

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.286349

**IDENTIFYING OF THE COMPOSITIONS OF THE BLENDED FUELS OF THE BUTANOL, GASOLINE, AND WATER STABILIZED AT LOW TEMPERATURES (p. 6–17)**

**Hanny Frans Sangian**

Sam Ratulangi University, FMIPA Unsrat,  
Manado Sulawesi Utara, Indonesia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1474-9701>

**Dini Lestari**

Sam Ratulangi University

Kampus Bahu str., FMIPA Unsrat,  
Manado Sulawesi Utara, Indonesia

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-3978-8606>

**Guntur Pasau**

Sam Ratulangi University, Manado Sulawesi Utara, Indonesia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8939-0337>

**Gerald H. Tamuntuan**

Sam Ratulangi University, Manado Sulawesi Utara, Indonesia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4546-3992>

**Arief Widjaja**

Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya,  
Jawa Timur, Indonesia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8251-3755>

**Ronny Purwadi**

Institut Teknologi Bandung, Bandung, Jawa Barat, Indonesia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6524-9929>

**Silvia Yusnica Agnesty**

Politeknik Energi dan Mineral Akamigas, Cepu-Blora, Jawa  
Tengah, Indonesia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4090-6184>

**Bayu Sadjab**

Halmahera University, Wari, Maluku Utara, Indonesia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8937-1462>

**Messiah Charity Sangian**

Institut Teknologi Bandung, Bandung, Jawa Barat, Indonesia

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-9074-1145>

**Ramli Thahir**

Politeknik Negeri Samarinda,  
Samarinda Kalimantan Timur, Indonesia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4175-8235>

The work was purposed to identify the compositions the blended fuel of butanol, gasoline, and water forming the stable emulsions at low temperatures. The previous researches reported that the blending of butanol and gasoline generally employed the synthetic surfactants which were expensive and mixed at room temperatures. It is important to analyze the stability of the substances in the wide range of temperature for it alter significantly on the surface of the planet. The references survey revealed that the works of the compositions of the wet butanol and gasoline at low temperatures are yet published. The present work was successful to blend the butanol, gasoline, and water in stable emulsion without using the surfactant and stabilized in the less of room temperature. Compositions of butanol, gasoline (RONs 90), and water emulsified and

stabilized at low temperatures without synthetic surfactants were successfully studied. It was found that aqueous butanol and gasoline formed a stable emulsion at low temperatures and discovered the phase was separated if temperature declined. The compositions of pure butanol, gasoline, and water recorded in stable emulsions using butanol 85.00 % ranged from 75.08–79.24 %, 6.77–11.67 %, and 13.25–13.98 %, respectively, blended at temperatures 0.00–29.70 °C. The usage of butanol 99.50 % caused the change of compositions recorded at 0.71–11.34 %, 88.61–99.29 %, and 0.00–0.06 % blended at 0.00–29.00 °C. It was discovered that the increase of butanol percentage of the fuel after the emulsion was stable tended to the emulsion kept one phase. The emulsion fuels found would be applied to the heat-modified engines operating in wide range temperatures which were below room temperature.

**Keywords:** blended fuels, butanol-gasoline-water, stable emulsion at low temperatures, phase separation, non-surfactant.

#### References

- Nel, W. P., Cooper, C. J. (2009). Implications of fossil fuel constraints on economic growth and global warming. *Energy Policy*, 37 (1), 166–180. doi: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2008.08.013>
- Fontana, M., Marchesan, A. N., Maciel Filho, R., Maciel, M. R. W. (2021). Extractive distillation to produce anhydrous bioethanol with choline chloride with urea (1:2) as a solvent: a comparative evaluation of the equilibrium and the rate-based models. *Chemical Engineering and Processing - Process Intensification*, 168, 108580. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cep.2021.108580>
- Chansauria, P., Mandloi, R. K. (2018). Effects of Ethanol Blends on Performance of Spark Ignition Engine-A Review. *Materials Today: Proceedings*, 5 (2), 4066–4077. doi: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2017.11.668>
- Machado Neto, P. A. (2021). Why Brazil imports so much corn-based ethanol: The role of Brazilian and American ethanol blending mandates. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 152, 111706. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111706>
- Sozinho, D. W. F., Gallardo, A. L. C. F., Duarte, C. G., Ramos, H. R., Ruiz, M. S. (2018). Towards strengthening sustainability instruments in the Brazilian sugarcane ethanol sector. *Journal of Cleaner Production*, 182, 437–454. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.01.261>
- Agarwal, A. K., Karare, H., Dhar, A. (2014). Combustion, performance, emissions and particulate characterization of a methanol-gasoline blend (gasohol) fuelled medium duty spark ignition transportation engine. *Fuel Processing Technology*, 121, 16–24. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2013.12.014>
- Sangian, H. F., Tamuntuan, G. H., Mosey, H. I. R., Suoth, V., Manialup, B. H. (2017). The Utilization Of Arenga Pinnata Ethanol In Preparing One Phase-Aqueous Gasohol. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, 12, 7039–7046. Available at: [https://www.arpnjournals.org/jeas/research\\_papers/rp\\_2017/jeas\\_1217\\_6582.pdf](https://www.arpnjournals.org/jeas/research_papers/rp_2017/jeas_1217_6582.pdf)
- Ershov, M. A., Grigoreva, E. V., Habibullin, I. F., Emelyanov, V. E., Strekalina, D. M. (2016). Prospects of bioethanol fuels E30 and E85 application in Russia and technical requirements for their qual-

- ity. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 66, 228–232. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.07.054>
9. Ors, I., Kul, B. S., Yelbey, S., Ciniviz, M. (2021). Detailed Combustion Analysis of Gasohol at Low, Medium and High Loads in a Spark Ignition Engine. *Selcuk University Journal of Engineering Sciences*, 20 (01), 18–22. Available at: [https://www.researchgate.net/publication/349947792\\_Detailed\\_Combustion\\_Analysis\\_of\\_Gasohol\\_at\\_Low\\_Medium\\_and\\_High\\_Loads\\_in\\_a\\_Spark\\_Ignition\\_Engine](https://www.researchgate.net/publication/349947792_Detailed_Combustion_Analysis_of_Gasohol_at_Low_Medium_and_High_Loads_in_a_Spark_Ignition_Engine)
  10. Li, Y., Gong, J., Yuan, W., Fu, J., Zhang, B., Li, Y. (2017). Experimental investigation on combustion, performance, and emissions characteristics of butanol as an oxygenate in a spark ignition engine. *Advances in Mechanical Engineering*, 9 (2), 168781401668884. doi: <https://doi.org/10.1177/1687814016688848>
  11. Mohebbi, M., Reyhanian, M., Hosseini, V., Muhamad Said, M. F., Aziz, A. A. (2018). Performance and emissions of a reactivity controlled light-duty diesel engine fueled with n-butanol-diesel and gasoline. *Applied Thermal Engineering*, 134, 214–228. doi: <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2018.02.003>
  12. Huynh, T. T., Le, M. D., Duong, D. N. (2019). Effects of butanol-gasoline blends on SI engine performance, fuel consumption, and emission characteristics at partial engine speeds. *International Journal of Energy and Environmental Engineering*, 10 (4), 483–492. doi: <https://doi.org/10.1007/s40095-019-0309-9>
  13. Wang, Y., Yu, X., Ding, Y., Du, Y., Chen, Z., Zuo, X. (2018). Experimental comparative study on combustion and particle emission of n-butanol and gasoline adopting different injection approaches in a spark engine equipped with dual-injection system. *Fuel*, 211, 837–849. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2017.09.108>
  14. Lin, Y., Lee, T., Nithyanandan, K., Zhang, J., Li, Y., Lee, C.-F. (2016). Experimental Investigation and Analysis of Combustion Process in a Diesel Engine Fueled with Acetone-Butanol-Ethanol/Diesel Blends. *SAE Technical Paper Series*. doi: <https://doi.org/10.4271/2016-01-0737>
  15. Hergueta, C., Bogarra, M., Tsolakis, A., Essa, K., Herreros, J. M. (2017). Butanol-gasoline blend and exhaust gas recirculation, impact on GDI engine emissions. *Fuel*, 208, 662–672. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2017.07.022>
  16. Maiti, S., Gallastegui, G., Kaur Brar, S., LeBihan, Y., Buelna, G., Drogui, P., Verma, M. (2015). Quest for sustainable bio-production and recovery of butanol as a promising solution to fossil fuel. *International Journal of Energy Research*, 40 (4), 411–438. doi: <https://doi.org/10.1002/er.3458>
  17. Liu, X., Xue, S., Ikram, R., Zhu, C., Shi, Y., He, M. (2021). Improving the viscosity and density of n-butanol as alternative to gasoline by blending with dimethyl carbonate. *Fuel*, 286, 119360. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.119360>
  18. Li, X., Sun, Z., Yang, S., Wang, H., Nour, M. (2021). Flash boiling combustion of isomeric butanol and gasoline surrogate blends using constant volume spray chamber and GDI optical engine. *Fuel*, 286, 119328. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.119328>
  19. Fan, Y., Duan, Y., Liu, W., Han, D. (2020). Effects of butanol blending on spray auto-ignition of gasoline surrogate fuels. *Fuel*, 260, 116368. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2019.116368>
  20. Short, D., Vu, D., Durbin, T. D., Karavalakis, G., Asa-Awu, A. (2015). Particle speciation of emissions from iso-butanol and ethanol blended gasoline in light-duty vehicles. *Journal of Aerosol Science*, 84, 39–52. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jaerosci.2015.02.010>
  21. Feinauer, M., Ehrenberger, S., Buchgeister, J. (2021). Life cycle assessment of a farmed wood butanol-gasoline blend as an alternative transport fuel for passenger cars. *Fuel*, 306, 121651. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2021.121651>
  22. Fagundez, J. L. S., Golke, D., Martins, M. E. S., Salau, N. P. G. (2019). An investigation on performance and combustion characteristics of pure n-butanol and a blend of n-butanol/ethanol as fuels in a spark ignition engine. *Energy*, 176, 521–530. doi: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.04.010>
  23. Yousif, I. E., Saleh, A. M. (2023). Butanol-gasoline blends impact on performance and exhaust emissions of a four stroke spark ignition engine. *Case Studies in Thermal Engineering*, 41, 102612. doi: <https://doi.org/10.1016/j.csite.2022.102612>
  24. Letcher, T. M., Heyward, C., Wootton, S., Shuttleworth, B. (1986). Ternary phase diagrams for gasoline-water-alcohol mixtures. *Fuel*, 65 (7), 891–894. doi: [https://doi.org/10.1016/0016-2361\(86\)90192-4](https://doi.org/10.1016/0016-2361(86)90192-4)
  25. Sangian, H. F., Pasau, G., Tamuntuan, G. H., Widjaja, A., Purwadi, R., Agnesty, S. Y. et al. (2023). Analysis of compositions and fuel specifications of the aqueous emulsion fuels of gasoline (RON 90)-ethanol-water in stable emulsions at low temperatures. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (6 (121)), 22–32. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.272512>
  26. Macák, J., Matějovský, L., Pleyer, O., Růžičková, M. A., Jelínek, L. (2022). Passivation of steel in ethanol-gasoline blends induced by diethylene triamine. *Electrochimica Acta*, 434, 141263. doi: <https://doi.org/10.1016/j.electacta.2022.141263>
  27. Amine, M., Barakat, Y. (2021). Effect of cyclohexanol on phase stability and volatility behavior of hydrous ethanol-gasoline blends. *Egyptian Journal of Petroleum*, 30 (3), 7–12. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ejpe.2021.04.001>
  28. Kassem, M. G. A., Ahmed, A.-M. M., Abdel-Rahman, H. H., Moustafa, A. H. E. (2019). Use of Span 80 and Tween 80 for blending gasoline and alcohol in spark ignition engines. *Energy Reports*, 5, 221–230. doi: <https://doi.org/10.1016/j.egy.2019.01.009>
  29. Amine, M., Awad, E. N., Ibrahim, V., Barakat, Y. (2018). Effect of ethyl acetate addition on phase stability, octane number and volatility criteria of ethanol-gasoline blends. *Egyptian Journal of Petroleum*, 27 (4), 567–572. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ejpe.2017.08.007>

---

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.281657

**THE IMPLEMENTATION OF FUSION PROPERTIES  
CALCULATION TO PREDICT WAX  
DEPOSITION (p. 18–27)**

**Jamilyam Ismailova**

Satbayev University, Almaty, Republic of Kazakhstan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7680-7084>

**Aibek Abdugarimov**

Kazakh-British Technical University, Almaty,

Republic of Kazakhstan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6570-2810>

**Arman Kabdushev**

M. Kh. Dulaty Taraz Regional University, Taraz,

Republic of Kazakhstan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3579-9054>

**Bakhytzhon Taubayev**

“Zhenis Operating” LLP, Aktau, Republic of Kazakhstan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0019-4397>

Deposition of wax on the pipe walls is one of the complex flow assurance problems that causes a decrease and complete blockage of oil production rates by reducing the cross-sectional area of flow in the pipelines. In addition, surface facilities require higher energy consumption and failure of facilities due to wax plugging.

Effective design of oil recovery processes requires an adequate prediction of the thermodynamic conditions in which wax can precipitate from crude oil, depending on the pressure, temperature, and composition of the oil.

In this paper, the modified melting and pour point temperatures were presented based on the fluid description. Other fusion properties such as the enthalpy of fusion, the solid-state transition enthalpies, and the heat capacity of fusion have been calculated to modify the multi-solid model for predicting wax deposition.

The proposed modified equations for melting and pour point temperatures were showing reliable agreement with experimental data based on SARA analysis and demonstrated more accurate results compare to literature data.

In order to justify the proposed model, the comparative approach has been implemented between literature, experimental, and data obtained based on proposed solutions.

The detailed description of the Republic of Kazakhstan's (RoK) oil fields, components from  $C_1$  up to  $C_{36+}$  has been used during this research and the most crucial components which tend to form wax precipitation from  $C_{15}H_{32}$  to  $C_{20}H_{42}$  were plotted, which showed an increasing accuracy of 11 % for melting point temperature and 7 % for pour point temperature compared to literature data.

As a result, the proposed modified solutions for fusion properties demonstrated good agreement with literature and obtained results of modifications can be used for further research on Multi solid model of wax precipitation.

**Keywords:** fusion properties, melting point temperature, solid state temperature, wax deposition.

## References

1. Lei, Y., Han, S., Zhang, J. (2016). Effect of the dispersion degree of asphaltene on wax deposition in crude oil under static conditions. *Fuel Processing Technology*, 146, 20–28. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2016.02.005>
2. Hao, L. Z. et al. (2019). A Review of the Mechanism and Role of Wax Inhibitors in the Wax Deposition and Precipitation. *Pertanika Journal of Science & Technology* 27 (1). Available at: [http://www.pertanika.upm.edu.my/resources/files/Pertanika%20PAPERS/JST%20Vol.%2027%20\(1\)%20Jan.%202019/29%20JST-1110-2018.pdf](http://www.pertanika.upm.edu.my/resources/files/Pertanika%20PAPERS/JST%20Vol.%2027%20(1)%20Jan.%202019/29%20JST-1110-2018.pdf)
3. Lim, Z. H., Al Salim, H. S., Ridzuan, N., Nguele, R., Sasaki, K. (2018). Effect of surfactants and their blend with silica nanoparticles on wax deposition in a Malaysian crude oil. *Petroleum Science*, 15 (3), 577–590. doi: <https://doi.org/10.1007/s12182-018-0241-2>
4. Won, K. W. (1986). Thermodynamics for solid solution-liquid-vapor equilibria: wax phase formation from heavy hydrocarbon mixtures. *Fluid Phase Equilibria*, 30, 265–279. doi: [https://doi.org/10.1016/0378-3812\(86\)80061-9](https://doi.org/10.1016/0378-3812(86)80061-9)
5. Hansen, J. H., Fredenslund, A., Pedersen, K. S., Rønningsen, H. P. (1988). A thermodynamic model for predicting wax formation in crude oils. *AIChE Journal*, 34 (12), 1937–1942. doi: <https://doi.org/10.1002/aic.690341202>
6. Won, K. W. (1989). Thermodynamic calculation of cloud point temperatures and wax phase compositions of refined hydrocarbon mixtures. *Fluid Phase Equilibria*, 53, 377–396. doi: [https://doi.org/10.1016/0378-3812\(89\)80104-9](https://doi.org/10.1016/0378-3812(89)80104-9)
7. Schou Pedersen, K., Skovborg, P., Roenningsen, H. P. (1991). Wax precipitation from North Sea crude oils. 4. Thermodynamic modeling. *Energy & Fuels*, 5 (6), 924–932. doi: <https://doi.org/10.1021/ef00030a022>
8. Lira-Galeana, C., Firoozabadi, A., Prausnitz, J. M. (1996). Thermodynamics of wax precipitation in petroleum mixtures. *AIChE Journal*, 42 (1), 239–248. doi: <https://doi.org/10.1002/aic.690420120>
9. Pan, H., Firoozabadi, A., Fotland, P. (1997). Pressure and Composition Effect on Wax Precipitation: Experimental Data and Model Results. *SPE Production & Facilities*, 12 (04), 250–258. doi: <https://doi.org/10.2118/36740-pa>
10. Nichita, D. V., Goual, L., Firoozabadi, A. (2001). Wax Precipitation in Gas Condensate Mixtures. *SPE Production & Facilities*, 16 (04), 250–259. doi: <https://doi.org/10.2118/74686-pa>
11. Escobar-Remolina, J. C. M. (2006). Prediction of characteristics of wax precipitation in synthetic mixtures and fluids of petroleum: A new model. *Fluid Phase Equilibria*, 240 (2), 197–203. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fluid.2005.12.033>
12. Riazi, M. (Ed.) (2005). *Characterization and Properties of Petroleum Fractions*. ASTM International. doi: [https://doi.org/10.1520/mnl50\\_1st-eb](https://doi.org/10.1520/mnl50_1st-eb)
13. Mansourpoor, M., Azin, R., Osfouri, S., Izadpanah, A. A. (2018). Study of wax disappearance temperature using multi-solid thermodynamic model. *Journal of Petroleum Exploration and Production Technology*, 9 (1), 437–448. doi: <https://doi.org/10.1007/s13202-018-0480-1>
14. Chen, W., Zhao, Z., Zhang, X., Wang, L. (2007). Thermodynamic phase equilibria of wax precipitation in crude oils. *Fluid Phase Equilibria*, 255 (1), 31–36. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fluid.2007.03.015>
15. Coutinho, J. A. P., Mirante, F., Pauly, J. (2006). A new predictive UNIQUAC for modeling of wax formation in hydrocarbon fluids. *Fluid Phase Equilibria*, 247 (1-2), 8–17. doi: <https://doi.org/10.1021/ie980340h>
16. Soedarmo, A. A., Daraboina, N., Sarica, C. (2017). Validation of wax deposition models with recent laboratory scale flow loop experimental data. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 149, 351–366. doi: <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2016.10.017>
17. van der Geest, C., Melchuna, A., Bizarre, L., Bannwart, A. C., Guersoni, V. C. B. (2021). Critical review on wax deposition in single-phase flow. *Fuel*, 293, 120358. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2021.120358>
18. Sousa, A. M., Matos, H. A., Pereira, M. J. (2019). Modelling Paraffin Wax Deposition Using Aspen HYSYS and MATLAB. 29th European Symposium on Computer Aided Process Engineering, 973–978. doi: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-818634-3.50163-6>
19. Jafari Behbahani, T. (2016). Experimental study and a proposed new approach for thermodynamic modeling of wax precipitation in crude oil using a PC-SAFT model. *Petroleum Science*, 13 (1), 155–166. doi: <https://doi.org/10.1007/s12182-015-0071-4>
20. Asbaghi, E. V., Assareh, M. (2021). Application of a sequential multi-solid-liquid equilibrium approach using PC-SAFT for accurate estimation of wax formation. *Fuel*, 284, 119010. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.119010>
21. Asbaghi, E. V., Nazari, F., Assareh, M., Nezhad, M. M. (2022). Toward an efficient wax precipitation model: Application of multi-solid

framework and PC-SAFT with focus on heavy end characterization for different crude types. *Fuel*, 310, 122205. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2021.122205>

22. Yang, J., Lu, Y., Daraboina, N., Sarica, C. (2020). Wax deposition mechanisms: Is the current description sufficient? *Fuel*, 275, 117937. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.117937>
23. Alnaimat, F., Ziauddin, M. (2020). Wax deposition and prediction in petroleum pipelines. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 184, 106385. doi: <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2019.106385>
24. Yao, B., Zhao, D., Zhang, Z., Huang, C. (2021). Safety Study on Wax Deposition in Crude Oil Pipeline. *Processes*, 9 (9), 1572. doi: <https://doi.org/10.3390/pr9091572>
25. Hu, Z., Meng, D., Liu, Y., Dai, Z., Jiang, N., Zhuang, Z. (2019). Study of wax deposition law by cold finger device. *Petroleum Science and Technology*, 37 (15), 1846–1853. doi: <https://doi.org/10.1080/10916466.2019.1613431>
26. Yang, T., Fevang, Ø., Christoffersen, K., Ivarrud, E. (2007). LBC Viscosity Modeling of Gas Condensate to Heavy Oil. All Days. doi: <https://doi.org/10.2118/109892-ms>

---

**DOI: 10.15587/1729-4061.2023.286005**  
**IMPROVING THE EFFICIENCY OF CALCIUM HYDROCARBONATE REMOVAL AND REDUCING WATER HARDNESS THROUGH DISCRETE PULSE ENERGY INPUT (p. 28–34)**

**Oleksandr Obodovych**

Institute of Engineering Thermophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-7213-3118>

**Larysa Sablii**

National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Kyiv, Ukraine

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-4217-3535>

**Vitalii Sydorenko**

Institute of Engineering Thermophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-7735-7719>

**Bogdan Tselen**

Institute of Engineering Thermophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-5213-0219>

For municipal water supply systems, industrial enterprises, and thermal plants, the content of mineral impurities in water is regulated, which necessitates the use of technologies for their removal.

The object of study was water from an artesian well, which was treated on a rotor-pulsation apparatus that implements the principle of discrete-pulse energy input in an aeration-oxidizing setup of rotor type.

The effect of the principle of discrete-pulse energy input on the process of extracting calcium bicarbonate from water to reduce its hardness is studied.

It was determined that when treating water in the rotor-pulsation apparatus without adding ammonium hydroxide solution, it is possible to reduce the calcium ions concentration from 77.1 to 57.1 mg/L, and the total hardness from 13.4 to 7.6 mmol/L. It has been proven that the addition of 0.1 wt.% ammonium hydroxide to the treated water and treatment in the rotor-pulsation apparatus at the flow shear rate of  $40 \cdot 10^3 \text{ s}^{-1}$  during 10 cycles allows for to reduce

in the calcium ions concentration by 99.3 % and to reduce the total hardness to 0.16 mmol/L.

This is explained by the formation of a water-air mixture, which, passing through the rotor-pulsation apparatus, is affected by shock waves, interphase turbulence, microcavitation, and vortices, which leads to an increase in the rate of mass transfer of oxygen from the gas phase to the liquid and its transportation by the liquid. At the same time, the structure of water changes with the formation of free hydrogen bonds, which causes its increased activity and reactive capacity.

Water treatment according to the principle discrete-pulse energy input in the rotor-pulsation apparatus is recommended for use in the implementation of a number of chemical softening methods to reduce the consumption of reagents and increase the degree of purification.

**Keywords:** total hardness, calcium carbonate, ammonium hydroxide, hydrogen index, shear rate.

### References

1. Vakkilainen, E. K. (2017). Availability and Reliability. *Steam Generation from Biomass*, 180–202. doi: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-804389-9.00008-3>
2. Martínez Moya, S., Boluda Botella, N. (2021). Review of Techniques to Reduce and Prevent Carbonate Scale. *Prospecting in Water Treatment by Magnetism and Electromagnetism*. *Water*, 13 (17), 2365. doi: <https://doi.org/10.3390/w13172365>
3. Chibowski, E., Szcześ, A. (2018). Magnetic water treatment—A review of the latest approaches. *Chemosphere*, 203, 54–67. doi: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.03.160>
4. Mghaiouini, R., Benzbiria, N., Belghiti, M. E., Belghiti, H. E., Monkade, M., El bouari, A. (2020). Optical properties of water under the action of the electromagnetic field in the infrared spectrum. *Materials Today: Proceedings*, 30, 1046–1051. doi: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.04.518>
5. Kukić, D. V., Šćiban, M. B., Mitrović, B. B., Prodanović, J. M., Vasić, V. M., Ivetić, D. Ž., Antov, M. G. (2012). Possibility of improvement of boiler water treatment process—ion exchange vs. reverse osmosis. *Desalination and Water Treatment*, 51 (1-3), 518–524. doi: <https://doi.org/10.1080/19443994.2012.714860>
6. Brandão, Y. F. F., dos Santos, L. B., de Araújo, G. P., Pedrosa Júnior, L. P., da Costa Neto, B. F., da Silva, R. de C. F. S. et al. (2022). Use of High-Frequency Ultrasound Waves for Boiler Water Demineralization/Desalination Treatment. *Energies*, 15 (12), 4431. doi: <https://doi.org/10.3390/en15124431>
7. Taqvi, S. A., Sohail, M., Uddin, F. (2016). Utilization of Ion-Exchange Technology for Boiler Feed Water Production-Design and Testing. *Chemical Engineering*, 1, 26–35. Available at: [https://www.researchgate.net/publication/309536721\\_Utilization\\_of\\_Ion-Exchange\\_Technology\\_for\\_Boiler\\_Feed\\_Water\\_Production-Design\\_and\\_Testing](https://www.researchgate.net/publication/309536721_Utilization_of_Ion-Exchange_Technology_for_Boiler_Feed_Water_Production-Design_and_Testing)
8. Avdieieva, L. I. (2016). Implementation of the Principle of Discrete-Pulse Energy Input to the Creation of Nanotechnologies for Food Industry. *Science and Innovation*, 12 (4), 11–15. doi: <https://doi.org/10.15407/scine.12.04.011>
9. Dolinskyi, A. A., Obodovych, O. M., Sydorenko, V. V. (2018). Influence of Discrete Pulse Energy Input at Absorption of Oxygen in the Liquid Medium. *Journal of Water Chemistry and Technology*, 40 (6), 354–358. doi: <https://doi.org/10.3103/s1063455x18060073>



10. Dolinskiy, A. A., Obodovich, A. N., Sydorenko, V. V. (2018). Intensification of aeration and mass transfer in wastewater treatment by discrete-pulse energy input. *Thermophysics and Aeromechanics*, 25 (4), 623–630. doi: <https://doi.org/10.1134/s0869864318040145>
11. Obodovych, O., Tselen, B., Sydorenko, V., Ivanytskyi, G., Radchenko, N. (2022). Application of the method of discrete-pulse energy input for water degassing in municipal and industrial boilers. *Acta Periodica Technologica*, 53, 123–130. doi: <https://doi.org/10.2298/apt2253123o>

**DOI: 10.15587/1729-4061.2023.284314**

**INCREASING THE OXIDATIVE STABILITY OF LINSEED OIL (p. 35–40)**

**Natalia Sytnik**

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

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-3970-086X>

**Mykola Korchak**

Higher Educational Institution «Podillia State University», Kamianets-Podilskiy, Ukraine

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-8726-1881>

**Serhii Nekrasov**

Sumy State University, Sumy, Ukraine

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-9157-2829>

**Vitalii Herasymenko**

O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Kharkiv, Ukraine

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-0390-289X>

**Roman Mylostyvyi**

Dnipro State Agrarian and Economic University, Dnipro, Ukraine

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-4450-8813>

**Tetiana Ovsianikova**

National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute”, Kharkiv, Ukraine

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-4916-7189>

**Tetiana Shamota**

National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv polytechnic institute”, Kyiv, Ukraine

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-7228-6883>

**Valentyna Mohutova**

Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, Kyiv, Ukraine

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-5982-2875>

**Nataliia Ofilenko**

Poltava University of Economics and Trade, Poltava, Ukraine

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-9537-6304>

**Inna Choni**

Poltava University of Economics and Trade, Poltava, Ukraine

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-5156-4741>

The object of the research is the process of oxidation of linseed oil at elevated temperature.

Linseed oil is a valuable raw material for the chemical, food, cosmetic and other industries. The use of linseed oil is complicated by intensive oxidation processes associated with a high content of unsaturated fatty acids. Therefore, an important task is to develop and improve methods of oxidative stabilization of linseed oil.

The oxidation process of unrefined linseed oil (CAS Number 8001-26-1) at a temperature of 110 °C in its original form and with the addition of antioxidants was studied. The effect of antioxidant concentrations (tocopherol, butylhydroxyanisole and butylhydroxytoluene) in the mixture on the induction period of linseed oil was found. The induction period was determined by differential scanning calorimetry. The total concentration of the mixture of antioxidants in each experiment was 0.02 %. The induction period of the initial oil was 155.31 min. Rational ratios of antioxidants in the mixture were found: tocopherol: butylhydroxyanisole (50:50) %; tocopherol: butylhydroxytoluene (50:50) %; tocopherol: butylhydroxyanisole: butylhydroxytoluene (33.33:33.33:33.33) %. At the same time, the oil induction periods are 295.7 min., 290.1 min. and 290.2 min., respectively.

The quality indicators of the initial linseed oil and with the addition of the determined rational ratios of antioxidants after 2 hours of aging at a temperature of 110 °C were determined. The peroxide values of the samples were 8.5, 3.2, 3.6, 3.7 ½ O mmol/kg, respectively.

The research results make it possible to introduce antioxidants in the production of linseed oil in rational concentrations. This will help increase the production of linseed oil resistant to oxidation at elevated temperatures, which will provide various industries with high-quality raw materials.

**Keywords:** linseed oil, free-radical process, oxidative stability, induction period, oxidation inhibitor.

**References**

- Juita, Dlugogorski, B. Z., Kennedy, E. M., Mackie, J. C. (2013). Roles of peroxides and unsaturation in spontaneous heating of linseed oil. *Fire Safety Journal*, 61, 108–115. doi: <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2013.07.005>
- Chernukha, A., Teslenko, A., Kovalov, P., Bezuglov, O. (2020). Mathematical Modeling of Fire-Proof Efficiency of Coatings Based on Silicate Composition. *Materials Science Forum*, 1006, 70–75. doi: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/msf.1006.70>
- Slyusar, V., Protsenko, M., Chernukha, A., Melkin, V., Biloborodov, O., Samoilenko, M. et al. (2022). Improving the model of object detection on aerial photographs and video in unmanned aerial systems. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (9 (115)), 24–34. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.252876>
- Teslenko, A., Chernukha, A., Bezuglov, O., Bogatov, O., Kunitsa, E., Kalyna, V. et al. (2019). Construction of an algorithm for building regions of questionable decisions for devices containing gases in a linear multidimensional space of hazardous factors. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (10 (101)), 42–49. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.181668>
- Kovaliova, O., Pivovarov, O., Kalyna, V., Tchoursinov, Y., Kunitisa, E., Chernukha, A. et al. (2020). Implementation of the plasmochemical activation of technological solutions in the process of ecologization of malt production. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (10 (107)), 26–35. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.215160>
- Tariq, M., Qureshi, A. K., Karim, S., Sirajuddin, M., Abbas, N., Imran, M., Shirazi, J. H. (2021). Synthesis, characterization and fuel parameters analysis of linseed oil biodiesel using cadmium oxide nanoparticles. *Energy*, 222, 120014. doi: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.120014>

7. Kovaliova, O., Tchoursinov, Y., Kalyna, V., Koshulko, V., Kunitsia, E., Chernukha, A. et al. (2020). Identification of patterns in the production of a biologically-active component for food products. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (11 (104)), 61–68. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.200026>
8. Varas Condori, M. A., Pascual Chagman, G. J., Barriga-Sanchez, M., Villegas Vilchez, L. F., Ursetta, S., Guevara Pérez, A., Hidalgo, A. (2020). Effect of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) lycopene-rich extract on the kinetics of rancidity and shelf-life of linseed (*Linum usitatissimum* L.) oil. *Food Chemistry*, 302, 125327. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125327>
9. Chernukha, A., Chernukha, A., Ostapov, K., Kurska, T. (2021). Investigation of the Processes of Formation of a Fire Retardant Coating. *Materials Science Forum*, 1038, 480–485. doi: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/msf.1038.480>
10. Chernukha, A., Chernukha, A., Kovalov, P., Savchenko, A. (2021). Thermodynamic Study of Fire-Protective Material. *Materials Science Forum*, 1038, 486–491. doi: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/msf.1038.486>
11. Korchak, M., Bliznjuk, O., Nekrasov, S., Gavrish, T., Petrova, O., Shevchuk, N. et al. (2022). Development of rational technology for sodium glyceroxide obtaining. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (6 (119)), 15–21. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.265087>
12. Petik, I., Belinska, A., Kunitsia, E., Bochkarev, S., Ovsiannikova, T., Kalyna, V. et al. (2021). Processing of ethanol-containing waste of oil neutralization in the technology of hand cleaning paste. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (10 (109)), 23–29. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.225233>
13. Sytnik, N., Kunitsia, E., Mazaeva, V., Chernukha, A., Bezuglov, O., Bogatov, O. et al. (2020). Determination of the influence of natural antioxidant concentrations on the shelf life of sunflower oil. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (11 (106)), 55–62. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.209000>
14. Sytnik, N., Kunitsia, E., Mazaeva, V., Kalyna, V., Chernukha, A., Vazhynskyi, S. et al. (2021). Rational conditions of fatty acids obtaining by soapstock treatment with sulfuric acid. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (6 (112)), 6–13. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.236984>
15. Ghosh, M., Upadhyay, R., Mahato, D. K., Mishra, H. N. (2019). Kinetics of lipid oxidation in omega fatty acids rich blends of sunflower and sesame oils using Rancimat. *Food Chemistry*, 272, 471–477. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.08.072>
16. Korchak, M., Bragin, O., Petrova, O., Shevchuk, N., Strikha, L., Stankevych, S. et al. (2022). Development of transesterification model for safe technology of chemical modification of oxidized fats. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (6 (120)), 14–19. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.266931>
17. de Jesus, J. H. F., Ferreira, A. P. G., Szilágyi, I. M., Cavalheiro, E. T. G. (2020). Thermal behavior and polymorphism of the antioxidants: BHA, BHT and TBHQ. *Fuel*, 278, 118298. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.118298>
18. Faas, N., Röcker, B., Smrke, S., Yeretizian, C., Yildirim, S. (2020). Prevention of lipid oxidation in linseed oil using a palladium-based oxygen scavenging film. *Food Packaging and Shelf Life*, 24, 100488. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2020.100488>
19. Gomes, M. H. G., Kurozawa, L. E. (2021). Influence of rice protein hydrolysate on lipid oxidation stability and physico-chemical properties of linseed oil microparticles obtained through spray-drying. *LWT*, 139, 110510. doi: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110510>
20. Kūka, M., Čakste, I., Kūka, P. (2018). Inhibition of Formation of Conjugated Dienes in Linseed Oil. *Proceedings of the Latvian Academy of Sciences. Section B. Natural, Exact, and Applied Sciences*, 72 (2), 80–84. doi: <https://doi.org/10.2478/prolas-2018-0013>
21. Edimecheva, I. P., Sosnovskaya, A. A., Shadyro, O. I. (2020). The application of natural and synthetic antioxidants to increase the oxidation resistance of linseed oil. *Food Industry: Science and Technology*, 13 (4 (50)), 41–51. doi: [https://doi.org/10.47612/2073-4794-2020-13-4\(50\)-41-51](https://doi.org/10.47612/2073-4794-2020-13-4(50)-41-51)
22. Epaminondas, P. S., Araújo, K. L. G. V., Nascimento, J. A., Souza, A. L., Rosenhaim, R., Souza, A. G. (2014). Assessment of the antioxidant effect of ethanol extract of *Allium sativum* L., isolated and/or synergistically associated with synthetic antioxidants, applied to linseed oil. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 120 (1), 617–625. doi: <https://doi.org/10.1007/s10973-014-3870-8>
23. Prakash, K., Naik, S. N., Yadav, U. (2020). Effects of Sesame Seed Oil (Black /White) as a Natural Antioxidant on the Oxidative and Frying Stability of Linseed Oil. *European Journal of Nutrition & Food Safety*, 133–146. doi: <https://doi.org/10.9734/ejnf/2020/v12i1130329>

---

**DOI: 10.15587/1729-4061.2023.286351**

**EFFECT OF ANODIZING ON ALUMINUM ALLOY 2024 WITH BORIC SULFATE ACID IN MEDIUM 3.5 % NaCl (p. 41–50)**

**Muhammad Zuchry**

Hasanuddin University, Bontomarannu District, Gowa Regency, South Sulawesi, Indonesia

**ORCID:** <https://orcid.org/0009-0000-3399-2315>

**Ilyas Renreng**

Hasanuddin University, Bontomarannu District, Gowa Regency, South Sulawesi, Indonesia

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-2224-5028>

**Hairul Arsyad**

Hasanuddin University, Bontomarannu District, Gowa Regency, South Sulawesi, Indonesia

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-3356-2846>

**Lukmanul Hakim Arma**

Hasanuddin University, Bontomarannu District, Gowa Regency, South Sulawesi, Indonesia

**ORCID:** <https://orcid.org/0009-0002-2502-4191>

The utilization of metal materials finds widespread applications in various industries, including the aircraft industry, where aluminum alloys are commonly employed. However, metal materials are prone to corrosion under specific conditions, necessitating the implementation of corrosion prevention methods to decelerate the material's corrosion rate. Corrosion is a process in which the quality of metal deteriorates due to environmental influences. An effective approach to inhibit corrosion is through anodizing, which involves applying a protective coating to the metal surface, preventing direct contact with the surrounding environment. In this research, the focus was on studying the corrosion rate of aluminum alloy 2024 using Boric Sulfate Acid Anodizing (BSAA) at 10 volts and immersion times of 10, 15, and 20 minutes, followed by sealing with acetic acid in a corrosive environment containing 3.5 % NaCl.

The main goals were to evaluate the effectiveness of anodizing with and without sealing in lowering the rate of aluminum corrosion, to compare the effectiveness of anodizing with and without sealing, and to create adsorption models using Langmuir adsorption. Through the examination of the potentiodynamic approach, it was shown that anodizing had an inhibitory impact that was strengthened by sealing. The maximum efficiency of 76 % was attained after 20 minutes of anodizing and sealing at 10 volts. A correlation value of 0.7487 from the Langmuir adsorption modeling was also obtained, pointing to an advantageous adsorption behavior. This research demonstrates how effectively anodizing for aluminum alloy 2024 works with and without sealing, especially in a 3.5 % NaCl-corrosive environment.

**Keywords:** Langmuir adsorption, aluminum alloy, acetic acid, inhibition efficiency, surface coverage.

### References

- Merisalu, M., Aarik, L., Kozlova, J., Mändar, H., Tarre, A., Sammelselg, V. (2021). Effective corrosion protection of aluminum alloy AA2024-T3 with novel thin nanostructured oxide coating. *Surface and Coatings Technology*, 411, 126993. doi: <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2021.126993>
- Zhang, J., Zhao, X., Zuo, Y., Xiong, J. (2008). The bonding strength and corrosion resistance of aluminum alloy by anodizing treatment in a phosphoric acid modified boric acid/sulfuric acid bath. *Surface and Coatings Technology*, 202 (14), 3149–3156. doi: <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2007.10.041>
- Saeedikhani, M., Javidi, M., Yazdani, A. (2013). Anodizing of 2024-T3 aluminum alloy in sulfuric-boric-phosphoric acids and its corrosion behavior. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*, 23 (9), 2551–2559. doi: [https://doi.org/10.1016/s1003-6326\(13\)62767-3](https://doi.org/10.1016/s1003-6326(13)62767-3)
- Elabar, D., La Monica, G. R., Santamaria, M., Di Quarto, F., Skeldon, P., Thompson, G. E. (2017). Anodizing of aluminium and AA 2024-T3 alloy in chromic acid: Effects of sulphate on film growth. *Surface and Coatings Technology*, 309, 480–489. doi: <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2016.11.108>
- Covelo, A., Rodil, S., Nóvoa, X. R., Hernández, M. (2022). Development and characterization of sealed anodizing as a corrosion protection for AA2024-T3 in saline media. *Materials Today Communications*, 31, 103468. doi: <https://doi.org/10.1016/j.mtcomm.2022.103468>
- Miramontes, J. C., Gaona Tiburcio, C., García Mata, E., Esneider Alcála, M. Á., Maldonado-Bandala, E., Lara-Banda, M. et al. (2022). Corrosion Resistance of Aluminum Alloy AA2024 with Hard Anodizing in Sulfuric Acid-Free Solution. *Materials*, 15 (18), 6401. doi: <https://doi.org/10.3390/ma15186401>
- Schindelholz, E. J., Melia, M. A., Rodelas, J. M. (2021). Corrosion of Additively Manufactured Stainless Steels—Process, Structure, Performance: A Review. *Corrosion*, 77 (5), 484–503. doi: <https://doi.org/10.5006/3741>
- Ofoegbu, S. U., Fernandes, F. A. O., Pereira, A. B. (2020). The Sealing Step in Aluminum Anodizing: A Focus on Sustainable Strategies for Enhancing Both Energy Efficiency and Corrosion Resistance. *Coatings*, 10 (3), 226. doi: <https://doi.org/10.3390/coatings10030226>
- Wilcox, G. D., Walker, D. E. (2013). Chemical Conversion Coatings. *Encyclopedia of Tribology*, 359–366. doi: [https://doi.org/10.1007/978-0-387-92897-5\\_1004](https://doi.org/10.1007/978-0-387-92897-5_1004)
- Zhang, L., Thompson, G. E., Curioni, M., Skeldon, P. (2013). Anodizing of Aluminum in Sulfuric Acid/Boric Acid Mixed Electrolyte. *Journal of The Electrochemical Society*, 160 (4), C179–C184. doi: <https://doi.org/10.1149/2.032306jes>
- Chamidy, H. N., Ngatin, A., Rosyadi, A. F., Julviana, A., Noviyani, N. (2023). Effect of voltage on the thickness of oxide layer at aluminum alloys for structural bonding using phosphoric sulfuric acid anodizing (PSA) process. *International Journal of Mechanical Engineering Technologies and Applications*, 4 (1), 69–76. doi: <https://doi.org/10.21776/mechta.2023.004.01.8>
- Raffin, F., Echouard, J., Volovitch, P. (2023). Influence of the Anodizing Time on the Microstructure and Immersion Stability of Tartaric-Sulfuric Acid Anodized Aluminum Alloys. *Metals*, 13 (5), 993. doi: <https://doi.org/10.3390/met13050993>
- Zuchry, M., Renreng, I., Arsyad, H., Arma, L. H., Widyianto, A. (2023). Sealing effect on corrosion resistance of boric sulfuric acid anodizing on AA2024. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (6 (122)), 43–52. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.277961>
- Naief, T. M., Rashid, K. H. (2011). Comparative Study for Anodizing Aluminum Alloy 1060 by Different Types of Electrolytes Solutions. *Engineering & Technology*. Available at: [https://www.researchgate.net/publication/295911313\\_Comparative\\_Study\\_for\\_Anodizing\\_Aluminum\\_Alloy\\_1060\\_by\\_Different\\_Types\\_of\\_Electrolytes\\_Solutions](https://www.researchgate.net/publication/295911313_Comparative_Study_for_Anodizing_Aluminum_Alloy_1060_by_Different_Types_of_Electrolytes_Solutions)
- Zarras, P., Stenger-Smith, J. D. (2015). Smart Inorganic and Organic Pretreatment Coatings for the Inhibition of Corrosion on Metals/Alloys. *Intelligent Coatings for Corrosion Control*, 59–91. doi: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-411467-8.00003-9>
- Wan, Y., Wang, H., Zhang, Y., Wang, X., Li, Y. (2018). Study on Anodic Oxidation and Sealing of Aluminum Alloy. *International Journal of Electrochemical Science*, 13 (2), 2175–2185. doi: <https://doi.org/10.20964/2018.02.78>
- Hou, F., Hu, B., Tay, S. L., Wang, Y., Xiong, C., Gao, W. (2017). A new, bright and hard aluminum surface produced by anodization. *International Journal of Modern Physics B*, 31 (16-19), 1744029. doi: <https://doi.org/10.1142/s0217979217440295>
- Collazo, A., Ezpeleta, I., Figueroa, R., Nóvoa, X. R., Pérez, C. (2020). Corrosion protection properties of anodized AA2024T3 alloy sealing with organic-based species. *Progress in Organic Coatings*, 147, 105779. doi: <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2020.105779>
- Paz Martínez-Viademonte, M., Abrahimi, S. T., Hack, T., Burchardt, M., Terryn, H. (2020). A Review on Anodizing of Aerospace Aluminum Alloys for Corrosion Protection. *Coatings*, 10 (11), 1106. doi: <https://doi.org/10.3390/coatings10111106>
- Merino, E., Durán, A., Ceré, S., Castro, Y. (2022). Hybrid Epoxy-Alkyl Sol–Gel Coatings Reinforced with SiO<sub>2</sub> Nanoparticles for Corrosion Protection of Anodized AZ31B Mg Alloy. *Gels*, 8 (4), 242. doi: <https://doi.org/10.3390/gels8040242>
- Aghaei, M., Anbia, M., Salehi, S. (2022). Measurements and modeling of CO<sub>2</sub> adsorption behaviors on granular zeolite 13X: Impact of temperature and time of calcination on granules properties in granulation process using organic binders. *Environmental Progress & Sustainable Energy*, 41 (5). doi: <https://doi.org/10.1002/ep.13866>
- Hafeznezami, S., Zimmer-Faust, A. G., Dunne, A., Tran, T., Yang, C., Lam, J. R. et al. (2016). Adsorption and desorption of arsenate on sandy sediments from contaminated and uncontaminated saturated

zones: Kinetic and equilibrium modeling. *Environmental Pollution*, 215, 290–301. doi: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.05.029>

23. Jedli, H., Jbara, A., Hedfi, H., Bouzgarrou, S., Slimi, K. (2017). Carbon dioxide adsorption isotherm study on various cap rocks in a batch reactor for CO<sub>2</sub> sequestration processes. *Applied Clay Science*, 136, 199–207. doi: <https://doi.org/10.1016/j.clay.2016.11.022>
24. Fedel, M., Franch, J., Rossi, S. (2021). Effect of thickness and sealing treatments on the corrosion protection properties of anodic oxide coatings on AA5005. *Surface and Coatings Technology*, 408, 126761. doi: <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2020.126761>
25. Wang, R., Wang, L., He, C., Lu, M., Sun, L. (2019). Studies on the sealing processes of corrosion resistant coatings formed on 2024 aluminium alloy with tartaric-sulfuric anodizing. *Surface and Coatings Technology*, 360, 369–375. doi: <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2018.12.092>

---

**DOI: 10.15587/1729-4061.2023.285183**  
**IDENTIFYING THE INFLUENCE OF EXPANDED CLAY CONCRETE BASED ON A BINDER FROM PHOSPHORUS SLAG ON THE STRENGTH OF STRUCTURES FROM LEAKED CONCRETE (p. 51–58)**

**Bakirov Keles**

Caspian University,  
Almaty, Republic of Kazakhstan

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-2991-408X>

**Akmaral Sagybekova**

Kazakh Automobile and Road Institute named after L. B. Goncharov (KazADI),  
Almaty, Republic of Kazakhstan

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-5679-5816>

**Abiyev Bakhytzhana**

Kazakh Automobile and Road Institute named after L. B. Goncharov (KazADI),  
Almaty, Republic of Kazakhstan

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-0010-9116>

**Ainash Karashina**

Kazakh Automobile and Road Institute named after L. B. Goncharov (KazADI),  
Almaty, Republic of Kazakhstan

**ORCID:** <https://orcid.org/0009-0006-8687-1297>

**Akmaral Nurakhova**

Kazakh Automobile and Road Institute named after L. B. Goncharov (KazADI),  
Almaty, Republic of Kazakhstan

**ORCID:** <https://orcid.org/0009-0001-5349-7896>

The paper presents the results of experimental studies of concrete and compressed reinforced concrete elements from cementless claydite-concrete. An experimental study of reinforced concrete elements with central and eccentric application of forces was carried out to determine their increased sensitivity. The construction material is cementless expanded clay concrete, obtained by a mixture of finely divided granular electrothermophosphorus slag. The tests were carried out on reinforced concrete compressed elements with central and eccentric application of longitudinal force to determine their bearing capacity. According to the test results, the strength and deformation properties of new concrete on a glass-slag binder and the calculation of reinforced concrete structures are checked.

The selection of compositions of glass-slag claydite-concrete of various grades has been made. The use of concrete with a clinker-free binder in construction makes it possible to reduce the need for a scarce building material – cement.

Studies of the physical and mechanical properties of glass-slag expanded clay concrete grades M50+M150 with a bulk density of 1,000–1,400 kg/m<sup>3</sup> were carried out under a short-term static load. At the same time, the strength and deformation properties of glass-slag expanded clay concrete were studied under short-term action of compressive and tensile loads.

The use of any new building material must be preceded by a comprehensive study of it – determination of its strength properties, study of concrete in the structure under load, etc.

Building codes and regulations are adopted for the standard construction material, the properties of aggregates are not taken into account. Our studies show that the properties of fillers increase the strength properties of the structure when using claydite concrete on a glass-slag binder in reinforced concrete structures.

**Keywords:** electrothermophosphoric, slag-alkaline binder, liquid glass, clinker-free binder, synergetic interaction, strength study.

#### References

1. Maarup, S. N., Hamdan, R., Othman, N., Al-Gheethi, A., Alkhadher, S., El-Hady, M. M. A., Saeed, S. E.-S. (2023). Steel Slag and Limestone as a Rock Filter for Eliminating Phosphorus from Domestic Wastewater: A Pilot Study in a Warm Climate. *Water*, 15 (4), 657. doi: <https://doi.org/10.3390/w15040657>
2. Xiao, Y., Ju, X., Li, C., Wang, T., Wu, R. (2023). Research on Recycling of Phosphorus Tailings Powder in Open-Graded Friction Course Asphalt Concrete. *Materials*, 16 (5), 2000. doi: <https://doi.org/10.3390/ma16052000>
3. Yeon, J. H., Lee, H. J., Yeon, J. (2020). Deformability in Unsaturated Polyester Resin-Based Concrete: Effects of the Concentration of Shrinkage-Reducing Agent and Type of Filler. *Materials*, 13 (3), 727. doi: <https://doi.org/10.3390/ma13030727>
4. Kovler, K., Zhutovsky, S. (2012). Crack Resistance and Durability-Related Properties of Internally Cured High-Strength/High-Performance Concrete. 3rd International Conference on the Durability of Concrete Structures. Queen's University Belfast. Available at: [https://www.researchgate.net/publication/286521231\\_Crack\\_resistance\\_and\\_durability-related\\_properties\\_of\\_internally\\_cured\\_high-strengthhigh-performance\\_concrete](https://www.researchgate.net/publication/286521231_Crack_resistance_and_durability-related_properties_of_internally_cured_high-strengthhigh-performance_concrete)
5. Wang, P., Jiao, M., Hu, C., Tian, L., Zhao, T., Lei, D., Fu, H. (2020). Research on Bonding and Shrinkage Properties of SHCC-Repaired Concrete Beams. *Materials*, 13 (7), 1757. doi: <https://doi.org/10.3390/ma13071757>
6. Cho, C.-G., Lee, S.-J. (2021). Inelastic Responses and Finite Element Predictions of Fiber Cementitious Composite and Concrete Columns. *Materials*, 14 (9), 2180. doi: <https://doi.org/10.3390/ma14092180>
7. Samchenko, S., Krivoborodov, Y. (2019). Improving crack resistance of concrete when using expanding cements. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 687 (2), 022039. doi: <https://doi.org/10.1088/1757-899x/687/2/022039>
8. Khan, M. I., Abbas, Y. M., Fares, G. (2017). Review of high and ultrahigh performance cementitious composites incorporating various combinations of fibers and ultrafines. *Journal of King Saud*



- University - Engineering Sciences, 29 (4), 339–347. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jksues.2017.03.006>
9. Bakirov, K. K., Esenbaeva, A. N. (2014). Local compressive strength of cementless expanded clay concrete. Materials of the X International Scientific and Practical Conference “Science before Europe - 2014”. Vol. 30. Ecology. Geography and Geology. Przemysl, 102–105.
  10. Sagybekova, A., Kiyalbay, S., Belov, A., Kiyalbayev, A., Tursumbekova, K. (2022). Comparison of test results to determine the parameters of soil strength to ensure the stability of earth slopes. EUREKA: Physics and Engineering, 6, 3–11. doi: <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2022.002691>
  11. Bek, A. A. (2019). Observations of deformations of engineering structures with the help of modern high-precision geodetic devices. AD Alta: Journal of Interdisciplinary Research.
  12. Yessentay, D. (2021). Reliability criterion for calculation of the optimum driving speed on road in winter. International Journal of GEOMATE, 21 (83). doi: <https://doi.org/10.21660/2021.83.j2115>
  13. Zhussupbekov, A., Tulebekova, A., Zhumadilov, I., Zhankina, A. (2020). Tests of Soils on Triaxial Device. Key Engineering Materials, 857, 228–233. doi: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/kem.857.228>
  14. Baikov, V. N., Sigalov, E. E. (2018). Reinforced concrete structures. Textbook for high schools. Moscow.
  15. Lightweight concrete on porous aggregates. Methods for determining strength and volumetric weight. Government Standard 11050-64.
  16. Building codes and regulations 2.03.01-84\*. Design standards. Concrete and reinforced concrete structures.
  17. Glukhovskiy, V. D. (Ed.) (2005). Slag-alkaline concretes on fine-grained aggregates. Kyiv.
  18. Gvozdeva, A. A. (Ed.) (2018). New in the design of concrete and reinforced concrete structures. Moscow.

АНОТАЦІЇ  
TECHNOLOGY ORGANIC AND INORGANIC SUBSTANCES**DOI: 10.15587/1729-4061.2023.286349****ІДЕНТИФІКАЦІЯ СТАБІЛІЗОВАНИХ ПРИ НИЗЬКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ СКЛАДУ ПАЛИВ З БУТАНОЛУ, БЕНЗИНУ І ВОДИ (с. 6–17)****Hanny Sangian, Dini Lestari, Guntur Pasau, Gerald Tamuntuan, Arief Widjaja, Ronny Purwadi, Silvya Agnesty, Bayu Sadjab, Messiah Sangian, Ramli Thahir**

Метою роботи було ідентифікувати склади паливної суміші бутанолу, бензину та води, що утворюють стійкі емульсії при низьких температурах. Попередні дослідження показали, що для змішування бутанолу та бензину зазвичай використовуються синтетичні поверхнево-активні речовини, які є дорогими та змішуються при кімнатній температурі. Важливо проаналізувати стійкість речовини в широкому діапазоні температур, оскільки вона істотно змінюється на поверхні планети. Ця робота була успішною для змішування бутанолу, бензину та води в стабільну емульсію без використання поверхнево-активної речовини та стабілізовану при кімнатній температурі. Композиції бутанолу, бензину (RONs 90) і води, емульговані і стабілізовані при низьких температурах без синтетичних поверхнево-активних речовин, були успішно досліджені. Було виявлено, що водний бутанол і бензин утворюють стабільну емульсію при низьких температурах і виявлено, що фаза розділяється, якщо температура знижується. Склад чистого бутанолу, бензину та води, зареєстрований у стабільних емульсіях з використанням бутанолу 85,00 %, коливався від 75,08–79,24 %, 6,77–11,67 % та 13,25–13,98 % відповідно, змішаних при температурах 0,00–29,70 °C. Використання бутанолу 99,50 % викликало зміну складу, зафіксовану при 0,71–11,34 %, 88,61–99,29 % і 0,00–0,06 % суміші при 0,00–29,00 °C. Було виявлено, що збільшення процентного вмісту бутанолу в паливі після того, як емульсія стала стабільною, призводило до того, що емульсія зберігала одну фазу. Знайдене емульсійне паливо буде застосовуватися до термомодифікованих двигунів, що працюють у широкому діапазоні температур, які були нижчими кімнатної.

**Ключові слова:** сумішеві палива, бутанол-бензин-вода, стійка при низьких температурах емульсія, поділ фаз, не поверхнево-активна речовина.

**DOI: 10.15587/1729-4061.2023.281657****РЕАЛІЗАЦІЯ РОЗРАХУНКУ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПЛАВЛЕННЯ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ОСАДЖЕННЯ ВОСКУ (с. 18–27)****Jamilyam Ismailova, Aibek Abdulkarimov, Arman Kabdushev, Bakhytzhana Taubayev**

Відкладення парафіну на стінках труб є однією із складних проблем забезпечення потоку, яка викликає зниження і повне блокування дебітів нафти за рахунок зменшення площі поперечного перерізу потоку в трубопроводах. Крім того, поверхневі споруди вимагають більшого споживання енергії та виходу з ладу споруд через забивання воском.

Ефективне проектування процесів видобутку нафти вимагає адекватного прогнозування термодинамічних умов, у яких парафін може випадати в осад із сирої нафти, залежно від тиску, температури та складу нафти.

У цьому документі модифіковані температури плавлення та застигання були представлені на основі опису рідини. Інші властивості плавлення, такі як ентальпія плавлення, ентальпія переходу в твердому стані та теплоємність плавлення, були розраховані для модифікації моделі з кількома твердими речовинами для прогнозування осадження воску.

Запропоновані модифіковані рівняння для температур плавлення та застигання показали надійну узгодженість з експериментальними даними, заснованими на аналізі SARA, і продемонстрували більш точні результати порівняно з літературними даними.

Щоб обґрунтувати запропоновану модель, застосовано порівняльний підхід між літературними, експериментальними та даними, отриманими на основі запропонованих рішень.

Детальний опис нафтових родовищ Республіки Казахстан (РК), компоненти від  $C_1$  до  $C_{36+}$  були використані під час цього дослідження, і найбільш важливі компоненти, які мають тенденцію утворювати парафінові опади, були побудовані на графіку, який показав зростаючу точність 11 % для температури плавлення та 7 % для температури застигання порівняно з літературними даними.

Як наслідок, запропоновані модифіковані рішення для властивостей плавлення продемонстрували гарну узгодженість з літературою, і отримані результати модифікацій можуть бути використані для подальших досліджень твердої моделі випадіння воску.

**Ключові слова:** властивості плавлення, температура плавлення, температура твердого тіла, осадження воску.

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.286005

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИДАЛЕННЯ ГІДРОКАРБОНАТУ КАЛЬЦІЮ ТА ЗМЕНШЕННЯ ЖОРСТКОСТІ ВОДИ ЗА РАХУНОК ДИСКРЕТНО-ІМПУЛЬСНОГО ВВЕДЕННЯ ЕНЕРГІЇ (с. 28–34)**

О. М. Ободович, Л. А. Саблій, В. В. Сидоренко, Б. Я. Цельнь

Для муніципальних систем водопостачання, промислових підприємств та теплових станцій вміст у воді мінеральних домішок регламентується, що обумовлює необхідність застосування технологій для їх видалення.

Об'єктом досліджень була вода з артезіанської свердловини, що піддавалась обробленню на роторно-пульсаційному апараті з принципом ДІВЕ в аераційно-окислювальній установці роторного типу.

Досліджено вплив принципу дискретно-імпульсного введення енергії на процес вилучення з води гідрокарбонату кальцію для зниження її жорсткості.

Визначено, що при обробці води в роторно-пульсаційному апараті без додавання розчину гідроксиду амонію можна знизити вміст іонів кальцію з 77,1 до 57,1 мг/дм<sup>3</sup>, а загальну жорсткість – з 6,7 до 3,8 °Ж. Доведено, що додавання до води, що обробляється, гідроксиду амонію в кількості 0,1 мас% і її обробки в роторно-пульсаційному апараті при швидкості зсуву потоку  $40 \cdot 10^3 \text{ c}^{-1}$  протягом 10 циклів обробки дозволяє знизити вміст іонів кальцію на 99,3 %, а загальну жорсткість зменшити до 0,08 °Ж. Це пояснюється утворенням водоповітряної суміші, яка, проходячи крізь роторно-пульсаційний апарат, зазнає впливу ударних хвиль, міжфазної турбулентності, мікрокавітації та вихорів, що призводить до збільшення швидкості масоперенесення кисню з газової фази в рідину і його транспортування рідиною. Одночасно відбувається і зміна структури води з утворенням вільних водневих зв'язків, що зумовлює її підвищену активність та реагентну спроможність. Обробку води за принципом дискретно-імпульсного введення енергії в роторно-пульсаційному апараті рекомендовано використовувати при реалізації низки хімічних методів пом'якшення для зменшення витрати реагентів та підвищення ступеня очищення.

**Ключові слова:** загальна жорсткість, карбонат кальцію, гідроксид амонію, водневий показник, швидкість зсуву.

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.284314

**ПІДВИЩЕННЯ ОКИСЛЮВАЛЬНОЇ СТАБІЛЬНОСТІ ЛЛЯНОЇ ОЛІЇ (с. 35–40)**

Н. С. Ситнік, М. М. Корчак, С. С. Некрасов, В. А. Герасименко, Р. В. Милостивий, Т. О. Овсяннікова, Т. В. Шамота, В. Ф. Могутова, Н. О. Офіленко, І. В. Чоні

Об'єктом дослідження є процес окислення лляної олії за підвищеної температури.

Лляна олія є цінною сировиною для хімічної, харчової, косметичної та інших галузей промисловості. Застосування лляної олії ускладнюється інтенсивними процесами окислення, пов'язаними з високим вмістом ненасичених жирних кислот. Отже, важливим завданням є розробка та удосконалення способів окислювальної стабілізації лляної олії.

Досліджено процес окислення олії лляної нерафінованої (CAS Number 8001-26-1) за температури 110 °С у початковому вигляді та з додаванням антиоксидантів. Встановлено вплив концентрацій антиоксидантів (токоферолу, бутилгідроксианізолу та бутилгідрокситолуолу) у суміші на період індукції лляної олії. Період індукції визначено методом диференційної скануючої калориметрії. Сумарна концентрація суміші антиоксидантів у кожному досліді складала 0,02 %. Період індукції початкової олії склав 155,31 хв. Встановлено раціональні співвідношення антиоксидантів у суміші: токоферол: бутилгідроксианізол (50:50) %; токоферол: бутилгідрокситолуол (50:50) %; токоферол: бутилгідроксианізол: бутилгідрокситолуол (33,33:33,33:33,33) %. При цьому періоди індукції олії складають 295,7 хв. 290,1 хв. та 290,2 хв. відповідно.

Встановлено показники якості лляної олії початкової та з додаванням визначених раціональних співвідношень антиоксидантів після 2 год. витримки за температури 110 °С. Пероксидні числа зразків склали 8,5; 3,2; 3,6; 3,7 ½ О ммоль/кг відповідно.

Результати досліджень дають можливість внесення антиоксидантів при виробництві лляної олії в раціональних концентраціях. Це сприятиме збільшенню виробництва лляної олії, стійкої до окислення за підвищених температур, що забезпечить різні галузі промисловості якісною сировиною.

**Ключові слова:** лляна олія, вільнорадикальний процес, окислювальна стабільність, період індукції, інгібітор окислення.

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.286351

**ВПЛИВ АНОДУВАННЯ АЛЮМІНІЄВОГО СПЛАВУ 2024 СУЛЬФАТНОЮ БОРНОЮ КИСЛОТОЮ В СЕРЕДОВИЩІ 3,5 % NaCl (с. 41–50)**

Muhammad Zuchry, Ilyas Renreng, Hairul Arsyad, Lukmanul Hakim Arma

Використання металевих матеріалів знаходить широке застосування в різних галузях промисловості, в тому числі в авіабудуванні, де широко використовуються алюмінієві сплави. Однак металеві матеріали схильні до корозії за певних умов, що вимагає впровадження методів запобігання корозії, щоб уповільнити швидкість корозії матеріалу. Корозія – це процес, під час якого якість металу погіршується через вплив зовнішнього середовища. Ефективним підходом до запобігання корозії є анодування, яке

передбачає нанесення захисного покриття на металеву поверхню, що запобігає прямому контакту з навколишнім середовищем. У цьому дослідженні основна увага була зосереджена на вивченні швидкості корозії алюмінієвого сплаву 2024 за допомогою анодування борною сульфатною кислотою (BSAA) при 10 вольтгах і часу занурення 10, 15 і 20 хвилин з подальшим ущільненням оцтовою кислотою в корозійному середовищі, що містить 3,5 % NaCl. Основними цілями були оцінити ефективність анодування з ущільненням і без нього для зниження швидкості корозії алюмінію, порівняти ефективність анодування з ущільненням і без нього, а також створити моделі адсорбції з використанням ленгмюрівської адсорбції. Завдяки дослідженню потенціодинамічного підходу було показано, що анодування мало гальмівний вплив, який був посилений герметизацією. Максимальна ефективність 76 % була досягнута після 20 хвилин анодування та герметизації при 10 вольтгах. Також було отримано кореляційне значення 0,7487 з моделювання ленгмюрівської адсорбції, що вказує на вигідну поведінку адсорбції. Це дослідження демонструє, наскільки ефективно працює анодування алюмінієвого сплаву 2024 з ущільненням і без нього, особливо в корозійному середовищі з 3,5 % NaCl.

**Ключові слова:** ленгмюрівська адсорбція, алюмінієвий сплав, оцтова кислота, ефективність інгібування, покриття поверхні.

---

**DOI: 10.15587/1729-4061.2023.285183**

## **ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ КЕРАМЗИТОБЕТОНУ НА ОСНОВІ В'ЯЖУЧОГО З ФОСФОРНОГО ШЛАКУ НА МІЦНІСТЬ КОНСТРУКЦІЙ З НЕГЕРМЕТИЧНОГО БЕТОНУ (с. 51–58)**

**Bakirov Keles, Akmaral Sagybekova, Abiyev Bakhytzhana, Karashina Ainash Ruslanovna, Nurakhova Akmaral**

У роботі представлені результати експериментальних досліджень бетонних та стислих залізобетонних елементів з безцементного керамзитобетону. Проведено експериментальне дослідження залізобетонних елементів з центральним та ексцентричним застосуванням зусиль для визначення їх підвищеної чутливості. Будівельним матеріалом є безцементний керамзитобетон, отриманий із суміші дрібнодисперсного гранульованого електротермофосфорного шлаку. Випробування проводилися на залізобетонних стиснутих елементах з центральним та ексцентричним застосуванням поздовжнього зусилля для визначення їх несучої здатності. За результатами випробувань перевіряються міцнісні та деформаційні властивості нового бетону на основі склошлакового в'язучого та розрахунок залізобетонних конструкцій.

Зроблено підбір складів склошлакового керамзитобетону різних марок. Використання бетону з бесклінкерним в'язким у будівництві дозволяє знизити потребу у дефіцитному будівельному матеріалі – цементі.

Дослідження фізико-механічних властивостей склошлакового керамзитобетону марок M50+M150 насипною щільністю 1000–1400 кг/м<sup>3</sup> проводилися при короткочасному статичному навантаженні. При цьому вивчалися міцнісні та деформаційні властивості склошлакового керамзитобетону при короткочасному впливі стискаючих і розтягуючих навантажень.

Використанню будь-якого нового будівельного матеріалу має передувати його комплексне дослідження – визначення міцнісних властивостей, вивчення бетону в конструкції під навантаженням тощо.

Для стандартного будівельного матеріалу прийняті будівельні норми та правила, властивості наповнювачів не враховуються. Результати даного дослідження показують, що властивості наповнювачів підвищують міцнісні властивості конструкції при використанні керамзитобетону на основі склошлакового в'язучого в залізобетонних конструкціях.

**Ключові слова:** електротермофосфорне, шлаколувне в'язуче, рідке скло, бесклінкерне в'язуче, синергетична взаємодія, дослідження міцності.