kozyar, N. (2017). Effect of ecologically safe gas-aerosol mixtures on the velocity of explosive combustion of n-heptane. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (10 (88)), 12–19. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.108427>
8. Balanyuk, V. (2015). The effectiveness of open space fire extinguishing with flammable liquid fighting aerosols. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (10 (77)), 4–11. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2015.51399>
9. Persson, H. (2011). Fighting an Ethanol Tank Fire Presents Unique Challenges. *Ethanol*. Available at: <http://www.ethanolproducer.com/articles/7788/fighting-an-ethanol-tank-fire-presents-unique-challenge>
10. Fischer, S. J., Hardouin-Duparc, B., Grosshandler, W. L. (1987). The structure and radiation of an ethanol pool fire. *Combustion and Flame*, 70 (3), 291–306. doi: [https://doi.org/10.1016/0010-2180\(87\)90110-6](https://doi.org/10.1016/0010-2180(87)90110-6)
11. Sjöström, J., Amon, E., Appel, G., Persson, H. (2015). Thermal exposure from large scale ethanol fuel pool fires. *Fire Safety Journal*, 78, 229–237. doi: <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2015.09.003>
12. Małozieć, D., Koniuch, A. (2009). This article discuss how foam extinguishing agents impacts the environment, especially water organisms. *Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza*, 2, 117–138. Available at: <http://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-article-BGPK-2914-1624>
13. Rakowska, J. (2020). Remediation of diesel-contaminated soil enhanced with firefighting foam application. *Scientific Reports*, 10, 8824. doi: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-65660-3>
14. Balanyuk, V., Kozyar, N., Kravchenko, A. (2019). Method of sublayer fire extinguishing of alcohols by fire extinguishing aerosol. *Science-Rise*, 1, 11–15. doi: <https://doi.org/10.15587/2313-8416.2019.156097>
15. Marková, I., Lauko, J., Makovická Osvaldová, L., Mózer, V., Svetlík, J., Monoši, M., Orinčák, M. (2020). Fire Size of Gasoline Pool Fires. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17 (2), 411. doi: <https://doi.org/10.3390/ijerph17020411>
16. Beyler, C. L. (2016). Fire Hazard Calculations for Large, Open Hydrocarbon Fires. *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, 2591–2663. doi: https://doi.org/10.1007/978-1-4939-2565-0_66
17. Fleming, J. W., Williams, B. A., Sheinson, R. S. (2002). Suppression effectiveness of aerosols: the effect of size and flame type. National Institute of Standards and Technology. doi: <https://doi.org/10.6028/NIST.SP.984.4>
18. Zheng, L., Wang, Y., Yu, S., Li, G., Zhu, X., Yu, M., Wang, Y. (2019). The premixed methane/air explosion inhibited by sodium bicarbonate with different particle size distributions. *Powder Technology*, 354, 630–640. doi: <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2019.06.034>
19. Haipeng, J., Mingshu, B., Bei, L., Daqing, M., Wei, G. (2019). Flame inhibition of aluminum dust explosion by NaHCO₃ and NH₄H₂PO₄. *Combustion and Flame*, 200, 97–114. doi: <http://doi.org/10.1016/j.combustflame.2018.11.016>
20. Lott, J. L., Christian, S. D., Sliepcevich, C. M., Tucker, E. E. (1996). Synergism between chemical and physical fire-suppressant agents. *Fire Technology*, 32, 260–271. doi: <https://doi.org/10.1007/BF01040218>
21. Babushok, V. I., Gubernov, V. V., Minaev, S. S., Miroshnichenko, T. P. (2017). Simple model of inhibition of chain-branching combustion processes. *Combustion Theory and Modelling*, 21 (6), 1066–1079. doi: <https://doi.org/10.1080/13647830.2017.1338758>

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.225221

PROCEDURE FOR CONSTRUCTING A MATHEMATICAL MODEL TO DETERMINE THE TIME OF THE INITIAL STAGE OF FIRE EVOLUTION (p. 45–52)

Sergii Zhartovskiy

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

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7512-0988>

Olexander Titenko

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

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4950-8580>

Oksana Kyrychenko

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

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0240-1807>

Ievgen Tyshchenko

Educational and Methodological Centre of Civil Protection and Life Safety of Cherkasy Region, Cherkasy, Ukraine

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3911-3291>

Roman Motrichuk

Department of the Ukrainian SSNU in Cherkassy Region,
Cherkasy, Ukraine

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5670-6788>

Valentyn Melnyk

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

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1760-229X>

To develop appropriate measures and means of fire protection at facilities, it is relevant to form an idea of the phenomenology of the processes of the occurrence, evolution, and termination of combustion. This paper proposes procedures for building mathematical models of the energy component of those physicochemical processes that occur in wood under the influence of fire, which make it possible to determine the time from the beginning of such an impact to the onset of the phase of flame combustion. The adequacy of mathematical modeling was tested experimentally at a standardized installation for studying flame propagation over the surface of wood. The samples used for the reported theoretical and experimental studies were the specimens of unprotected wood made from 20-mm-thick pine sapwood with a density of 400–550 kg/m³. The samples of fireproof wood (of the same variety, thickness, and density) were impregnated with a fire retardant based on diammonium phosphate and ammonium sulfate (at consumption of 168.2 g/m² of dry fire-retardant components). The modeling employed the results from the experimental determining of the ignition temperature of unprotected and fire-proof wood, specifically: 235 °C – for unprotected wood, 410 °C – for fire-proof wood, respectively.

The results of mathematical modeling and experimental studies confirm the possibility of significant lengthening of time from the onset of fire exposure to the ignition of fire load from wood when nitrogen-phosphorus impregnating agents are used for fire protection.

Procedures of mathematical modeling have been proposed to build models for determining the cooling effect from the use of impregnating fire retardants to protect the wood on the prolongation of the stage of a fire start.

Mathematical modeling data could be applied when making impregnating fire retardants.

Keywords: fireproof wood, fire retardant, impregnating substance, ignition temperature, fire impact.

References

- Coen, J. L., Riggan, P. J. (2014). Simulation and thermal imaging of the 2006 Esperanza wildfire in southern California: application of a coupled weather-wildland fire model. *International Journal of Wildland Fire*, 23 (6), 755–770. doi: <https://doi.org/10.1071/WF12194>
- Uniting and strengthening America by providing appropriate tools required to intercept and obstruct terrorism (2001). Available at: <https://www.congress.gov/107/plaws/publ56/PLAW-107publ56.pdf>
- Special underground facilities (UGF-s) serving for the critical infrastructure (2006). New challenges in the field of military science international scientific conference. Available at: <http://hadmernok.hu/kulonszamok/newchallenges/szalai.html#12>
- Lowden, L. A., Hull, T. R. (2013). Flammability behaviour of wood and a review of the methods for its reduction. *Fire Science Reviews*, 2, 4. doi: <https://doi.org/10.1186/2193-0414-2-4>
- Baratov, A. N., Andrianov, R. A., Korol'chenko, A. Ya. et. al. (1988). *Pozharnaya opasnost' stroitel'nykh materialov*. Moscow, 380.
- Zhartovskiy, S. V. (2013). A systematic approach to fire protection of objects using water fire retardant and fire extinguishing means. *Pozharovzryvobezopasnost'*, 22 (9), 25–32. doi: <https://doi.org/10.18322/pvb.2018.22.9.25-32>
- Baratov, A. N., Molchadskiy, I. S. (2011). *Gorenie na pozhare*. Moscow, 503.
- Lopes, A. M. G., Ribeiro, L. M., Viegas, D. X., Raposo, J. R. (2017). Effect of two-way coupling on the calculation of forest fire spread: model development. *International Journal of Wildland Fire*, 26 (9), 829–843. doi: <https://doi.org/10.1071/WF16045>
- Kutateladze, S. S. (1979). *Osnovy teorii teploobmena*. Moscow, 416.
- Yeoh, G. H., Yuen, K. K. (Eds.) (2008). *Computational fluid dynamics in fire engineering: theory, modelling and practice*. Butterworth-Heinemann, 544. doi: <https://doi.org/10.1016/b978-0-7506-8589-4.x0001-4>
- Melihov, A. S. (2017). Issledovanie protsessa rasprostraneniya tleniya i usloviy ego prekrashcheniya vnutri massiva gazopronitsaemogo melkodispersnogo materiala. *Pozharnaya bezopasnost'*, 4, 74–89.
- Markus, E., Snegirev, A., Kuznetsov, E., Tanklevskiy, L. (2018). Application of a simplified pyrolysis model to predict fire development in rack storage facilities. *Journal of Physics: Conference Series*, 1107, 042012. doi: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1107/4/042012>
- Bartlett, A. I., Hadden, R. M., Bisby, L. A. (2018). A Review of Factors Affecting the Burning Behaviour of Wood for Application to Tall Timber Construction. *Fire Technology*, 55 (1), 1–49. doi: <https://doi.org/10.1007/s10694-018-0787-y>
- Liu, Q., Shen, D., Xiao, R., Zhang, H., Fang, M. (2013). A mathematical description of thermal decomposition and spontaneous ignition of wood slab under a truncated-cone heater. *Korean Journal of Chemical Engineering*, 30 (3), 613–619. doi: <https://doi.org/10.1007/s11814-012-0181-2>
- Grieco, E., Baldi, G. (2011). Analysis and modelling of wood pyrolysis. *Chemical Engineering Science*, 66 (4), 650–660. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ces.2010.11.018>
- Nizhnyk, V., Shchipets, S., Tarasenko, O., Kropyvnytskyi, V., Medvid, B. (2018). A Method of Experimental Studies of Heat Transfer Processes between Adjacent Facilities. *International Journal of Engineering & Technology*, 7 (4.3), 288. doi: <https://doi.org/10.14419/ijet.v7i4.3.19806>
- Molchadskiy, I. S. (2005). *Pozhar v pomeschenii*. Moscow, 456.
- Chumachenko, S. N., Zhartovskiy, S. V., Titenko, A. N. (2016). Methods of creating a mathematical model of an energy component of chemical and physical processes that occur in wood when it is heated prior to the flaming phase. *BiTP*, 44 (4), 131–137. doi: <https://doi.org/10.12845/bitp.44.4.2016.10>
- Chumachenko, S. M., Zhartovskiy, S. V., Titenko, O. M. (2016). The Methodology of Creating the Mathematical Model of Cooling Effect during Heating of Wood Sample Impregnated by Water Based Flameproofing Matter. *Scientific Bulletin of UNFU*, 26 (8), 337–347. doi: <https://doi.org/10.15421/40260851>
- Baratov, A. N., Korol'chenko, A. Ya., Kravchuk, G. N. et. al. (1990). *Pozharovzryvobezopasnost' veshchestv i materialov i sredstva ih tusheniya*. Moscow, 496.
- Zhartovskiy, V. M., Tsapko, Yu. V. (2006). *Profilaktyka horinnia tseliulozovmisnykh materialiv. Teoriya ta praktyka*. Kyiv, 248.
- Rodzher, D., Adams, Dzh. (2001). *Matematicheskie osnovy mashinnoy grafiki*. Moscow, 604.
- Shreter, V., Lautensleger, K., Bibrak, H. et. al. (1989). *Himiya*. Moscow, 648.
- Bolgarskiy, A. V., Muhachev, G. A., Shchukin, V. K. (1975). *Termodinamika i teploperedacha*. Moscow, 495.
- Solodov, A. P. (2015). *Teplomassoobmen v energeticheskikh ustanovkakh. Inzhenernye metody rascheta*. Moskva, 124.
- Chumachenko, S. M., Zhartovskiy, S. V., Titenko, O. M., Trotsko, V. V. (2016). Methodology of Mathematical Model Creation of Flame Retardants Distribution in Fire Protected Wood. *Scientific Bulletin of UNFU*, 26 (5), 378–385. doi: <https://doi.org/10.15421/40260557>
- DSTU 8829:2019. Fire and explosion hazard of substances and materials. Nomenclature of indices and methods of their determination. Classification.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.225324**АНАЛІЗ ПРОДУКТИВНОСТІ РЕАКТОРА З АНАЕРОБНИМ БІОФІЛЬТРОМ З НЕРУХОМОЮ ПЛІВКОЮ (АнБНП) ПРИ ОЧИЩЕННІ СТІЧНИХ ВОД ОБРОБКИ МАНІОКИ (с. 6–13)****Prayitno Prayitno, Sri Rulianah, Windi Zamrudu, Sugeng Hadi Susilo**

Стічні води виробництва маніокового крохмалю містять високі концентрації органічних речовин (БПК, ХПК), що потенційно може призвести до забруднення водного середовища. Для зниження концентрації органічних речовин (забруднюючих речовин) в стічних водах виробництва маніокового крохмалю було використано кілька методів очищення, включаючи процеси очищення активним мулом, стабілізаційним ставком, анаеробно-аеробним фільтром. Тим не менше, продовжують проводитися різні дослідження, спрямовані на підвищення ефективності обробки за відповідними факторами. На ефективність процесів очищення стічних вод впливають декілька факторів, в тому числі тип і походження руйнуючих мікроорганізмів, час перебування води (ЧПВ), навантаження по органічним речовинам (НОР), технологічна схема, рН і температура. Дослідження було спрямоване на оцінку ефективності реактора АнБНП при очищенні стічних вод виробництва маніокового крохмалю, при якій продуктивність реактора показана змінами у видаленні органічних речовин (видалення ХПК) і виробництві біогазу. Дослідження проводиться з використанням 3 типів реакторів АнБНП, кожен реактор АнБНП містить біофільтр у формі бджолиного гнізда в якості живильного середовища для консорціуму аборигенних мікроорганізмів. Реактор АнБНП працює в анаеробних умовах при заданій температурі 29–30 °С і рН 4,5–7. У кожен реактор АнБНП подаються стічні води виробництва маніокового крохмалю з різним НОР, таким чином ЧПВ кожного реактора становить 5, 6 і 7 днів. Вимірювали концентрацію ХПК на вході і виході реактора і отримували біогаз з використанням стандартного методу ААОЗ. Результати показали задовільні показники реактора АнБНП з видалення ХПК і виробництва біогазу, які при ЧПВ: 6 днів і НОР 1,72 г/л-добу показали максимальне видалення ХПК 98 %, а обсяг біогазу 4,8 л/л-добу був отриманий на 12-й день.

Ключові слова: біогаз, бджолине гніздо, маніоковий крохмаль, ЧПВ, консорціум аборигенних мікроорганізмів, НОР**DOI: 10.15587/1729-4061.2021.225256****РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ ВОДООЧИЩЕННЯ У ВИРОБНИЦТВІ КЕРАМІЧНИХ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ (с. 14–22)****Л. М. Спасьонова, І. С. Суббота, А. Є. Шолом**

На основі сучасних уявлень про охорону довкілля проведено дослідження використання відходів водоочищення від важких металів (на прикладі сполук міді(II)) для виготовлення керамічних будівельних матеріалів. Для сорбційного видалення забруднювачів неорганічного походження зі стічних вод пропонуються досліджені глинисті мінерали місцевих родовищ та оптимальні умови їх термообробки (при 1100 °С). Використання стічних вод після їх очищення дає змогу вирішити одночасно декілька задач – здійснити захист навколишнього середовища від забруднення технологічними стоками, а також повторно використовувати відпрацьовану воду, з метою врегулювання проблеми дефіциту водних ресурсів. На основі відходів водоочищення (вмістом 5 %) та глинистої сировини виготовлено керамічні будівельні матеріали. Всебічно досліджені їх структурно-механічні та фізико-хімічні характеристики. Процеси спікання починаються при більш низьких температурах, тому при підвищенні температури випалу до 1000 °С і вище міцність їх стрімко зменшується. В інтервалі температур 600–1100 °С існують можливості застосування керамічної технології для іммобілізації важких металів в керамічних матрицях. Показана перспективність використання відходів водоочищення в технологічному процесі виготовлення неорганічних керамічних матеріалів. Досліджена безпечність отриманих будівельних матеріалів на основі вилугування з керамічних зразків забруднювачів різними агресивними середовищами (вилугування до 6,4 %, 0,083 мг-см²/дів). Підтверджено високу міцність та ступінь фіксації іонів міді в структурі полімінеральної глини, вторинне забруднення навколишнього середовища практично відсутнє.

Ключові слова: відходи водоочищення, сполуки міді, важкі метали, сорбція, природні мінерали, термообробка, іммобілізація, будівельні матеріали.**DOI: 10.15587/1729-4061.2021.225233****ПЕРЕРОБКА ЕТАНОЛВІСНОГО ВІДХОДУ НЕЙТРАЛІЗАЦІЇ ОЛІЙ В ТЕХНОЛОГІЇ ПАСТИ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ РУК (с. 23–29)****І. П. Петік, А. П. Белінська, К. В. Куниця, С. В. Бочкарев, Т. О. Овсяннікова, В. С. Калина, А. А. Чернуха, К. М. Остапов, Н. В. Григоренко, О. А. Петухова**

Визначено графічну залежність миючої здатності етанолвісного соапстоку від концентрації у водному розчині і температури взаємодії з забрудненим матеріалом. Запропоновано використовувати 40 %-ий водний розчин етанолвісного соапстоку в технології пасти для очищення рук. Такий розчин соапстоку має миючу здатність 92–98 % за умови температури взаємодії з забрудненим матеріалом 25–40 °С.

Досліджено закономірність впливу на консистенцію пасти для обробки рук вмісту структуроутворювачів з використанням апроксиматичного поліному. Це дозволило обґрунтувати ефективну концентрацію в рецептурі карбоксиметилцелюлози (0,4...0,6 %) і цетилтеарилового спирту (1,8...2,0 %). Отримане рівняння регресії є корисним для корегування вмісту структуроутворювачів в рецептурі в залежності від вимог споживача до в'язкості даного мийного засобу.

Порівняно показників якості розробленої пасти для очищення рук на основі етанолвмісного соапстоку зі зразком аналогічної комерційної пасти для очищення рук «Primatecca Автомобільна». Показники якості розробленої пасти є наступними: ефективна в'язкість за 20...22 °С – 32,0 Па·с; піноутворююча здатність – 23 мм, стабільність піни – 62,0 %; миюча здатність – 92,0 %. Визначено, що у розробленого мийного засобу та комерційного аналогу визначені показники якості суттєво не відрізняються. Отримані дані свідчать про перспективність переробки етанолвмісного соапстоку в пасту для очищення рук на основі природних поверхнево активних речовин. Розроблений мийний засіб за рахунок вмісту етанолу, гліцерину і пероксиду водню має антисептичні властивості, що є конкурентною перевагою серед аналогів. Така утилізація етанолвмісних соапстоків робить процес нейтралізації олій екологічно безпечним та економічно доцільним.

Ключові слова: відходи олієжирової галузі, лужна нейтралізація олій, система вода – гліцерин – етанол, соапсток, паста для обробки рук, миюча здатність.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.225310

ВСТАНОВЛЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ПРОСУВАННЯ ФРОНТУ ФАЗОВИХ ПЕРЕТВОРЕНЬ ПРИ ТЕРМІЧНОМУ МОДИФІКУВАННІ ДЕРЕВИНИ (с. 30–36)

Ю. В. Цапко, О. Ю. Горбачова, О. Ю. Цапко, С. М. Мазурчук, Д. Л. Зав'ялов, Н. В. Буйських

Створення екологічно безпечних захисних матеріалів для будівельних конструкцій з деревини граба дозволить впливати на процеси стійкості і фізико-хімічні властивості термічно модифікованої деревини граба протягом певного часу до усунення останньої. Тому постає необхідність дослідження умов для дослідження фазових перетворень при високотемпературній дії на деревину та встановлення механізму термічного модифікування деревини граба. У зв'язку з цим розроблена математична модель процесу фазових перетворень при передаванні теплового потоку до деревини. За отриманими залежностями встановлено, що під час температурного впливу в деревині граба проходять ендотермічні фазові перетворення, що характеризуються поглинанням тепла та зміною кольору деревини. Зокрема, при температурному впливі у 200 °С, температура в деревині граба за рахунок хімічних змін в структурі компонентів клітинної стінки (лігнін, целюлоза та геміцелюлоза) знижується до 3 %. Встановлено, що у процесі термічного модифікування відбувається розпад геміцелюлози і аморфної частини целюлози, зниження вологопоглинання, а також зменшується кількість речовин, які є середовищем для розвитку грибків. Крім того, лігнін і утворений псевдолігнін проходять процес полімеризації і перерозподілу по об'єму клітини. Разом з тим, надають стінкам клітин більшої щільності, твердості, підвищують гідрофобність (відштовхування води), тим самим зменшують здатність вбирати вологу і набрякати. Встановлено, що найбільш результативним параметром фазових перетворень є температура та час витримки. Наведено результати вологопоглинання та встановлено, що протягом 6 годин модифікування деревини вологопоглинання знижується понад 10 разів, що дозволяє використовувати а об'єктах з підвищеною вологою.

Ключові слова: термічно модифікована деревина, ефективність модифікації, вологопоглинання, дифузія вологи, вологостійкість деревини.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.225216

ЗМЕНШЕННЯ ІНТЕНСИВНОСТІ ТЕПЛОВОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ ПРИ ПІДШАРОВОМУ ГАСІННІ СПИРТІВ ЕКОЛОГІЧНО ПРИЙНЯТНИМИ АЕРОЗОЛЯМИ (с. 37–44)

В. М. Баланюк, А. В. Кравченко, О. І. Гарасим'юк

Теоретично обґрунтовано та експериментально визначено інтенсивність теплового випромінювання при горінні та підшаровому гасінні спиртів екологічно прийнятними аерозолями.

Удосконалено установку для визначення ефективності підшарового гасіння вогнегасними аерозолями та розроблено методику з визначення інтенсивності теплового випромінювання, яка полягає у її дообладнанні вимірювачем теплового потоку ВТП – 01 на відстані 30 та 60 мм.

Вирішено завдання встановлення інтенсивності теплового випромінювання горіння спиртів та його вплив на процес підшарового гасіння спиртів аерозолями. Залежність ефективності підшарового гасіння від теплового випромінювання полягає в тому що вогнегасний аерозоль повністю екранує поверхню горючої рідини від його дії.

В результаті досліджень встановлено, що інтенсивність теплового випромінювання на відстані 60 та 30 мм від поверхні спиртового полум'я площею 234 см² становить від 0,8 до 4,7 кВт/м², а інтенсивність горіння та відповідно і випромінювання максимально збільшується на 30–40 секундах горіння.

Встановлено, що інтенсивність теплового випромінювання для етанолу зменшується при добавлянні аерозолю з інтенсивністю до 0,2 г/с, та ще більше зменшується при інтенсивностях подавання від 1,2 г/с. При подальшому збільшенні інтенсивності подавання аерозолю, інтенсивність випромінювання починає зменшуватись ймовірно за рахунок зменшення швидкості горіння. При цьому полум'я спочатку зменшується в розмірах до 2-х разів, а потім через 2–3 секунди гасне. Використання вогнегасного аерозолю для підшарового гасіння спиртів забезпечує реалізацію декількох чинників, які синергічно взаємодіють та забезпечують зменшення інтенсивності випаровування, горіння та відповідно теплового випромінювання.

Ключові слова: вогнегасний аерозоль, етиловий спирт, етанол, n-бутанол, спирт, ізобутанол, підшарове пожежогасіння.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.225221

МЕТОДИКА ПОБУДОВИ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ ЧАСУ ПОЧАТКОВОЇ СТАДІЇ РОЗВИТКУ ПОЖЕЖІ (с. 45–52)

С. В. Жартовський, О. М. Тітенко, О. В. Кириченко, Є. О. Тищенко, Р. Б. Мотричук, В. П. Мельник

Для розроблення відповідних заходів і засобів вогнезахисту на об'єктах актуальним є формування уявлення про феноменологію процесів виникнення, розвитку та припинення горіння. Запропоновані методики створення математичних моделей енергетичної складової фізико-хімічних процесів, які відбуваються в деревині в умовах вогняного впливу, що дозволяють визначити час від початку такого впливу до настання фази полум'яного горіння. Адекватність математичного моделювання перевірялась експериментально на стандартизованій установці дослідження поширення полум'я по поверхні деревини. В якості зразків для теоретичних та експериментальних досліджень використовували зразки незахищеної деревини, виготовлені із заболоні сосни товщиною 20 мм, щільністю 400–550 кг/м³. Зразки вогнезахисної деревини (тієї ж породи, товщини та щільності) були просочені вогнезахисним засобом на основі діамонійфосфату і сульфату амонію (за витрати 168,2 г/м² сухих компонентів антипіренів). При моделюванні використано результати експериментального визначення температури займання незахищеної та вогнезахисної деревини, які становили: 235 °С – для незахищеної, 410 °С – для вогнезахисної, відповідно.

Результати математичного моделювання та експериментальних досліджень підтверджують можливість суттєвого подовження часу від початку вогняного впливу до займання пожежного навантаження із деревини при використанні для вогнезахисту азото-фосфорних просочувальних засобів.

Запропоновано методики математичного моделювання для створення моделей з визначення впливу охолоджувального ефекту від використання просочувальних вогнезахисних засобів для захисту деревини на подовження часу стадії початку пожежі.

Дані математичного моделювання придатні для використання при створенні просочувальних вогнезахисних засобів.

Ключові слова: вогнезахисна деревина, вогнезахисний засіб, просочувальна речовина, температура займання, вогневий вплив.