

ABSTRACT AND REFERENCES

ECOLOGY

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.310455

DEVELOPMENT OF AN ALGORITHM FOR THE TRANSITION OF CIVIL AVIATION TO ECOLOGICALLY CLEAN AVIATION FUEL (p. 6–20)**Kayrat Koshekov**

Civil Aviation Academy, Almaty, Republic of Kazakhstan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9586-2310>**Fariza Lekerova**

Civil Aviation Academy, Almaty, Republic of Kazakhstan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5623-2279>**Raziyam Anayatova**

Civil Aviation Academy, Almaty, Republic of Kazakhstan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5138-7581>**Abay Koshekov**

Civil Aviation Academy, Almaty, Republic of Kazakhstan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7373-1494>**Kazbek Aldamzharov**

Civil Aviation Academy, Almaty, Republic of Kazakhstan

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-9847-8903>**Kayrat Zhakupov**

Civil Aviation Academy, Almaty, Republic of Kazakhstan

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-5221-2776>

The object of the study is the process of decarbonization of civil aviation by switching to environmentally friendly fuels, which is relevant for the majority of countries in the world seeking to reduce the carbon footprint of air transport. The study uses methods that comply with international standards, which allowed to draw conclusions applicable in a global context. Due to their features and characteristics, the results of the study made it possible to form a clear idea of the global industry program to reduce and offset carbon emissions, as well as to establish the level of readiness of the civil aviation of the Republic of Kazakhstan and related industries to switch to alternative types of aviation fuel. The constructed mathematical models of the dependence of the efficiency indicator Y (carbon footprint level) on a set of factor features X_i and made it possible to prove the presence of multicollinearity in the array of mutually independent factors affecting the efficiency indicator Y , as well as to prioritize them based on the strength of their influence on the size of the carbon footprint of air transportation. It is emphasized that the process of switching aviation to bio- and synthetic aviation fuel is complicated by the lack of a Strategy and related documents on the implementation of activities related to the transition of aviation to new generation fuels. The key points of constructing the algorithm for the transition of civil aviation to environmentally friendly fuel have been identified, which ensured the construction of its simulation model. The practical application of the proposed algorithm for the transition of civil aviation to new-generation fuel should become the fundamental basis for the formation of the country's Roadmap for the transition of aviation to SAF and LCAF.

Keywords: algorithm for the transition of aviation to environmentally friendly fuel, decarbonization of aviation, carbon footprint of aviation.

References

1. CORSIA Central Registry (CCR): Information and Data for Transparency. Available at: https://www.icao.int/environmental-protection/CORSIA/Documents/CCR%20Info%20Data%20Transparency_PartII_Oct2022.pdf
2. Second ICAO Conference on Aviation and Alternative Fuels (CAAF2). Available at: <https://www.icao.int/Meetings/CAAF2/Pages/default.aspx>
3. ICAO Conference on Sustainable Alternative Fuels Agrees New Vision to 2050 to Guide Future Development and Deployment. ICAO: Press Release. Available at: <https://www.icao.int/Newsroom/NewsDoc2017fix/COM.64.17.RU.pdf>
4. Developing an ICAO Concept: Industry Perspectives. Third ICAO Conference on Aviation and Alternative Fuels (CAAF/3). United Arab Emirates. Available at: <https://atag.org/media/lhbhlak/caaf3wp0335ru.pdf>
5. Chiramonti, D. (2019). Sustainable Aviation Fuels: the challenge of decarbonization. *Energy Procedia*, 158, 1202–1207. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2019.01.308>
6. Jiang, C., D'Alfonso, T., Post, J. (2024). Aviation decarbonization – Policies and technologies to support decarbonization of the aviation sector. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 127, 104055. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2024.104055>
7. Huang, F., Zhang, T., Wang, Q., Zhou, D. (2023). CO2 emission change in China's aviation industry: A fleet-wide index decomposition and scenario analysis. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 119, 103743. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2023.103743>
8. Nakano, Y., Sano, F., Akimoto, K. (2022). Impacts of decarbonization technologies in air transport on the global energy system. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 110, 103417. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2022.103417>
9. Bardon, P., Massol, O., (2023). Decarbonizing Aviation with Sustainable Aviation Fuels: Myths and Realities of the Roadmaps to Net Zero by 2050. Available at: <https://ifp.hal.science/hal-04271439>
10. Braun, M., Grimme, W., Oesingmann, K. (2024). Pathway to net zero: Reviewing sustainable aviation fuels, environmental impacts and pricing. *Journal of Air Transport Management*, 117, 102580. <https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2024.102580>
11. Gao, Z., Kampeidou, S. I., Behere, A., Puranik, T. G., Rajaram, D., Mavris, D. N. (2022). Multi-level aircraft feature representation and selection for aviation environmental impact analysis. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 143, 103824. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2022.103824>
12. Kharas, H., Fengler, W., Vashold, L. (2023). Have we reached peak greenhouse gas emissions? *BROOKINGS*. Available at: <https://www.brookings.edu/articles/have-we-reached-peak-greenhouse-gas-emissions/>
13. Kazakhstan ranks 20th in the world in carbon dioxide emissions. Available at: https://www.inform.kz/ru/kazakhstan-zanimaet-20-mesto-v-mire-po-vybrosam-uglekislogo-gaza_a3945128
14. Kazakhstan's prospects for achieving carbon neutrality. Available at: <https://qazaqgreen.com/en/journal-qazaqgreen/expert-opinion/596/>
15. Paris Climate Agreement. Available at: https://unfccc.int/sites/default/files/paris_agreement_russian_.pdf
16. Industry Views on Achieving a Long-Term Climate Goal for Aviation. ICAO Assembly 41st Session Working Paper. Available at: https://www.icao.int/Meetings/a41/Documents/WP/wp_466_ru.pdf?task=download&id=1192:wp_466_ru
17. Third conference on aviation and alternative fuels (CAAF/3). Available at: <https://www.icao.int/Meetings/CAAF3/Statements/AFCAC.pdf>

18. Feasibility report on a long-term aspirational goal (LTAG) for emissions reductions for international aviation (2022). ICAO Aviation Environmental Protection Committee. Available at: https://www.icao.int/environmental-protection/LTAG/Documents/REPORT%20ON%20THE%20FEASIBILITY%20OF%20A%20LONG-TERM%20ASPIRATIONAL%20GOAL_ru.pdf
19. AR6 Synthesis Report: Climate Change 2023. Intergovernmental Panel on Climate Change. Available at: <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-cycle/>
20. Assembly Resolution A41-22: Consolidated statement of continuing ICAO policies and practices related to environmental protection – Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation (CORSIA), adopted by the 41st Session of the ICAO Assembly (27.09–07.10 2022). Available at: https://www.icao.int/environmental-protection/CORSIA/Documents/Resolution_A41-22_CORSIA.pdf
21. Assembly - 40th. Executive Committee. Agenda Item 17: Environmental Protection – Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation (CORSIA) session. Available at: https://www.icao.int/Meetings/A40/Documents/WP/wp_228_en.pdf
22. Astana Joins Forces with ICAO on Sustainable Jet Fuel. OILCAPITAL. 2024. Available at: <https://oilcapital.ru/news/2024-05-14/astana-ob-edinyaet-sily-s-ikao-po-ustoychivomu-aviakerosinu-5081410>
23. The First Kazakhstan Aviation Talks focus on reducing emissions in the aviation industry. Available at: <https://caa.gov.kz/en/blog/post/first-kazakhstan-aviation-talks-focus-reducing-emissions-aviation-industry>
24. CORSIA Central Registry (CCR). Available at: <https://www.icao.int/environmental-protection/CORSIA/Pages/CCR.aspx>
25. Vaal, T. (2023). Kazakhstan to open nine more international routes this year. Authorities. Available at: <https://vlast.kz/novosti/55286-kazakhstan-v-etom-godu-otkroet-ese-devat-mezhdunarodnyh-marsrutov.html>
26. AirFleets.net. Available at: https://www.airfleets.net/recherche/list-country-Qazakhstan_0.htm
27. Annual Report 2015. Available at: https://ir.airastana.com/media/pakpv2qj/annual_report_2015_ru.pdf
28. Growth Strategy – Looking Ahead. Available at: <https://ar2018.airastana.com/rus/pdf/AirAstana%20AR2018%20-%20%D0%A1%D1%82%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%B3%D0%B8%D1%8F%20%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B0.pdf>
29. Moving Forward with Purpose and Confidence. Available at: <https://ir.airastana.com/media/8dc27ed2d0b9fd2/%D0%B3%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B9-%D0%BE%D1%82%D1%87%D0%B5%D1%82-%D0%B7%D0%B0-2022-%D0%B3.pdf>
30. Reaching New Heights. Available at: <https://ir.airastana.com/media/8dc690853839599/%D0%B3%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B9-%D0%BE%D1%82%D1%87%D0%B5%D1%82-%D0%B7%D0%B0-2023-%D0%B3.pdf>
31. Air Astana fleet growth ahead of track. Available at: <https://www.flightglobal.com/airlines/air-astana-fleet-growth-ahead-of-track/159468.article>
32. The results of the 3rd ICAO international conference on alternative aviation fuels CAAF/3 and proposals for a roadmap for Russia will be discussed at the XIII Eurasian international aviation fuel forum. Available at: https://transport-strategy.org/news/news_post/itogi-3-j-mezhdunarodnoj-konferencii-ikao-po-alternativnym-vidam-aviacionnogo-topliva-caaf-3-i-predlozheniya-po-dorozhnoj-karte-dlya-rossii-obsudyat-na-xiii-evrazijskom-mezhdunarodnom-forume-aviatopliv
33. Waypoint 2050. Available at: <https://aviationbenefits.org/environmental-efficiency/climate-action/waypoint-2050/>
34. European aviation industry welcomes CAAF/3 agreement on Sustainable Aviation Fuels (SAF). Available at: <https://www.aci-europe.org/downloads/mediaroom/23-11-27%20European%20aviation%20industry%20welcomes%20CAAF3%20agreement%20on%20Sustainable%20Aviation%20Fuels%20SAF%20PRESS%20RELEASE.pdf>
35. Financing the Energy Transition in Aviation: An Industry Perspective. Third ICAO Aviation and Alternative Fuels Conference (CAAF/3). Dubai. Available at: <https://www.icao.int/Meetings/CAAF3/Documents/CAAF3.WP034.2.ru.pdf>
36. Pushchik, E. (2023). Will SAF production be organized in Kazakhstan? Available at: https://inbusiness.kz/ru/author_news/budet-li-organizovano-proizvodstvo-saf-v-kazahstane
37. Kazakhstan will start producing environmentally friendly aviation fuel. Available at: <https://kazpravda.kz/n/kazahstan-nachnet-proizvodit-ekologichnoe-aviatoplivo/>
38. Tkachenko, A., Levchenko, N., Pozhueva, T., Sevastyanov, R., Levchenko, S. (2023). Modified assessment methodology ESG competitiveness of enterprises to a new generation of investors. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 1254 (1), 012126. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1254/1/012126>
39. Lekerova, E., Koshekov, K., Alibekkyzy, K., Belginova, S., Bygubayeva, A., Ismailova, R. (2023). Digital twin of the quality management system for environmental control of the near-airport environment. Journal of Theoretical and Applied Information Technology, 101 (12).

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.309731

BUILDING A MODEL OF HEATING AN OIL TANK UNDER THE THERMAL INFLUENCE OF A SPILL FIRE (p. 21–28)

Volodymyr Oliinyk

National University of Civil Defence of Ukraine,
Kharkiv, Ukraine

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

Oleksii Basmanov

National University of Civil Defence of Ukraine,
Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6434-6575>

Ihor Romanyuk

National University of Civil Defence of Ukraine,
Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-1963-0755>

Olexandr Rashkevich

Main Department of the State Service of Ukraine
for Emergency Situations in the Kharkiv Region, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-4374-4602>

Ihor Malovyk

Emergency Situations Prevention Department
of the State Emergency Service of Ukraine, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-2319-9730>

The object of this study is the process of liquid combustion in a spill, and the subject of research is the distribution of temperature along the wall and roof of a vertical steel tank that is heated under the thermal influence of a spill fire. The heat balance equation for the wall and roof of the tank with oil product was constructed. The assumption of a small thickness of the wall and roof of the tank relative to its linear dimensions makes it possible

to move to two-dimensional differential equations of the parabolic type. The equations take into account the radiative heat exchange with the flame, the environment, the internal space of the tank, as well as the convective heat exchange with the surrounding air, the vapor-air mixture, and the liquid inside the tank.

Using the methods of similarity theory, estimates of the coefficients of convection heat exchange of the outer surface of the tank with the surrounding air and the inner surface with the vapor-air mixture and liquid in the tank in the conditions of free convection were constructed. The application of the finite difference method for solving the heat balance equations has made it possible to derive the temperature distribution on the surface of the tank at an arbitrary moment in time. It is shown that the value of the coefficient of convection heat exchange of the liquid exceeds the corresponding value for the air-vapor mixture by $(1\div 2)$ orders of magnitude. As a result, the part of the wall located below the oil product level is heated to a temperature of $(80\div 230)$ °C depending on the viscosity of the liquid. This occurs despite the fact that the value of the mutual radiation coefficient reaches its maximum value at the lower part of the wall. From a practical point of view, this means that the part of the wall above the level of the oil product in the tank can reach dangerous temperature values, and it should be cooled first. The constructed model of tank heating also enables determining the limit time for the start of cooling of the tank.

Keywords: flammable liquid spill, spill fire, tank heating, heat flow.

References

- Raja, S., Tauseef, S. M., Abbasi, T., Abbasi, S. A. (2018). Risk of Fuel Spills and the Transient Models of Spill Area Forecasting. *Journal of Failure Analysis and Prevention*, 18 (2), 445–455. <https://doi.org/10.1007/s11668-018-0429-1> 1
- Yang, R., Khan, F., Neto, E. T., Rusli, R., Ji, J. (2020). Could pool fire alone cause a domino effect? *Reliability Engineering & System Safety*, 202, 106976. <https://doi.org/10.1016/j.res.2020.106976> 2
- Migalenko, K., Nuianzin, V., Zemlianskiy, 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. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.121727> 3
- Reniers, G., Cozzani, V. (2013). Features of Escalation Scenarios. *Domino Effects in the Process Industries*, 30–42. <https://doi.org/10.1016/b978-0-444-54323-3.00003-8> 4
- Li, L., Dai, L. (2021). Review on fire explosion research of crude oil storage tank. *E3S Web of Conferences*, 236, 01022. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202123601022> 5
- Vasilchenko, A., Otrosh, Y., Adamenko, N., Doronin, E., Kovalov, A. (2018). Feature of fire resistance calculation of steel structures with intumescent coating. *MATEC Web of Conferences*, 230, 02036. <https://doi.org/10.1051/matecconf/201823002036> 6
- 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. <https://doi.org/10.32434/0321-4095-2019-122-1-92-99> 7
- Popov, O., Iatsyshyn, A., Kovach, V., Artemchuk, V., Kameneva, I., Taraduda, D. et al. (2020). Risk Assessment for the Population of Kyiv, Ukraine as a Result of Atmospheric Air Pollution. *Journal of Health and Pollution*, 10 (25). <https://doi.org/10.5696/2156-9614-10.25.2003038>
- Loboichenko, V., Strelec, V. (2018). The natural waters and aqueous solutions express-identification as element of determination of possible emergency situation. *Water and Energy International*, 61 (9), 43–50. 9
- Paula, H. M. (2023). Insights from 595 tank farm fires from around the world. *Process Safety and Environmental Protection*, 171, 773–782. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2023.01.058> 10
- Liu, J., Li, D., Wang, Z., Chai, X. (2021). A state-of-the-art research progress and prospect of liquid fuel spill fires. *Case Studies in Thermal Engineering*, 28, 101421. <https://doi.org/10.1016/j.csite.2021.101421> 11
- Abramov, Yu. O., Basmanov, O. Ye., Krivtsova, V. I., Salamov, J. (2019). Modeling of spilling and extinguishing of burning fuel on horizontal surface. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 4. <https://doi.org/10.29202/nvngu/2019-4/16> 12
- Sun, X., Huang, H., Zhao, J., Song, G. (2022). Experimental Study of the Effect of Slope on the Spread and Burning Characteristics of a Continuous Oil Spill Fire. *Fire*, 5 (4), 112. <https://doi.org/10.3390/fire5040112> 13
- Guo, Y., Xiao, G., Wang, L., Chen, C., Deng, H., Mi, H. et al. (2023). Pool fire burning characteristics and risks under wind-free conditions: State-of-the-art. *Fire Safety Journal*, 136, 103755. <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2023.103755> 14
- Ji, J., Ge, F., Qiu, T. (2021). Experimental and theoretical research on flame emissivity and radiative heat flux from heptane pool fires. *Proceedings of the Combustion Institute*, 38 (3), 4877–4885. <https://doi.org/10.1016/j.proci.2020.05.052> 15
- Oliinyk, V. (2023). Construction of the stochastic model of thermal radiation from a flammable liquid spill fire. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (10 (125)), 25–33. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.288341> 16
- Nemalipuri, P., Singh, V., Das, H. C., Pradhan, M. K., Vitankar, V. (2023). Consequence analysis of heptane multiple pool fire in a dike. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science*, 238 (5), 1811–1827. <https://doi.org/10.1177/09544062231181813> 17
- Nemalipuri, P., Singh, V., Vitankar, V., Das, H. C., Pradhan, M. K. (2023). Numerical prediction of fire dynamics and the safety zone in large-scale multiple pool fire in a dike using flamelet model. *The Canadian Journal of Chemical Engineering*, 102 (1), 11–29. <https://doi.org/10.1002/cjce.25094> 18
- Abramov, Y., Basmanov, O., Oliinik, V., Khmyrov, I., Khmyrova, A. (2022). Modeling the convective component of the heat flow from a spill fire at railway accident. *EUREKA: Physics and Engineering*, 6, 128–138. <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2022.002702> 19
- Kovalov, A., Otrosh, Y., Rybka, E., Kovalevska, T., Togobytska, V., Rolin, I. (2020). Treatment of Determination Method for Strength Characteristics of Reinforcing Steel by Using Thread Cutting Method after Temperature Influence. *Materials Science Forum*, 1006, 179–184. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/msf.1006.179> 20
- Abramov, Y. A., Basmanov, O. E., Salamov, J., Mikhayluk, A. A. (2018). Model of thermal effect of fire within a dike on the oil tank. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 2, 95–101. <https://doi.org/10.29202/nvngu/2018-2/12> 21
- Abramov, Y., Basmanov, O., Oliinik, V., Khmyrov, I. (2022). Justifying the experimental method for determining the parameters of liquid infiltration in bulk material. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (10 (118)), 24–29. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.262249> 22
- Basmanov, O., Maksymenko, M. (2022). Modeling the thermal effect of fire to the tank in the presence of wind. *Problems of Emer-*

- gency Situations, 35, 239–253. <https://doi.org/10.52363/2524-0226-2022-35-18>
24. NAPB 05.02. Instruktsiya shchodo hasinnia pozhhez u rezervuarakh iz naftoiu i naftoproduktamy.
25. Maksymenko, M. (2022). Model of tank roof heating under the influence of a fire in an adjacent tank. *Problems of Emergency Situations*, 36, 233–247. <https://doi.org/10.52363/2524-0226-2022-36-18>
26. Shafiq, I., Hussain, M., Shafique, S., Hamayun, M. H., Mudassar, M., Nawaz, Z. et al. (2021). A comprehensive numerical design of firefighting systems for onshore petroleum installations. *Korean Journal of Chemical Engineering*, 38 (9), 1768–1780. <https://doi.org/10.1007/s11814-021-0820-6>
27. 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. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.108448>

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.309705

REVEALING PATTERNS IN REDUCING THE FIRE-HAZARDOUS PROPERTIES OF INSULATION MADE FROM PLANT RAW MATERIALS (p. 29–37)

Yuriy Tsapko

Ukrainian State Research Institute «Resurs», Kyiv, Ukraine
Kyiv National University of Construction and Architecture,
Kyiv, Ukraine

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

Aleksii Tsapko

Kyiv National University of Construction and Architecture,
Kyiv, Ukraine

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

Vitaliy Prisyazhnik

Institute of Public Administration and
Research in Civil Protection, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9780-785X>

Ruslan Klymas

Institute of Public Administration and
Research in Civil Protection, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8570-6392>

Ruslan Likhnyovskiy

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

Oksana Slutskaya

Institute of Public Administration and
Research in Civil Protection, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1723-8181>

Natalia Lialina

Kyiv National University of Construction and Architecture,
Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9364-0925>

Kostiantyn Kaveryn

Kyiv National University of Construction and Architecture,
Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9086-5953>

An issue related to the use of hemp bundle insulation for building structures is to ensure their fire resistance under the action of a low-calorie ignition source. Therefore, the object of research was the change in the properties of the insulation during

fire protection with its compositions capable of forming a layer of pinocoke under the influence of high temperature. On the basis of experimental data, it was established that at fire protection of insulation with a fire retardant agent, hydrolytic stable ethers containing phosphorus and nitrogen atoms are formed on the surface of the fibers. According to the temperature values and the shape of peaks on the DTA curve, it was established that at fire protection, the height of the peaks decreases and the width increases, which characterize the flow of exothermic transformations and the destruction of hemp fibers. At the same time, it was established that the formed residue has 13.3 % for impregnation and 26.6 % for coating. It has been proven that in the process of thermal action on the fire-resistant coating, the heat insulation process of the insulation consists in the formation of soot-like products on the surface of the material. So, it was determined that the sample did not catch fire, it was charred in the place of the radiation panel, and the burning was not recorded. On the other hand, for a sample of insulation treated with a coating during thermal action, the formation of a heat-insulating layer of foam coke occurred, which inhibits the penetration of heat, the temperature of flue gases did not exceed 100 °C, and the flammability index was 0. The practical significance is that the results were taken into account when designing buildings and structures. So, there are reasons to assert the possibility of targeted regulation of fire protection processes of insulation by applying coatings that form a protective layer on the surface of the material.

Keywords: protective means, insulation from hemp, thermal destruction of the surface, fire protection of hemp fibers, swelling of the coating.

References

- Vidal, J., Ponce, D., Mija, A., Rymarczyk, M., Castell, P. (2023). Sustainable Composites from Nature to Construction: Hemp and Linseed Reinforced Biocomposites Based on Bio-Based Epoxy Resins. *Materials*, 16 (3), 1283. <https://doi.org/10.3390/ma16031283>
- Jiang, Y., Phelipot-Mardele, A., Collet, F., Lanos, C., Lemke, M., Ansell, M. et al. (2020). Moisture buffer, fire resistance and insulation potential of novel bio-clay plaster. *Construction and Building Materials*, 244, 118353. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118353>
- Sassoni, E., Manzi, S., Motori, A., Montecchi, M., Canti, M. (2014). Novel sustainable hemp-based composites for application in the building industry: Physical, thermal and mechanical characterization. *Energy and Buildings*, 77, 219–226. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.03.033>
- Kozłowski, R., Mieleniak, B., Muzyczek, M., Magnez, C., Mesnage, P. (2007). Flammability of lightweight, flexible insulating nonwoven made from natural fibrous raw materials. *Proceedings of the 18th Annual Conference on Recent Advances in Flame Retardancy of Polymeric Materials*, 330–340.
- Ben Hadj Tahar, D., Triki, Z., Guendouz, M., Tahraoui, H., Zammouche, M., Kebir, M. et al. (2024). Characterization and Thermal Evaluation of a Novel Bio-Based Natural Insulation Material from *Posidonia oceanica* Waste: A Sustainable Solution for Building Insulation in Algeria. *ChemEngineering*, 8 (1), 18. <https://doi.org/10.3390/chemengineering8010018>
- Fuentealba, C., Segovia, C., Vibert, C., Brosse, N. (2024). Eucalyptus Globulus Bark as Valuable Raw Material to the Development of Bio-Based Material. *Proceedings of the 3rd International EUROMAGH Conference 2020*, 76–87. https://doi.org/10.1007/978-981-97-2000-2_10

7. Bozsaky, D., Ábrahám-Horváth, R. (2023). Laboratory tests on properties of innovative natural thermal insulation material. *Pollack Periodica*, 18 (2), 125–130. <https://doi.org/10.1556/606.2022.00735>
8. Reza, M. M., Begum, H. A., Uddin, A. J. (2023). Potentiality of sustainable corn starch-based biocomposites reinforced with cotton filter waste of spinning mill. *Heliyon*, 9 (5), e15697. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e15697>
9. Soto, M., Rojas, C., Cárdenas-Ramírez, J. P. (2022). Characterization of a Thermal Insulating Material Based on a Wheat Straw and Recycled Paper Cellulose to Be Applied in Buildings by Blowing Method. *Sustainability*, 15 (1), 58. <https://doi.org/10.3390/su15010058>
10. Majumder, A., Stochino, F., Frattolillo, A., Fraternali, F., Martinelli, E. (2022). Jute fiber mortar composites for integrated retrofitting. *Fib Symposium*, 613–620. Available at: https://www.researchgate.net/profile/Arnas-Majumder/publication/369537567_Jute_fiber_mortar_composites_for_integrated_retrofitting/links/648ec927c41fb852dd0daf38/Jute-fiber-mortar-composites-for-integrated-retrofitting.pdf
11. Majumder, A., Canale, L., Mastino, C. C., Pacitto, A., Frattolillo, A., Dell'Isola, M. (2021). Thermal Characterization of Recycled Materials for Building Insulation. *Energies*, 14 (12), 3564. <https://doi.org/10.3390/en14123564>
12. Yu, S., Lee, J., Yeo, D., Lee, J., Bae, J., Sim, J. (2023). Analysis of Paint Properties According to Expandable Graphite and Fire Simulation Research on Firewall Penetration Part. *Polymers*, 16 (1), 98. <https://doi.org/10.3390/polym16010098>
13. Takahashi, F. (2021). Fire blanket and intumescent coating materials for failure resistance. *MRS Bulletin*, 46 (5), 429–434. <https://doi.org/10.1557/s43577-021-00102-7>
14. Vincent, T., Vincent, C., Dumazert, L., Otazaghine, B., Sonnier, R., Guibal, E. (2020). Fire behavior of innovative alginate foams. *Carbohydrate Polymers*, 250, 116910. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.116910>
15. Tsapko, Y., Tsapko, A. (2018). Establishment of fire protective effectiveness of reed treated with an impregnating solution and coatings. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (10 (94)), 62–68. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.141030>
16. Pettersen, R. C. (1984). *The Chemical Composition of Wood*. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, Madison. Available at: <https://oeclass.aaa.gr/eclass/modules/document/file.php/3383/ROGER%20C.%20PETTERSEN%201984%20The%20Chemical%20Composition%20of%20Wood%2070%20CF%83%CE%B5%CE%BB.pdf>
17. Broido, A. (1969). A simple, sensitive graphical method of treating thermogravimetric analysis data. *Journal of Polymer Science Part A-2: Polymer Physics*, 7 (10), 1761–1773. <https://doi.org/10.1002/pol.1969.160071012>
18. 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. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.163591>
19. Tsapko, Y., Tsapko, A., Bondarenko, O. (2020). Modeling the process of moisture diffusion by a flame-retardant coating for wood. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (10 (103)), 14–19. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.192687>
20. 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. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.200467>
21. Tsapko, Y., Likhnyovskiy, R., Horbachova, O., Mazurchuk, S., Tsapko, A., Sokolenko, K. et al. (2022). Identifying parameters for wood protection against water absorption. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (10 (120)), 71–81. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.268286>
22. Tsapko, Y., Tsapko, A., Likhnyovskiy, R., Sukhanevych, M., Zapolskiy, L., Illiuchenko, P., Bedratiuk, O. (2024). Establishing patterns in reducing fire-dangerous properties of sip panels fire-protected with reactive coating. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (10 (127)), 47–54. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.298266>

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.310455

РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ ПЕРЕХОДУ ЦИВІЛЬНОЇ АВІАЦІЇ НА ЕКОЛОГІЧНО ЧИСТЕ АВІАЦІЙНЕ ПАЛИВО (с. 6–20)

Kayrat Koshekov, Fariza Lekerova, Raziyam Anayatova, Abay Koshekov, Kazbek Aldamzharov, Kayrat Zhakupov

Об'єктом дослідження є процес декарбонізації цивільної авіації шляхом переходу на екологічно чисте паливо, актуальний для більшості країн світу, які прагнуть зменшити вуглецевий слід повітряного транспорту. У дослідженні використовуються методи, які відповідають міжнародним стандартам, що дозволило зробити висновки, застосовні в глобальному контексті. Завдяки своїм особливостям і характеристикам результати дослідження дозволили сформулювати чітке уявлення про глобальну галузеву програму скорочення та компенсації викидів вуглецю, а також встановити рівень готовності цивільної авіації Республіки Казахстан та суміжних галузей для переходу на альтернативні види авіаційного палива. Побудовані математичні моделі залежності показника ефективності Y (рівень вуглецевого сліду) від набору факторних ознак X_i дозволили довести наявність мультиколінеарності в масиві взаємозалежних факторів, що впливають на показник ефективності Y , а також визначити їх пріоритетність на основі сили їхнього впливу на розмір вуглецевого сліду повітряного транспорту. Наголошується, що процес переведення авіації на біо- та синтетичне авіапаливо ускладнюється відсутністю Стратегії та супутніх документів щодо реалізації заходів щодо переходу авіації на види палива нового покоління. Визначено ключові моменти побудови алгоритму переходу цивільної авіації на екологічно чисте паливо, що забезпечило побудову його імітаційної моделі. Практичне застосування запропонованого алгоритму переходу цивільної авіації на паливо нового покоління має стати фундаментальною основою для формування Дорожньої карти країни з переходу авіації на екологічно вироблене авіаційне паливо та авіаційне паливо з низьким вмістом вуглецю.

Ключові слова: алгоритм переходу авіації на екологічно чисте паливо, зневуглецювання авіації, вуглецевий слід авіації.

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.309731

РОЗРОБКА МОДЕЛІ НАГРІВУ РЕЗЕРВУАРА З НАФТОПРОДУКТОМ ПІД ТЕПЛОВИМ ВПЛИВОМ ПОЖЕЖІ РОЗЛИВУ (с. 21–28)

В. В. Олійник, О. Є. Басманов, І. П. Романюк, О. С. Рашкевич, І. В. Маловик

Об'єктом дослідження є процес горіння рідини в розливі, а предметом дослідження – розподіл температури по стінці і покрівлі вертикального сталевого резервуара, що нагрівається під тепловим впливом пожежі розливу. Побудовано рівняння теплового балансу для стінки і покрівлі резервуара з нафтопродуктом. Припущення про малу товщину стінки і покрівлі резервуара відносно його лінійних розмірів дозволяє перейти до двовимірних диференціальних рівнянь параболічного типу. Рівняння враховують променевий теплообмін з полум'ям, навколишнім середовищем, внутрішнім простором резервуара, а також конвекційний теплообмін з навколишнім повітрям, пароповітряною сумішшю і рідиною всередині резервуара.

Із використанням методів теорії подібності побудовано оцінки коефіцієнтів конвекційного теплообміну зовнішньої поверхні резервуара з навколишнім повітрям і внутрішньої поверхні з пароповітряною сумішшю і рідиною в резервуарі в умовах вільної конвекції. Застосування метода скінчених різниць для розв'язання рівнянь теплового балансу дозволило отримати розподіл температур по поверхні резервуара в довільний момент часу. Показано, що величина коефіцієнта конвекційного теплообміну рідини на $(1 \div 2)$ порядки перевищує відповідну величину для пароповітряної суміші. Внаслідок цього частина стінки, що розташована нижче рівня нафтопродукту, нагрівається до температури $(80 \div 230)^\circ\text{C}$ в залежності від в'язкості рідини. Це відбувається незважаючи на те, що значення коефіцієнта взаємного опромінення досягає максимального значення на нижній частині стінки. З практичної точки зору це означає, що небезпечних значень температури може досягти частина стінки вище рівня нафтопродукту в резервуарі, і саме вона має охолоджуватися першочергово. Побудована модель нагріву резервуара також дозволяє визначити граничний час початку охолодження резервуара.

Ключові слова: розлив горючої рідини, пожежа розливу, нагрів резервуара, тепловий потік.

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.309705

ВСТАНОВЛЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ЗНИЖЕННЯ ПОЖЕЖОНЕБЕЗПЕЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ УТЕПЛЮВАЧА З РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ (с. 29–37)

Ю. В. Цапко, О. Ю. Цапко, В. В. Присяжнюк, Р. В. Климась, Р. В. Ліхнівський, О. М. Слущка, Н. П. Ляліна, К. О. Каверин

Проблема застосування утеплювача з костри коноплі для будівельних конструкцій полягає в забезпеченні їх у вогнестійкості при дії малокалорійного джерела запалювання. Тому об'єктом досліджень була зміна властивостей утеплювача при вогнезахисті його композиціями, що здатні до утворення шару пінококсу під впливом високої температури. На підставі експериментальних даних встановлено, що при вогнезахисті утеплювача вогнезахисним засобом на поверхні волокон утворюються гідролітичні стійкі ефіри, що містять атоми фосфору та азоту. За значеннями температур і формою піків на кривій ДТА встановлено, що при вогнезахисті зменшується висота і збільшується ширина піків, які характеризують протікання екзотермічних перетворень

та деструкцією волокон коноплі. При цьому встановлено, що утворений залишок має 13,3 % при просоченні і 26,6 % для покриття. Доведено, що в процесі термічної дії на вогнезахисне покриття процес теплоізолювання утеплювача полягає в утворенні сажоподібних продуктів на поверхні матеріалу. Так, саме під час дії радіаційної панелі на зразок утеплювача вогнезахисного просочувальною композицією було встановлено, що зразок не зайнявся, у місці дії радіаційної панелі обуглився, горіння не зафіксовано. Натомість, для зразка утеплювача, обробленого покриттям при термічній дії, відбулося утворення теплоізоляційного шару пінококсу, який гальмує проникнення тепла, температура димових газів не перевищила 100 °С, а індекс горючості склав 0. Практичне значення полягає в тому, що отримані результати було враховано під час проектування будівель та споруд. Отже, є підстави стверджувати про можливість спрямованого регулювання процесів вогнезахисту утеплювача шляхом застосування покриттів, що утворюють на поверхні матеріалу захисний шар.

Ключові слова: захисні засоби, утеплювач з коноплі, термічне руйнування поверхні, вогнезахист волокон коноплі, спучення покриття.