



MATERIALS SCIENCE

DOI: 10.15587/2706-5448.2020.218410

EFFECT OF SULFATE ION ENVIRONMENT ON PHYSICAL AND MECHANICAL DURABILITY OF CEMENT PRODUCTS MODIFIED BY CELLULOSE ETHERS

pages 6–12

Kovalenko Yuriy, Assistant, Department of Chemical Technology of Composite Materials, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine, email: kovalenko91993@gmail.com, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0714-3816>

Klymenko Anatolii, PhD, Senior Researcher, Department No. 28 «Welding of Gas and Oil Pipelines», E. O. Paton Electric Welding Institute of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine, e-mail: Aklimenko@meta.ua, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9148-8221>

Tokarchuk Vladimir, PhD, Associate Professor, Department of Chemical Technology of Composite Materials, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine, e-mail: tokarchuk.volodya@ukr.net, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8620-954X>

Sviderskyi Valentyn, Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Chemical Technology of Composite Materials, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine, e-mail: xtkm@kpi.ua, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5956-6987>

The object of research is organic additives of methylhydroxyethyl cellulose of medium and high viscosity, namely, their nature of the effect on the physical and mechanical durability under the destructive action of various sulfate-ionic media. The need to study the nature of the effect of this additive on resistance to aggressive media is also associated mainly with the expansion of the range of building mixtures to create competitive products without losing product quality and to improve the mechanical and rheological properties.

In the course of the study, cellulose ethers of medium (17000–23000 mPa·s) and high (20000–30000 mPa·s) viscosity were used. Additives were added to the cement in the amount of 0.25, 0.5 and 0.75 wt. %. It was found that the introduction of cellulose ether into cement leads to an increase in the normal density of the dough and an extension of the setting time of solutions, in turn, affects the process of strength gain of the latter, in comparison with control samples without additives. With the introduction of the additive, the rate of water separation of the mixtures also significantly decreases, indicating the water-retention capacity of the additive. For the concentration of additives in the amount of 0.25 wt. %. This decrease is 2 times less than for control samples. For a concentration of 0.5–0.75 wt. % water loss is reduced by 3 times compared to samples without additive. Significant changes also occur during the early strength gain of the samples with an increase in the additive concentration. The destructive effect of an aggressive sulfate medium was determined by the change in compressive strength. With prolonged exposure to an aggressive environment on control and test samples, it is noted that

the introduction of this additive of organic origin negatively affects the strength characteristics of cement mixtures with cellulose ethers with an increase in the additive content. The above results indicate the advisability of using cellulose ethers of medium viscosity in dry building mixtures as such, which will provide the necessary storage time for the fluidity of the solution and sufficient strength of the final material.

Keywords: dry building mixtures, methyl hydroxyethyl cellulose, normal density, setting time, water separation, aggressive environment.

References

1. Rynok sukhykh budivelnykh sumishei: stan ta prohnozy (infografika) (2019). *Budivelnyi portal No. 1*. Available at: <http://budport.com.ua/news/13193-rinok-suhih-budivelnih-sumishey-stan-ta-prohnozi-infografika>
2. Dry Mix Mortar Market Share 2020-2026 (2019). *Industry Statistics PDF Report*. Available at: <https://www.gminsights.com/industry-analysis/dry-mix-mortar-market>
3. Wan, I. R. (2002). Advanced Dry Mortar Technology for Construction Industry. *Professional Services Development Assistance Scheme*, 1–19.
4. Rasheeduzzafar, Al-Amoudi, O. S. B., Abduljawwad, S. N., Maslehuddin, M. (1994). Magnesium-Sodium Sulfate Attack in Plain and Blended Cements. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 6 (2), 201–222. doi: [http://doi.org/10.1061/\(asce\)0899-1561\(1994\)6:2\(201\)](http://doi.org/10.1061/(asce)0899-1561(1994)6:2(201))
5. Al-Amoudi, O. S. B., Maslehuddin, M., Saadi, M. M. (1955). Effect of magnesium sulfate sodium on the durability performance of plain and blended cements. *ACI Materials Journal*, 92 (1), 15–24. doi: <http://doi.org/10.14359/1173>
6. Al-Amoudi, O. S. B. (1995). Performance of 15 reinforced concrete mixtures in magnesium-sodium sulphate environments. *Construction and Building Materials*, 9 (3), 149–158. doi: [http://doi.org/10.1016/0950-0618\(95\)00007-3](http://doi.org/10.1016/0950-0618(95)00007-3)
7. Al-Amoudi, O. S. B. (1998). Sulfate attack and reinforcement corrosion in plain and blended cements exposed to sulfate environments. *Building and Environment*, 33 (1), 53–61. doi: [http://doi.org/10.1016/s0360-1323\(97\)00022-x](http://doi.org/10.1016/s0360-1323(97)00022-x)
8. Behr, M., Rosentritt, M., Loher, H., Kolbeck, C., Trempler, C., Stemplinger, B. et. al. (2008). Changes of cement properties caused by mixing errors: The therapeutic range of different cement types. *Dental Materials*, 24 (9), 1187–1193. doi: <http://doi.org/10.1016/j.dental.2008.01.013>
9. Libos, I. L. S., Cui, L. (2020). Effects of curing time, cement content, and saturation state on mode-I fracture toughness of cemented paste backfill. *Engineering Fracture Mechanics*, 235, 107174. doi: <http://doi.org/10.1016/j.engfracmech.2020.107174>
10. Soja, W., Georget, F., Maraghechi, H., Scrivener, K. (2020). Evolution of microstructural changes in cement paste during environmental drying. *Cement and Concrete Research*, 134, 106093. doi: <http://doi.org/10.1016/j.cemconres.2020.106093>
11. Balčiūnas, G., Pundienė, I., Boris, R., Kairyte, A., Žvironaitė, J., Gargasas, J. (2018). Long-term curing impact on properties, mineral composition and microstructure of hemp shive-cement composite. *Construction and Building Materials*, 188, 326–336. doi: <http://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.08.126>
12. John, V. M., Quattrone, M., Abrão, P. C. R. A., Cardoso, F. A. (2019). Rethinking cement standards: Opportunities for a better future. *Cement and Concrete Research*, 124, 105832. doi: <http://doi.org/10.1016/j.cemconres.2019.105832>

13. Kovalenko, Y., Tokarchuk, V., Poliuha, V. (2020). The effect of methyl hydroxyethyl cellulose on the cement matrix properties. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (6 (105)), 28–33. doi: <http://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.205347>
14. Omikrine Metalssi, O., Ait-Mokhtar, A., Ruot, B. (2014). Influence of cellulose ether on hydration and carbonation kinetics of mortars. *Cement and Concrete Composites*, 49, 20–25. doi: <http://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2014.01.011>
15. Spychał, E. (2015). The Effect of Lime and Cellulose Ether on Selected Properties of Plastering Mortar. *Procedia Engineering*, 108, 324–331. doi: <http://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.06.154>
16. Zhang, G., He, R., Zhao, G., Wang, Y., Wang, P. (2017). Effect of Hydroxyethyl Methyl Cellulose on the Morphology Characteristics of Ca(OH)₂ in Portland Cement Paste. *Jianzhu Cailiao Xuebao. Journal of Building Materials*, 20 (4), 495–500.
17. Ou, Z. H., Ma, B. G., Jian, S. W. (2012). Influence of cellulose ethers molecular parameters on hydration kinetics of Portland cement at early ages. *Construction and Building Materials*, 33, 78–83. doi: <http://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2012.01.007>
18. Ma, Y., Qian, J. (2018). Influence of alkali sulfates in clinker on the hydration and hardening of Portland cement. *Construction and Building Materials*, 180, 351–363. doi: <http://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.05.196>
19. Zhang, G., Wang, P. (2014). Study of hydration process of cement paste modified with hydroxyethyl methyl cellulose by AC impedance spectroscopy. *Jianzhu Cailiao Xuebao/Journal of Building Materials*, 17 (1), 9–14. doi: <http://doi.org/10.3969/j.issn.1007-9629.2014.01.002>
20. Wang, Z., Zhao, Y., Zhou, L., Xu, L., Diao, G., Liu, G. (2019). Effects of hydroxyethyl methyl cellulose ether on the hydration and compressive strength of calcium aluminate cement. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 140 (2), 545–553. doi: <http://doi.org/10.1007/s10973-019-08820-6>
21. Ou, Z. H., Ma, B. G., Jian, S. W. (2013). Pore Structure of Cement Pastes Modified by Non-ionic Cellulose Ethers. *Journal of Building Materials*, 16 (1), 121–126. doi: <http://doi.org/10.3969/j.issn.1007-9629.2013.01.023>
22. Djuric, M., Ranogajec, J., Omorjan, R., Miletic, S. (1996). Sulfate corrosion of portland cement-pure and blended with 30 % of fly ash. *Cement and Concrete Research*, 26 (9), 1295–1300. doi: [http://doi.org/10.1016/0008-8846\(96\)00127-5](http://doi.org/10.1016/0008-8846(96)00127-5)
23. Bérodiér, E. M. J., Muller, A. C. A., Scrivener, K. L. (2020). Effect of sulfate on C-S-H at early age. *Cement and Concrete Research*, 138, 106248. doi: <http://doi.org/10.1016/j.cemconres.2020.106248>

TECHNOLOGY AND SYSTEM OF POWER SUPPLY

DOI: 10.15587/2706-5448.2020.217780

APPROVAL OF THE TECHNOLOGY OF CARBON DIOXIDE INJECTION INTO THE V-16 WATER DRIVEN RESERVOIR OF THE HADIACH FIELD (UKRAINE) UNDER THE CONDITIONS OF THE WATER PRESSURE MODE

pages 13–18

Krivulya Serhii, PhD, Director of Branch of JSC Ukrgasvydobuvannya, Ukrainian Scientific-Research Institute of Natural Gas, Kharkiv, Ukraine, e-mail: skrivulya@ndigas.com.ua, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2005-1828>

Matkivskiyi Serhii, Postgraduate Student, Department of Petroleum Production, Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, Ukraine; Head of Hydrocarbon Fields Development Planning Department, Ukrainian Scientific-Research Institute of Natural Gas, Kharkiv, Ukraine, e-mail: matkivskiyi.sergey@ndigas.com.ua, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4139-1381>

Kondrat Oleksandr, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Department of Petroleum Production, Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, Ukraine, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4406-3890>

Bikman Efim, Deputy Director for Oil and Gas Development, Ukrainian Scientific-Research Institute of Natural Gas, Kharkiv, Ukraine, e-mail: bikman.efim@ndigas.com.ua, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9781-7954>

The object of research is water-driven gas-condensate reservoirs. Using the main hydrodynamic modeling tools Eclipse and Petrel from Schlumberger (USA), the study was carried out to improve the existing technologies for the dis-

placement of residual gas reserves by carbon dioxide from the water-driven gas-condensate reservoirs. The carbon dioxide injection technology was tested in the V-16 reservoir of the Hadiach oil and gas condensate field (Ukraine). According to the study results, it was found that due to the injection of non-hydrocarbon gas, the cumulative water production are reduced compared to the depletion. Based on the obtained modeling results, the calculation of the predicted hydrocarbon recovery factors at the moment of carbon dioxide breakthrough into the production well was carried out according to the cumulative formation water production. According to the calculations, it was found that the implementation of the enhanced gas recovery technology provides significantly higher ultimate hydrocarbon recovery compared to the depletion. The predicted gas recovery factor when injecting carbon dioxide into the V-16 reservoir increases by 2.95 % of the residual gas reserves, and the condensate recovery factor for these conditions by 1.24 %. Based on the study results, the technological efficiency of using carbon dioxide as an injection agent to increase the hydrocarbon recovery from water-driven reservoirs was established. According to the simulation results, the implementation of the technology of carbon dioxide injection into the V-16 reservoir of the Hadiach oil and gas condensate field can significantly increase the hydrocarbon recovery from the deposit, thereby increasing the production capacity of the field.

Keywords: 3D model of the field, gas condensate reservoir, water drive, residual gas, carbon dioxide injection.

References

1. Kondrat, R. M. (1992). *Gazokondensatootdacha plastov*. Moscow: Nedra, 255.
2. Matkivskiyi, S. V., Kovalchuk, S. O., Burachok, O. V., Kondrat, O. R., Khaidarova, L. I. (2020). Doslidzhennia vplyvu neznachnoho proiavu vodonapirnoi systemy na dostovirnist materialnoho balansu kolektoriv. *Rozvidka ta rozrobka naftovykh i hazovykh rodovyshch*, 2 (75), 43–51.

3. Rassokhin, G. V. (1997). *Zavershaiuschaia stadiia razrabotki gazovykh i gazokondensatnykh mestorozhdenii*. Moscow: Nedra, 184.
4. Boiko, V. S., Boiko, R. V., Kebe, L. M., Seminskyi, O. V. (2006). *Obvodnennia hazovykh i naftovykh sverdlvoyn*. Kyiv: Mizhnarodna ekonomichna fundatsiia, 791.
5. Geffen, T. M., Parrish, D. R., Haynes, G. W., Morse, R. A. (1952). Efficiency of Gas Displacement From Porous Media by Liquid Flooding. *Journal of Petroleum Technology*, 4 (2), 29–38. doi: <http://doi.org/10.2118/952029-g>
6. Knapp, R. M., Henderson, J. H., Dempsey, J. R., Coats, K. H. (1968). Calculation of Gas Recovery Upon Ultimate Depletion of Aquifer Storage. *Journal of Petroleum Technology*, 20 (10), 1129–1132. doi: <http://doi.org/10.2118/1815-pa>
7. Rassokhin, G. V., Leontev, I. A., Petrenko, V. I. et. al. (1973). *Vliianie obvodnennia mnogoplastovykh gazovykh i gazokondensatnykh mestorozhdenii na ikh razrabotku*. Moscow: Nedra, 264.
8. Rzaee, M., Rostami, B., Mojarad, M. (2013). Experimental Determination of Optimized Production Rate and its Upscaling Analysis in Strong Water Drive Gas Reservoirs. *International Petroleum Technology Conference held in Beijing*, 1–11. doi: <http://doi.org/10.2523/IPTC-16938-Abstract>
9. Anikeev, D. P., Zakirov, S. N., Kondrat, A. R. (2013). Vozmozhnosti uvelicheniia KIG pri razrabotke zalezhei gaza s podoshvennoi vodoi. *Gazovaia promyshlennost*, 9 (695), 51–53.
10. Zakirov, S. N., Indrupskii, I. M., Zakirov, E. S. et. al. (2004). *Novye printsipy i tekhnologii razrabotki mestorozhdenii nefi i gaza. Ch. 2*. Moscow-Izhevsk: Institut kompiuternykh tekhnologii, 484.
11. Zakirov, S. N., Zakirov, I. S., Batanova, M. N. et. al. (2004). *Novye printsipy i tekhnologii razrabotki mestorozhdenii nefi i gaza. Ch. 1*. Moscow-Izhevsk: Institut kompiuternykh tekhnologii, 520.
12. Sim, S. S. K., Turta, A. T., Singhal, A. K., Hawkins, B. F. (2009). Enhanced Gas Recovery: Effect of Reservoir Heterogeneity on Gas-Gas Displacement. *Canadian International Petroleum Conference*. Calgary. doi: <http://doi.org/10.2118/2009-023>
13. Sim, S. S. K., Brunelle, P., Turta, A. T., Singhal, A. K. (2008). Enhanced Gas Recovery and CO₂ Sequestration by Injection of Exhaust Gases From Combustion of Bitumen. *SPE Symposium on Improved Oil Recovery*. Tulsa. doi: <http://doi.org/10.2118/113468-MS>
14. Jikich, S. A., Smith, D. H., Sams, W. N., Bromhal, G. S. (2003). Enhanced Gas Recovery (EGR) with Carbon Dioxide Sequestration: A Simulation Study of Effects of Injection Strategy and Operational Parameters. *SPE Eastern Regional Meeting*. Pittsburgh. doi: <https://doi.org/10.2118/84813-ms>
15. Kondrat, O., Matkivskiy, S. (2020). Research of the influence of the grid density of injection wells on the gas extraction coefficient when injecting carbon dioxide into reservoir. *Technology Audit and Production Reserves*, 5 (1 (55)), 12–17. doi: <http://doi.org/10.15587/2706-5448.2020.215074>
16. Matkivskii, S. V., Kondrat, O. R. (2020). Vpliv trivalosti periodu nagnitannia dioksidu vuglestsiu na gazoviluchennia v umovakh proiavu vodonapirnogo rezhimu. *Study of modern problems of civilization*. Oslo, 135–139.
17. Ogolo, N. A., Isebor, J. O., Onyekonwu, M. O. (2014). Feasibility Study of Improved Gas Recovery by Water Influx Control in Water Drive Gas Reservoirs. *SPE Nigeria Annual International Conference and Exhibition*. Lagos. doi: <http://doi.org/10.2118/172364-ms>
18. Aziz, K., Settari, A. (1979). *Petroleum Reservoir Simulation*. London: Applied Science Publishers, 135–139.
19. Crichlow, H. B. (1977). *Modern Reservoir Engineering – A Simulation Approach*. New Jersey: Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, 354.
20. Matkivskii, S. V., Kondrat, O. R. (2020). Vpliv trivalosti periodu nagnitannia azotu v produktivni pokladi na kharakter prosuvannia plastovoi vodi. *About the problems of science and practice, tasks and ways to solve them*. Milan, 137–140.
21. Ancell, K. L., Manhart, T. A. (1987). Secondary Gas Recovery from a Water-Drive Gas Reservoir: A Case Study. *SPE Annual Technical Conference and Exhibition*. Dallas. doi: <http://doi.org/10.2118/16944-MS>
22. Cruz Lopez, J. A. (2000). Gas Injection As A Method For Improved Recovery In Gas-Condensate Reservoirs With Active Support. *SPE International Petroleum Conference and Exhibition in Mexico*. Villahermosa. doi: <http://doi.org/10.2118/58981-MS>
23. Khan, C., Amin, R., Madden, G. (2012). Economic Modelling of CO₂ Injection for Enhanced Gas Recovery and Storage: A Reservoir Simulation Study of Operational Parameters. *Energy and Environment Research*, 2 (2). doi: <http://doi.org/10.5539/eer.v2n2p65>
24. Tiwari, S., Suresh Kumar, M. (2001). Nitrogen Injection for Simultaneous Exploitation of Gas Cap. *SPE Middle East Oil Show*. Manama. doi: <http://doi.org/10.2118/68169-MS>
25. Burachok, O. V., Pershyn, D. V., Matkivskiy, S. V., Bikman, Ye. S., Kondrat, O. R. (2020). Osoblyvosti vidtvorennia rivniannia stanu hazokondensatnykh sumishei za umovy obmezhenoi vkhidnoi informatsii. *Rozvidka ta rozrobka naftovykh i hazovykh rodovyshch*, 1 (74), 82–88.

DOI: 10.15587/2706-5448.2020.218358

ANALYSIS OF ROCKET FUELS AND PROBLEMS OF THEIR APPLICATION ON THE EXAMPLE OF UKRAINE

pages 19–27

Trofimov Igor, PhD, Associate Professor, Department of Chemistry and Chemical Technology, National Aviation University, Kyiv, Ukraine, e-mail: troffi@ukr.net, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5539-1166>

Boichenko Sergii, Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Chemistry and Chemical Technology, National Aviation University, Kyiv, Ukraine, e-mail: chemmotology@ukr.net, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2489-4980>

Shamanskyi Sergii, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Senior Researcher, Research Department, National Aviation University, Kyiv, Ukraine, e-mail: shamanskiy_s_i@ukr.net, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6215-3438>

The object of research is the problems of rocket fuel application, the state of art and prospects. These problems are characteristic of almost the entire range of brands of modern rocket fuels suitable for application. These are problems with the basic physic-chemical and operational properties, technical requirements for the quality of rocket fuel, problems with the functioning of the refueling infrastructure, as well as ensuring the purity of rocket fuels.

Given the ban on the use of highly toxic poisonous rocket fuels based on nitric acid, there is a problem of replacing them with less toxic. This problem is aggravated by the lack of production of their own petroleum-based hydrocarbon rocket fuels in many countries. In general, it leads to acute problems with the supplying spacecraft and rocket carriers with rocket fuels. In particular, such a problem arises in Ukraine with Ukrainian-made missiles.

The constant attention to the problem of the aviation and rocket fuels quality results from many factors. The research has used a comprehensive approach to fuel quality assessment,

analysis of world experience, synthesis of results and retrospectives, historical-evolutionary and logical approach. High level of fuels purity provides high reliability, safety of flights, increases technical resource of engine units. Therefore, expenses for achievement and maintenance of necessary level of purity of fuel and working liquids are quite justified.

The result of the research is a classification of liquid rocket fuels based on their component composition and chemical structure. Requirements to energy, kinetic, operational characteristics, ecological and economic properties of liquid rocket fuels (LRF) are formulated. Given the unsatisfactory environmental conditions, the use of kerosene as a rocket fuel is more relevant compared to heptyl rocket fuel. Jet fuels T-1, T-6, T-8B are well suited for space technology of many countries, but very few countries can produce them. Purchasing in neighboring countries is not always possible for a number of reasons. Comparative analysis shows that liquid rocket fuel RP-1 in most respects is an analogue of jet fuel T-1 and T-6 and can be used as a substitute for rocket carriers. However, the problem of development of standards and regulations on quality control of LRF during their storage and operation is not solved. In particular, there is no clear regulation for the process of refueling LRF missiles at low temperatures. There are no regulations on the content of free and dissolved water and mechanical impurities in the LRF, unlike aviation fuels.

One of the promising types of rocket fuels are hydrogen fuel cells. The results of the research can be applied in the field of spacecraft operation, as well as refueling infrastructure and cleanliness of rocket fuels. The research results can also be used by chemical experts, specialists in the field of operation of refueling and storage of LRF.

Keywords: liquid rocket fuel, rocket carrier, refueling object, fuel tank, fuel purity, fuel cell.

References

- Pokonova, Iu. V. (1980). *Khimiia vysokomolekuliarnykh soedinenii nefi*. Leningrad: Izd-vo LGU, 172.
- Koval, A. D., Petrochenkov, V. G. (2005). Issledovanie reologicheskikh svoystv nefi do i posle kavitatsionnoi obrabotki. *Promislova gidravlika i pnevmatika*, 2 (8), 29–32.
- Lozitskii, L. P., Vetrov, A. M. (1992). *Konstruktivna i prochnost aviatsionnykh gazoturbinykh dvigatelei*. Moscow: Vozdushnii transport, 735.
- Matvieieva, O. L., Zakharchuk, P. P., Zakharchuk, V. P. (2005). Doslidzhennia zabrudnenosti ridyn hidrosistem litakiv. *Promislova hidravlika i pnevmatika*, 2 (8), 36–42.
- Wilson, P. J. (1992). Solid Contaminant profiles. *Fluid Power International*, 37 (439), 19–22.
- Nikitin, G. A., Chirkov, S. V. (1996). *Vlianie zagriaznennosti zhidkosti na nadezhnost gidrosistem letatelnykh apparatov*. Moscow: Transport, 183.
- Bratkov, A. A., Seregin, E. P., Gorenkov, A. F. et al.; Bratkova, A. A. (Eds.) (1987). *Khimmotologiya raketnykh i reaktivnykh topliv*. Moscow: Khimiia, 304.
- Pelin, G., Stoica, C., Pelin, C.-E., Balasa, R. (2020). High concentration hydrogen peroxide for rocket fuel applications. *Incas Bulletin*, 12 (3), 151–157. doi: <http://doi.org/10.13111/2066-8201.2020.12.3.12>
- Kirchdoerfer, T., Ortiz, M., Stewart, D. S. (2019). Topology Optimization of Solid Rocket Fuel. *AIAA Journal*, 57 (4), 1684–1690. doi: <http://doi.org/10.2514/1.j057807>
- Byers, M., Byers, C. (2017). Toxic splash: Russian rocket stages dropped in Arctic waters raise health, environmental and legal concerns. *Polar Record*, 53 (6), 580–591. doi: <http://doi.org/10.1017/s0032247417000547>
- Carlsen, L., Kenesova, O. A., Batyrbekova, S. E. (2007). A preliminary assessment of the potential environmental and human health impact of unsymmetrical dimethylhydrazine as a result of space activities. *Chemosphere*, 67 (6), 1108–1116. doi: <http://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2006.11.046>
- Carlsen, L., Kenesov, B. N., Batyrbekova, S. Y. (2009). A QSAR/QSTR study on the human health impact of the rocket fuel 1,1-dimethyl hydrazine and its transformation products. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 27 (3), 415–423. doi: <http://doi.org/10.1016/j.etap.2009.01.005>
- Bimaganbetova, A. O., Uteulin, K. R., Atygaev, A. B., Fedorina, O. A., Stepanova, Y. Y., Bekeshev, Y. C. (2020). Ecological Modelling Research of Transformations of Unsymmetrical Dimethylhydrazine and N-Nitrodimehylamine. *Systematic Review Pharmacy*, 11 (6), 179–181. doi: <http://doi.org/10.31838/srp.2020.6.28>
- Zhubatov, Z., Stepanova, Y., Fedorina, O., Agapov, O., Toktar, M., Atygayev, A. (2019). Experimental study of nature of plant contamination by rocket fuel – heptyl. *19th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2019*, 19, 373–380. doi: <http://doi.org/10.5593/sgem2019/5.2/s20.046>
- Movchan, Ya. I., Sharavara, V. V. (2014). Ekolohichna nebezpeka heokhimichnoi povedinky raketnykh palyv. *Naukovi pratsi. Tekhnohenna bezpeka*, 223 (221), 53–57.
- Popova, L. S., Fedorov, L. A., Vagner, S. Ia. (2008). *Problemy ekologicheskoi opasnosti primeniia geptila – sverkh toksichnogo raketnogo topliva. Khronika sobytii*. Perm, 45.
- Rodin, I. A., Moskvina, D. N., Smolenkov, A. D., Shpigun, O. A. (2008). Prevrashcheniia nesimmetrichnogo dimetilgidrazina v pochvakh. *Zhurnal fizicheskoi khimii*, 82 (6), 1039–1044.
- Instruktsiia z kontroliuvannia yakosti nafty i naftoproduktiv na pidpriemstvakh i orhanizatsiakh Ukrainy* (2007). Nakaz Minpalyvenerho Ukrainy, Derzhspozhyvstandartu Ukrainy No. 271/121. 04.06.2007. Available at: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=60829
- Instruktsiia z zabezpechennia zapravleniia povitrianykh suden palyvno-mastylnymy materialamy i tekhnichnymy ridynamy na pidpriemstvakh tsyvilnoho aviatsiynoho transportu Ukrainy* (2006). Nakaz Derzhavnoi sluzhby Ukrainy z nahliadu za zabezpechenniam bezpeky aviatsii No. 416. 14.06.2006. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0416629-06#Text>
- GOST R ISO 15859-7-2010. Raketnoe toplivo na osnove gidrazina (Chast 1: toplivo vysokoi chistoty: spetsialnoe proizvodstvo so stroгим kontrolem kolichestva primesei)*. Available at: <http://vsegost.com/Catalog/50/50837.shtml>
- GOST R ISO 15859-5-2010. Sistemy kosmicheskie. Kharakteristiki, otbor prob i metody analiza tekuchikh sred. Chast 5. Raketnoe toplivo na osnove tetroksida azota*. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/gost-r-iso-15859-5-2010>
- Panin, V. V., Varenik, A. V. (2014). Ochyshchennia vid zabrudnen palyv dlia hazoturbinykh dvyhuniv. *Naukoiemni tekhnologii*, 1 (21), 6–10.
- Trofimov, I. L., Zubchenko, A. N., Kolomeic, A. F. (2012). Development of plant for treatment of working liquids used for process purposes. *Systems and means of motor transport (selected problems)*. Rzeszow: Politechnika Rzeszowska, 295–301.
- Ruamchat, K., Thawesaengskulthai, N., Pongpanich, C. (2017). Development of Quality Management System Under ISO 9001:2015 and Joint Inspection Group (JIG) for Aviation Fuelling Service. *Management and Production Engineering Review*, 8 (3), 50–59. doi: <http://doi.org/10.1515/mper-2017-0028>
- ISO 15859-7:2004. Space systems – Fluid characteristics, sampling and test methods – Part 5: Nitrogen tetroxide propellants*. Available at: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:15859:-5:ed-1:v1:en>

ALTERNATIVE AND RENEWABLE ENERGY SOURCES

DOI: 10.15587/2706-5448.2020.220269

COMPLEX MATHEMATICAL MODELING OF HEAT PUMP POWER SUPPLY BASED ON WIND-SOLAR NETWORK ELECTRICAL SYSTEM

pages 28–33

Chaikovskaya Eugene, PhD, Senior Researcher, Associate Professor, Department of Theoretical, General and Alternative Energy, Odessa National Polytechnic University, Odessa, Ukraine, e-mail: eechaikovskaya@gmail.com, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5663-2707>

The object of research is to support the functioning of a heat pump power supply based on a grid-type wind-solar electric system using hybrid solar collectors.

One of the most problematic areas is the harmonization of energy production and consumption in the context of distributed energy generation using renewable sources. Connecting to Smart Grid technologies will prevent the peak load of the power system in conditions of voltage regulation when connecting the heat pump power supply.

An integrated system has been developed to support the operation of heat pump power supply based on predicting changes in the temperature of local water when measuring voltage from hybrid solar collectors at the input to the grid inverter, voltage at the output of the frequency converter and voltage frequency. The adoption of advanced decisions to maintain the temperature of local water by changing the power of the electric motor of the heat pump compressor is based on establishing the ratio of the voltage at the input to the grid inverter and the voltage at the output of the frequency converter are measured. The change in the refrigerant flow rate according to the frequency control of the electric motor of the heat pump compressor occurs in accordance with the change in the thermal power of the low-potential energy source – the lower section of the two-section storage tank connected to hybrid solar collectors. The architecture, the mathematical substantiation of the architecture of the technological system, the mathematical substantiation of supporting the functioning of the heat pump power supply are proposed. The basis of the technological system is a dynamic subsystem, which includes the following components: wind power plants, photovoltaic solar panels, hybrid solar collectors, grid inverter, two-section storage tank, heat pump, frequency converter. The operating parameters of the heat pump system, the parameters of heat exchange in the condenser of the heat pump, the time constants and coefficients of the mathematical model of the dynamics of the temperature of local water for the established levels of functioning are determined according to the coordination of production and consumption of energy.

Keywords: wind-solar power system, photovoltaic solar panels, hybrid solar collectors, heat pump, grid inverter.

References

- Bondarchuk, A. (2019). Study into predicted efficiency of the application of hybrid solar collectors to supply energy to multi-apartment buildings. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (8 (100)), 69–77. doi: <http://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.174502>
- Shahriari, M., Blumsack, S. (2018). The capacity value of optimal wind and solar portfolios. *Energy*, 148, 992–1005. doi: <http://doi.org/10.1016/j.energy.2017.12.121>
- Li, Y., Yang, W., He, P., Chen, C., Wang, X. (2019). Design and management of a distributed hybrid energy system through smart contract and blockchain. *Applied Energy*, 248, 390–405. doi: <http://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.04.132>
- Saad, A. A., Faddel, S., Mohammed, O. (2019). A secured distributed control system for future interconnected smart grids. *Applied Energy*, 243, 57–70. doi: <http://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.03.185>
- Perera, A. T. D., Nik, V. M., Wickramasinghe, P. U., Scartezini, J.-L. (2019). Redefining energy system flexibility for distributed energy system design. *Applied Energy*, 253, 113572. doi: <http://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.113572>
- Mak, D., Choem, D., Choi, D.-H. (2020). Sensitivity analysis of volt-VAR optimization to data changes in distribution networks with distributed energy resources. *Applied Energy*, 261, 114331. doi: <http://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.114331>
- Xiqiao, L., Yukun, L., Xianhong, B. (2019). Smart grid service evaluation system. *Procedia CIRP*, 83, 440–444. doi: <http://doi.org/10.1016/j.procir.2019.04.138>
- Chaikovskaya, E. (2017). Development of energy-saving technology to support functioning of the lead-acid batteries. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (8 (88)), 56–64. doi: <http://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.108578>
- Chaikovskaya, E. (2019). Development of energy-saving technology to maintain the functioning of a wind-solar electrical system. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (8 (100)), 57–68. doi: <http://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.174099>
- Dincer, I., Rosen, M. A., Ahmadi, P. (2017). Modeling and Optimization of Heat Pump Systems. *Optimization of Energy Systems*, 183–198. doi: <http://doi.org/10.1002/9781118894484.ch6>
- Underwood, C. P. (2016). Heat pump modelling. *Advances in Ground-Source Heat Pump Systems*, 387–421. doi: <http://doi.org/10.1016/b978-0-08-100311-4.00014-5>
- Li, Y., Yu, J. (2016). Theoretical analysis on optimal configurations of heat exchanger and compressor in a two-stage compression air source heat pump system. *Applied Thermal Engineering*, 96, 682–689. doi: <http://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2015.11.132>
- Matuska, T., Sourek, B., Sedlar, J. (2016). Heat Pump System Performance with PV System Adapted Control. *Proceedings of EuroSun2016*. doi: <http://doi.org/10.18086/eurosun.2016.08.06>
- Yan, G., Bai, T., Yu, J. (2016). Energy and exergy efficiency analysis of solar driven ejector–compressor heat pump cycle. *Solar Energy*, 125, 243–255. doi: <http://doi.org/10.1016/j.solener.2015.12.021>
- Van Leeuwen, R. P., Gebhardt, I., de Wit, J. B., Smit, G. J. M. (2016). A Predictive Model for Smart Control of a Domestic Heat Pump and Thermal Storage. *Proceedings of the 5th International Conference on Smart Cities and Green ICT Systems*. doi: <http://doi.org/10.5220/0005762201360145>
- Chaikovskaya, E. (2020). Development of Smart Grid technology for maintaining the functioning of a biogas cogeneration system. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (8 (105)), 56–68. doi: <http://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.205123>
- Jiang, S. (2017). Air-Source Heat Pump Systems. *Handbook of Energy Systems in Green Buildings*, 1–44. doi: http://doi.org/10.1007/978-3-662-49088-4_2-1
- Rees, S. J. (2016). An introduction to ground-source heat pump technology. *Advances in Ground-Source Heat Pump Systems*, 1–25. doi: <http://doi.org/10.1016/b978-0-08-100311-4.00001-7>

19. Suzuki, M., Yoneyama, K., Amemiya, S., Oe, M. (2016). Development of a Spiral Type Heat Exchanger for Ground Source Heat Pump System. *Energy Procedia*, 96, 503–510. doi: <http://doi.org/10.1016/j.egypro.2016.09.091>
20. Chaikovskaya, E. (2018). Development of energy-saving technology for maintaining the functioning of heat pump power supply. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (8 (94)), 13–24. doi: <http://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.139473>

REPORTS ON RESEARCH PROJECTS

DOI: 10.15587/2706-5448.2020.218171

IMPROVEMENT OF THE CONTROL PROCESS OF THE HEAT TREATMENT OF IRON ORE PELLETS IN THE PREHEATING AREA OF THE CONVEYOR-TYPE ROASTING MACHINE

pages 34–39

Mytrofanov Oleksandr, Postgraduate Student, Department of Automation, Computer Science and Technology, Kryvyi Rih National University, Kryvyi Rih, Ukraine, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4093-8223>, e-mail: mitrofanov.322@gmail.com

The object of research is the process of heat treatment of iron ore pellets. To study it, a technological zone of preheating of a conveyor-type roasting machine was used. Technological process control is performed on the basis of fuzzy and incomplete information about the state of this zone. One of the main requirements regarding the functioning of the technological preheating zone is to ensure the regulatory values of the thermal and gas modes when changing the speed of movement of the conveyor belt carts. Efficiency improvement of control of these modes is provided thanks to the automatic control system, implemented on the basis of fuzzy and incomplete information on the state of the technological parameters of the zone.

In the course of the study, the analysis of scientific and technical information was carried out and the analytical method determined the importance of improving the process of controlling the thermal process of processing iron ore pellets in the technological preheating zone. On the basis of experimental studies, the features of the technological process have been taken into account, it requires the improvement of the process of controlling the operation of the technological preheating zone. The mathematical model uses the temperature of the coolant of the gas-air flow, the flow rate of natural gas and air, the temperature of the pellet bed and their mass on the carriages of the conveyor belt of the machine. At the same time, the output technological parameters of the drying zone and the input parameters of the firing zone are taken into account.

On the basis of solving systems of fuzzy functions and the principles of parametric identification, a mathematical model is proposed that approximates the dynamics of the thermal process of processing iron ore pellets in the technological preheating zone. The characteristics of transient processes of heat treatment of pellets obtained on mathematical models are analyzed taking into account the variable parameters of the adjacent technological zones of the machine, the consumption of natural gas and air. On the basis of mathematical modeling, studies have been carried out to determine the optimal distribution of the coolants of the gas-air flow over the technological preheating zone. The hardware and software for the automatic control system for the heat treatment of pellets taking into account the variable parameters of the

coolants of the gas-air flows in the technological preheating zone has been implemented.

Keywords: conveyor-type roasting machine, iron ore pellets, technological preheating zone, heat treatment, fuzzy logic.

References

- Iurev, B. P., Spirin, N. A., Sheshukov, O. Iu., Goltsev, V. A., Shevchenko, O. I., Metelkin, A. A. (2018). *Razrobotka tekhnologii dlia proizvodstva zhelezorudnykh okatyshei s vysokimi metallurgicheskimi svoistvami*. Nizhnii Tagil: NTI (filial) UrFU, 172.
- Kopot, N. N., Vorobev, A. B., Goncharov, S. S., Butkarev, A. A., Butkarev, A. P. (2010). Comparison of Heating Systems in Conveyor Roasting Machines. *Stal*, 3, 8–13.
- Lobov, V. Y., Yefymenko, L. I., Tykhanskyi, M. P. (2020). Fuzzy control of the heat treatment of iron ore pellets in the drying zone of a conveyor-type roasting machine. *Journal of Kryvyi Rih National University*, 50, 179–186. doi: <http://doi.org/10.31721/2306-5451-2020-1-50-179-186>
- Lobov, V. I., Kotliar, M. O. (2015). Temperature distribution model of the iron ore pellets layer inside the combustion chamber of the belt kiln burning zone. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 2, 109–117.
- Krivososov, V. A., Pirmatov, D. S. (2013). Povyshenie effektivnosti upravleniia obzhigom okatyshei v konveiernoi obzhigovoi mashine. *Materialy nauchno-tekhnicheskoi konferentsii informatsionnye tekhnologii v metallurgii i mashinostroenii*. Dnepropetrovsk: NatsMetAU, 50–52.
- Lobov, V., Lobova, K., Koltiar, M. (2015). Investigation of temperature distribution along the height of the layer of pellets on conveyor roasting machine. *Metallurgical and Mining Industry*, 4, 34–38.
- Krivososov, V. A., Pirmatov, D. S. (2013). Optimizatsiia rezhima termoobrabotki okatyshei v ASU TP konveiernoi obzhigovoi mashiny. *Inzhenernii vestnik Dona*, 3. Available at: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n3v2013/1754>
- Burakov, M. V., Kononov, A. S. (2011). Sintez nechetkikh logicheskikh regulatorov. *Informatsionno-upravliaiuschie sistemy*, 1, 22–27.
- Lobov, V. Y., Lobova, K. V. (2017). Nechitke upravlinnia rezhymom termichnoi obrobky zalizorudnykh kotuniv na konveiernii mashyni. *Visnyk Pryazovskoho derzhavnoho tekhnichnoho universytetu. Seriia: Tekhnichni nauky*, 34, 182–191. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vpdy_2017_34_28
- Barati, M. (2008). Dynamic simulation of pellet induration process in straight-grate system. *International Journal of Mineral Processing*, 89 (1-4), 30–39. doi: <http://doi.org/10.1016/j.minpro.2008.09.008>
- Panic, B., Janiszewski, K. (2014). Model investigations 3D of gas-powder two-phase flow in descending packed bed in metallurgical shaft furnaces. *Metallurgija*, 53, 331–334.
- Molodetska, K. V., Suhoniak, I. I., Shevchuk, M. M. (2013). Model pidsystemy pidtrymky pryiniattia rishen z upravlinnia rukhom transportu na reholovanykh perekhrestiakh na bazi aparatu nechitkoi lohiky. *Sistemy ozbroiennia i viiskova tekhnika*, 2 (34), 128–131.

13. Yevsina, N. O. (2016). *SynteZ nechtikoho rehuliatora dlia systemy upravlinnia protsesom sushinnia kapilarno-porystykh materialiv*. Kharkiv, 21.
14. Hariri Asli, K., Ogli Aliyev, S. A., Thomas, S., Gopakumar, D. A. (Eds.) (2017). *Handbook of Research for Fluid and Solid Mechanics: Theory, Simulation, and Experiment*. CRC Press, 312. doi: <http://doi.org/10.1201/9781315365701>
15. Chaudhuri, A., Mandaviya, K., Badelia, P., K Ghosh, S. (2017). *Optical Character Recognition Systems for Different Languages with Soft Computing*. Springer. doi: <http://doi.org/10.1007/978-3-319-50252-6>
16. Yanase, J., Triantaphyllou, E. (2019). The seven key challenges for the future of computer-aided diagnosis in medicine. *International Journal of Medical Informatics*, 129, 413–422. doi: <http://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2019.06.017>
17. Sariyildiz, E., Ohnishi, K. (2013). Analysis the robustness of control systems based on disturbance observer. *International Journal of Control*, 86 (10), 1733–1743. doi: <http://doi.org/10.1080/00207179.2013.795663>
18. Arakelov, O., Goncharenko, B. (2018). Synthesis of modal regulators with an observer of Luangberger of a state object. *Suchasni metody, informatsiine, prohramne ta tekhnichne zabezpechennia system keruвання orhanizatsiino-tekhnichnyy ta tekhnologichnyy kompleksamy*. Kyiv: NUKhT, 229.

DOI: 10.15587/2706-5448.2020.220320

INVESTIGATION OF MECHANICAL CHARACTERISTICS OF MATERIALS BASED ON REFRACTORY BORIDES

pages 40–44

Prikhna Tetiana, Doctor of Technical Science, Professor, Corresponding member of National Academy of Sciences of Ukraine, Head of Department of High-Pressure Technologies, Functional Ceramic Composites and Disperse Superhard Materials, V. Bakul Institute for Superhard Materials of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine, e-mail: prikhna@ukr.net, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1621-0681>

Lokatkina Anastasiia, Postgraduate Student, Department of High-Pressure Technologies, Functional Ceramic Composites and Disperse Superhard Materials, V. Bakul Institute for Superhard Materials of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine, e-mail: aslokatkina@gmail.com, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6778-117X>

Moshchil Viktor, Senior Researcher, Department of High-Pressure Technologies, Functional Ceramic Composites and Disperse Superhard Materials, V. Bakul Institute for Superhard Materials of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine, e-mail: vik_ism@ukr.net, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2147-067X>

Barvitskiy Pavlo, Junior Research, Department of High-Pressure Technologies, Functional Ceramic Composites and Disperse Superhard Materials, V. Bakul Institute for Superhard Materials of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine, e-mail: barvitskp@gmail.com, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7594-8619>

Borimsky Oleksandr, Leading Researcher, Department of High-Pressure Technologies, Functional Ceramic Composites and Dis-

perse Superhard Materials, V. Bakul Institute for Superhard Materials of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine, e-mail: lab7@ism.kiev.ua, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3104-4976>

Ponomaryov Semyon, Junior Researcher, Department of Optics and Spectroscopy for Electrical and Electrical Materials, V. E. Lashkaryov Institute of Semiconductor Physics of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine, e-mail: s.s.ponomaryov@gmail.com, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4548-4275>

Haber Richard, Professor, Co-Director, Ceramic, Composite and Optical Materials Center, Department of Materials Science and Engineering, Rutgers, The State University of New Jersey, New Brunswick, USA, e-mail: rhaber1@rci.rutgers.edu, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0399-2530>

Talako Tatiana, Leading Researcher, State Scientific Institution «Powder Metallurgy Institute», Minsk, Belarus, e-mail: talako@tut.by, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3156-105X>

The object of research is the effect of sintering under pressure (10 MPa–4.1 GPa) on the formation of the structure and properties of ZrB₂, HfB₂, and composites on their bases. It has been found that high pressure consolidation results in an improvement of mechanical characteristics. In particular, the hardness and fracture toughness of the materials sintered under 4.1 GPa pressure are higher than those of the materials obtained under hot pressing conditions at 20–30 MPa and spark-plasma sintering at 50 MPa.

High-pressure sintered HfB₂ demonstrated hardness $H_V(9.8\text{ N})=21.3\pm 0.8\text{ GPa}$, $H_V(49\text{ N})=19.3\pm 1.3\text{ GPa}$, and $H_V(98\text{ N})=19.2\pm 0.5\text{ GPa}$ and fracture toughness $K_{1C}(49\text{ N})=7.2\text{ MPa}\cdot\text{m}^{0.5}$ and $K_{1C}(98\text{ N})=5.7\text{ MPa}\cdot\text{m}^{0.5}$. The HfB₂ sintered by hot pressing at 1850 °C and 30 MPa demonstrated hardness: $H_V(9.8\text{ N})=19.0\text{ GPa}$, $H_V(49\text{ N})=18.7\text{ GPa}$, and $H_V(98\text{ N})=18.1\text{ GPa}$, $K_{1C}(9.8\text{ N})=7.7\text{ MPa}\cdot\text{m}^{0.5}$, $K_{1C}(49\text{ N})=6.6\text{ MPa}\cdot\text{m}^{0.5}$ and $K_{1C}(98\text{ N})=5.3\text{ MPa}\cdot\text{m}^{0.5}$. High pressure sintered ZrB₂ ($a=0.3167\text{ nm}$, $c=0.3528\text{ nm}$, $\gamma=6.2\text{ g/cm}^3$) demonstrated $H_V(9.8\text{ N})=17.7\pm 0.6\text{ GPa}$, $H_V(49\text{ N})=15.4\pm 1.2\text{ GPa}$, and $H_V(98\text{ N})=15.3\pm 0.36\text{ GPa}$ and $K_{1C}(9.8\text{ N})=4.3\text{ MPa}\cdot\text{m}^{0.5}$, $K_{1C}(49\text{ N})=4.2\text{ MPa}\cdot\text{m}^{0.5}$ and $K_{1C}(98\text{ N})=4.0\text{ MPa}\cdot\text{m}^{0.5}$. Addition of 20 wt. % of SiC to ZrB₂ and sintering under high pressure (4.1 GPa) allowed essential increase of hardness to $H_V(9.8\text{ N})=24.2\pm 0.7\text{ GPa}$, $H_V(49\text{ N})=16.7\pm 0.5\text{ GPa}$, and $H_V(98\text{ N})=17.6\pm 0.4\text{ GPa}$ and fracture toughness to $K_{1C}(49\text{ N})=7.1\text{ MPa}\cdot\text{m}^{0.5}$, $K_{1C}(98\text{ N})=6.2\text{ MPa}\cdot\text{m}^{0.5}$; the material density was $\gamma=5.03\text{ g/cm}^3$. Additions of SiC and Si₃N₄ to ZrB₂ lead to some increase in fracture toughness (up to $K_{1C}(98\text{ N})=9.2\text{ MPa}\cdot\text{m}^{0.5}$).

The developed ZrB₂- and HfB₂-based materials and composites can be used for aerospace applications, in cutting and refractory industries, etc.

Keywords: zirconium diboride, hafnium diboride, hot pressing, ultra-high temperature ceramics, high quasi isotatic pressure.

References

1. Mishima, O., Era, K.; Kumashiro, Y. (Ed.) (2000). *Electric Refractory Materials*. New York: Marcel Dekker, Basel, 495–549.
2. Prikhna, T., Haber, R., Barvitskiy, P., Sverdun, V., Dub, S., Muratov, V. et. al. (2017). Synthesis, sintering, structure and

properties of ALB12C2-based materials. *Proceedings of the 41st International conference and exposition on advanced ceramics and composites*. Daytona Beach. doi: <http://doi.org/10.1002/9781119474678.ch19>

3. Prikhna, T. A., Barvitskiy, P. P., Maznaya, A. V., Muratov, V. B., Devin, L. N., Neshpor, A. V. et. al. (2019). Lightweight ceramics based on aluminum dodecaboride, boron carbide and self-bonded silicon carbide. *Ceramics International*, 45 (7), 9580–9588. doi: <http://doi.org/10.1016/j.ceramint.2018.10.065>
4. Rudy, E. (1969). *Ternary phase equilibria in transition metal--boron--carbon--silicon systems*. Part v. Compendium of phase diagram data.
5. Portnoi, K. I., Romashov, V. M., Salibekov, S. E. (1971). Constitution diagram of the system tantalum-boron. *Soviet Powder Metallurgy and Metal Ceramics*, 10 (11), 925–927. doi: <http://doi.org/10.1007/bf00794010>
6. Glaser, F. W., Post, B. (1953). System Zirconium-Boron. *JOM*, 5 (9), 1117–1118. doi: <http://doi.org/10.1007/bf03397597>
7. Rogl, P., Potter, P. E. (1988). A critical review and thermodynamic calculation of the binary system: Zirconium-boron. *Calphad*, 12 (2), 191–204. doi: [http://doi.org/10.1016/0364-5916\(88\)90021-1](http://doi.org/10.1016/0364-5916(88)90021-1)
8. Wuchina, E., Opila, E., Opeka, M., Fahrenholtz, B., Talmy, I. (2007). UHTCs: Ultra-High Temperature Ceramic Materials for Extreme Environment Applications. *The Electrochemical Society Interface*, 16 (4), 30–36. doi: <http://doi.org/10.1149/2.f04074if>
9. Musa, C., Licheri, R., Orrù, R., Marocco, R., Cao, G. (2019). Fabrication and Characterization of SiC fiber reinforced HfB2 Ceramics for Space Propulsion Components. *Ceramics in Modern Technologies*, 1 (1), 51–58. doi: <http://doi.org/10.29272/cmt.2018.0010>
10. Rodriguez-Carvajal, J. (1990). FULLPROF: A Program for Rietveld Refinement and Pattern Matching Analysis. *Abstract of the satellite meeting on powder diffraction of the XV congress*. Int. Union of Crystallography. Talence.
11. Zapata-Solvas, E., Jayaseelan, D. D., Lin, H. T., Brown, P., Lee, W. E. (2013). Mechanical properties of ZrB2- and HfB2-based ultra-high temperature ceramics fabricated by spark plasma sintering. *Journal of the European Ceramic Society*, 33 (7), 1373–1386. doi: <http://doi.org/10.1016/j.jeurceramsoc.2012.12.009>

DOI: 10.15587/2706-5448.2020.220535

STUDY OF THE DYNAMICS OF STRESS FORMATION IN GLASS DURING A THERMAL HARDENING

pages 45–48

Shcherban Vladyslav, Department of Chemical Technology of Ceramics and Glass, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine, e-mail: shcherban.vlad1997@gmail.com, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7233-4267>

Zhdanyuk Nataliya, PhD, Assistant, Department of Chemical Technology of Ceramics and Glass, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine, e-mail: zhdanyukn.kpi@gmail.com, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3771-5045>

Plemyannikov Mykola, PhD, Associate Professor, Department of Chemical Technology of Ceramics and Glass, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine, e-mail: plemja46@gmail.com, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4756-3540>

The object of research is the ultimate bending strength of float glass sheet 4 mm thick. The paper confirms that the main factor affecting the increase in glass strength is the dynamics of stress formation in the surface and inner layers of glass. Rapid cooling of float glass with an air flow for 8–10 s at a rate of 25 °C/s leads to the appearance in the glass of an average temperature difference in the surface zone of 30 °C/mm. It was found that during thermal hardening at temperatures exceeding the glass transition temperature limit, there is an abrupt increase in the glass bending strength. A comparative analysis of the results of measuring the bending strength of glass for float glass and heat-strengthened glass indicates that this indicator is significantly improved. The statistical analysis of the results shows that the scatter of the values of the bending strength of annealed glass falls within the range of 30–50 MPa, and the most probable value is 40 MPa. At the same time, the spread in the values of the bending strength of thermally hardened glass is in the range of 100–160 MPa and is 135 MPa. The work proved that thermal hardening of float glass sheets increases its flexural strength by about 3.5 times. The peculiarities of the change in the type of the hardening stress diagram over time have also been studied: thermal hardening causes a more gentle course of the residual stress curve compared to hardening. In this case, the coordinate of the critical tensile stress σ_{crit} can be located on the lower surface of the glass, which will make it possible to fracture at lower loads compared to quenching, but the fracture mechanism will be identical as for annealed glass. In this case, the destruction mechanism will be approximately the same as in the case of annealed glass, but its actual strength will be 2–3 times higher.

Keywords: sheet float glass, thermal hardening, stress diagram, bending strength.

References

1. Pisano, G., Carfagni, G. R. (2017). A micromechanical derivation of the macroscopic strength statistics for pristine or corroded/abraded float glass. *Journal of the European Ceramic Society*, 37 (13), 4197–4206. doi: <http://doi.org/10.1016/j.jeurceramsoc.2017.04.046>
2. Koike, A., Akiba, S., Sakagami, T., Hayashi, K., Ito, S. (2012). Difference of cracking behavior due to Vickers indentation between physically and chemically tempered glasses. *Journal of Non-Crystalline Solids*, 358 (24), 3438–3444. doi: <http://doi.org/10.1016/j.jnoncrysol.2012.02.020>
3. Li, X., Jiang, L., Wang, Y., Mohagheghian, I., Dear, J. P., Li, L., Yan, Y. (2017). Correlation between K⁺-Na⁺ diffusion coefficient and flexural strength of chemically tempered aluminosilicate glass. *Journal of Non-Crystalline Solids*, 471, 72–81. doi: <http://doi.org/10.1016/j.jnoncrysol.2017.05.011>
4. Guerette, M., Ackerson, M. R., Thomas, J., Yuan, E., Bruce Watson, E., Walker, D., Huang, L. (2015). Structure and Properties of Silica Glass Densified in Cold Compression and Hot Compression. *Scientific Reports*, 5 (1). doi: <http://doi.org/10.1038/srep15343>
5. Nyonguè, A., Bouzid, S., Dossou, E., Azari, Z. (2016). Fracture characterisation of float glass under static and dynamic loading. *Journal of Asian Ceramic Societies*, 4 (4), 371–380. doi: <http://doi.org/10.1016/j.jascer.2016.07.004>
6. Uaiett, O., Diu-Khiuz, D.; Liubova, B. Iu. (Ed.) (1979). *Metally, keramiki, polimery Vvedenie k izucheniiu i strukture i svoistu tekhnicheskikh materialov*. Moscow: Atomizdat, 580.
7. Sundberg, P., Grund Bäck, L., Orman, R., Booth, J., Karlsson, S. (2019). Simultaneous chemical vapor deposition and

thermal strengthening of glass. *Thin Solid Films*, 669, 487–493. doi: <http://doi.org/10.1016/j.tsf.2018.11.028>

8. Sheth, N., Hahn, S. H., Ngo, D., Howzen, A., Bermejo, R., van Duin, A. C. T. et. al. (2020). Influence of acid leaching surface treatment on indentation cracking of soda lime silicate glass. *Journal of Non-Crystalline Solids*, 543. doi: <http://doi.org/10.1016/j.jnoncrysol.2020.120144>
9. Wang, Z., Guan, T., Ren, T., Wang, H., Suo, T., Li, Y. et. al. (2020). Effect of normal scratch load and HF etching on the mechanical behavior of annealed and chemically strengthened aluminosilicate glass. *Ceramics International*, 46 (4), 4813–4823. doi: <http://doi.org/10.1016/j.ceramint.2019.10.214>
10. Ballarini, R., Pisano, G., Royer Carfagni, G. (2016). New calibration of partial material factors for the structural design of float glass. Comparison of bounded and unbounded statistics for glass strength. *Construction and Building Materials*, 121, 69–80. doi: <http://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.05.136>
11. Plemiannikov, M. M., Krupa, A. A. (2000). *Khimiia ta teplofizyka skla*. Kyiv: NTUU «KPI», 560.
12. Chumak, V. L., Ivanov, S. V., Maksymiuk, M. R. (2012). *Osnovy naukovykh doslidzhen*. Kyiv: NAU-druk, 360.

DOI: 10.15587/2706-5448.2020.220101

DESIGN AND ANALYSIS THE OPERATION OF SCHMITT TRIGGER CIRCUIT IN RADIATION ENVIRONMENT

pages 49–57

Abd El-Maksood Ashraf Mosleh, PhD, Lecturer, Department of Electronics Engineering, Nuclear Materials Authority, Maadi, Cairo, Egypt, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8502-8042>

The object of research is the effect of gamma radiation on the characteristics of the operation amplifier, and consequently the behavior of the output voltage waveforms of Schmitt trigger circuit. One of the most problematic is the effect of the circuit elements, reference voltage, input frequency, input DC-voltage and bias voltage effects, on the operation of the proposed Schmitt trigger circuit. In the course of the research, the used Op Amp can be exposed to different types of radiation. As a result of the research it is shown that the threshold levels of Schmitt trigger circuit increased when operates in nuclear radiation environment.

From the experimental work, computer simulation, and results analysis, the conclusions could be deduced, that Operation of operational amplifiers in gamma radiation environment show serious changes on their electrical characteristics. As a result, the Schmitt trigger circuit exposed to gamma radiation range from 3 kGy up to 20 kGy, at 10 Hz, where, its output voltage waveforms are shown to be independent on the gamma-dose. On the other hand, at frequency of 4.0 kHz, a severe effect are noticed, where the lower threshold level (V^{TL}) increase from -5.35 V up to -3.58 V, while the upper threshold voltage level (V^{UTL}) is slightly increased from 4.21 V to 5 V, as a function of the same gamma doses. The obtained experimental results are shown to be in close agreement with those obtained from programming the Schmitt trigger equations to computer.

In the future, the proposed approaches show that, whenever the Op Amp circuits are used in gamma radiation

environment, it preferable to be operate at low frequency levels, where the output voltage waveform of Schmitt trigger circuit are shown to be independent on gamma dose but at high frequency the effect increased as a function of same gamma dose.

Keywords: Schmitt trigger, Op-Amps, threshold levels, radiation environment, electronic circuit, gamma radiation.

References

1. *ECE 3274 LAB Project 3, «Digital Applications of the Op-Amp»* (2004). Available at: <https://www.courses.ece.vt.edu/ece3274/Project3.pdf>
2. Als, A. (1999). Schmitt Trigger.
3. *Schmitt Trigger using Op-Amp*. Available at: <https://www.circuitstoday.com/schmitt-trigger-using-op-amp>
4. *Electronics-Lab: Electronic Projects, Embedded News and Online Community*. Available at: <https://www.electronics-lab.com/>
5. Abrar, M. M. (2017). Design and Implementation of Schmitt Trigger using Operational Amplifier. *International Journal of Engineering Research and Applications*, 7 (1), 5–9. doi: <http://doi.org/10.9790/9622-0701040509>
6. Leach, D. P., Malvino, A. P., Goutam, S. (2011). *Digital Principles and Applications*. New Delhi: Tata McGraw Hill, Special Indian Edition, 250–252.
7. Godse, A. P., Godse, U. A. (2016). *Analog & Digital Electronics*. Pune: Technical Publications, 3, 15–30.
8. Vardhan, K. V., Santhoshini, K. M., Musala, S., Pabbisetty, V. N. L. (2019). Schmitt Trigger Circuits using Various Active Devices. *International Journal of Engineering and Advanced Technology*, 9 (155), 143–146. doi: <http://doi.org/10.35940/ijeat.a1035.1291s52019>
9. Schmitt, O. H. (1938). A thermionic trigger. *Journal of Scientific Instruments*, 15 (1), 24–26. doi: <http://doi.org/10.1088/0950-7671/15/1/305>
10. Kundra, S., Soni, P. (2012). Low Power Schmitt Trigger. *Innovative Systems Design and Engineering*, 3 (2), 43–51.
11. Carpenter, S. R. (1991). *Electronic Design*. Redwood city: Benjamin Cummings publishing company, Inc, 1024.
12. Sophomore Physics Laboratory (2002). *Analog Electronic. Ch. 5*. Virginio de Oliveira Sannibale.
13. Millman, J. (1979). *Microelectronic: Digital and Analog Circuits and systems*. Mc Graw-Hill, Inc. 881.
14. Theodore, F., Bogart, J. R. (1991). *Electronic Devices and Circuits*. Singapore: Prentice Hall.
15. *Using Schmitt Trigger for Low Slew-Rate Input* (2002). Available at: www.actel.com/documents/SchmittTrigger_AN.pdf
16. Bernard, M. F., Dusseau, L., Buchner, S., McMorro, D., Ecoffet, R., Boch, J. et. al. (2007). Impact of Total Ionizing Dose on the Analog Single Event Transient Sensitivity of a Linear Bipolar Integrated Circuit. *IEEE Transactions on Nuclear Science*, 54 (6), 2534–2540. doi: <http://doi.org/10.1109/tns.2007.910229>
17. Xiaoming, J. et. al. (2013). Transient Ionizing Radiation effect of Bipolar Operational Amplifiers to Pulsed X-rays. *Proceedings of IPAC*. Shanghai, 3687–3689.
18. Ashry, H. A., Soliman, F. A. S., Swidan, A. M., El-Ghanam, S. M., Abdel Rahman, W. A. (2007). Gamma Radiation Effects on the Electrical Parameters of Some Operational Amplifiers. *The Second All African IRPA Regional Radiation Protection Congress*. Ismailia.
19. Soliman, F. A. S., El-Ghanam, S. M. R., Abd El-Maksood, A. M. (2016). *Impact of Outer Space Environment on Electronic Devices and Systems*. Lambert Academic Publishing, Omni Scriptum GmbH and Co. KG., 142421.

DOI: 10.15587/2706-5448.2020.221579

DETERMINING THE DISTRIBUTION OF TEMPERATURE FIELDS IN CONSTRUCTION ELEMENTS OF SHELL-AND-TUBE HEAT EXCHANGERS USING ANALYTICAL AND NUMERICAL HEAT AND HYDRAULIC CALCULATIONS

pages 58–63

Pyrohov Tymofii, Head of Department, Division of Strength Analysis of Elements of Nuclear Installations, State Enterprise «State Scientific Engineering Center of Control Systems and Emergency Response», Kyiv, Ukraine, e-mail: T.V.Pirogov@gmail.com, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0877-1251>

Korolev Alexander, Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Nuclear Power Plants, Odessa National Polytechnic University, Odessa, Ukraine, e-mail: Korolyov118@gmail.com, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7898-8659>

The object of research is numerous and analytical thermohydraulic calculations of a shell-and-tube heat exchanger of a counterflow type. To determine the thermally stressed state of heat exchangers, calculations of the temperature fields of their elements are performed. At the same time, it is not a trivial task to perform numerical thermohydraulic calculations for a heat exchanger that has a large number of heat exchange tubes. This statement is due to the fact that the calculation model will contain a large number of finite elements. Difficulties in performing these calculations may arise when using electronic computers with limited technical parameters. Such calculations may take quite a long time, or may not be performed at all.

The authors proposed an approach to determining the temperature fields in individual elements of a heat exchanger. It consists of a combination of analytical and numerical thermohydraulic calculations of individual elements of the heat exchanger and the internal bodies in contact with them. This allows to reduce the time and bit depth of calculations.

To validate the above-mentioned approach, two calculation models of a shell-and-tube heat exchanger of a counterflow type were built. As the first calculation model, the entire body of the heat exchanger was constructed, taking into account the bodies of its coolant and cooling water. For this model, only numerical thermohydraulic calculations were performed. As the second calculation model, a part of the heat exchanger was built, taking into account all the bodies of the coolant and cooling water, belonging to it. With the help of analytical thermal calculations, the temperatures at the inlet to the shell-and-tube spaces of the second design model were determined. Subsequently, the results obtained analytically served as boundary conditions for performing numerical thermohydraulic calculations.

As a result of the calculations performed, a comparison of the obtained results of the distribution of temperature fields in the above-mentioned calculation models is made. Based on the analysis of the results, it was concluded that it is possible to use a combined method (a combination of analytical and numerical thermohydraulic calculations) for determining the temperature fields in individual elements of heat exchangers.

Keywords: shell-and-tube heat exchanger, thermal-hydraulic calculations, thermo-stress-strain state, temperature field calculation, finite elements.

References

1. Renze, P., Akermann, K. (2019). Simulation of Conjugate Heat Transfer in Thermal Processes with Open Source CFD. *Chem-Engineering*, 3 (2), 59. doi: <http://doi.org/10.3390/chemengineering3020059>
2. Abbasian Arani, A. A., Uosofvand, H. (2019). Improving shell and tube heat exchanger thermohydraulic performance using combined baffle. *International Journal of Numerical Methods for Heat & Fluid Flow*, 30 (8), 4119–4140. doi: <http://doi.org/10.1108/hff-06-2019-0514>
3. Hemanth, M., Mulabagal, S. (2017). CFD analysis of shell and tube heat exchanger with and without baffles by using nano fluids. *International Journal of Emerging Technologies and Innovative Research*, 4 (12), 25–31.
4. Petrik, M., Szepesi, G. L. (2018). Shell Side CFD Analysis of a Model Shell-and-Tube Heat Exchanger. *Chemical engineering transactions*, 70, 313–318. doi: <http://doi.org/10.3303/CET1870053>
5. *Heat Transfer Optimization of Shell-and-Tube Heat Exchanger through CFD Studies* (2011). Goteborg: Chalmers University of Technology, 39.
6. Zenkevich, O. (1975). *The finite element method in technology*. Moscow: Mir Publishing House, 541.
7. Menter, F. R. (1997). Eddy Viscosity Transport Equations and Their Relation to the $k-\epsilon$ Model. *Journal of Fluids Engineering*, 119 (4), 876–884. doi: <http://doi.org/10.1115/1.2819511>
8. Menter, F. R. (1994). Two-equation eddy-viscosity turbulence models for engineering applications. *AIAA Journal*, 32 (8), 1598–1605. doi: <http://doi.org/10.2514/3.12149>
9. Belov, I. A. (2001). *Modeling turbulent flows*. Saint Petersburg: BSTU, 107.
10. Florea, O., Smigelsky, O.; Kagan, S. Z. (Ed.) (1971). *Calculations for processes and devices of chemical technology*. Moscow: Chemistry, 448.
11. Kern D. (1950). *Process Heat Transfer*. McGraw-Hill, 871.

DOI: 10.15587/2706-5448.2020.217921

INVESTIGATION OF HYDROCARBON SOLVENTS FOR THE CONTROL OF PARAFFIN-HYDRATE DEPOSITS IN OIL WELLS

pages 63–66

Liashenko Anna, Senior Lecturer, Department of Oil and Gas Engineering and Technology, National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic», Poltava, Ukraine, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6560-9931>, e-mail: anliashenko14@gmail.com

The object of research is hydrocarbon solvents for the elimination of paraffin-hydrate deposits. The chemical methods of control of paraffin-hydrate deposits, in particular, application of hydrocarbon solvents are considered in the article. Studies of the effect of various chemical reagents on the dissolution of hydrate formations using a laboratory installation at different thermo-baric regimes, closest to the real conditions of the pipe space of oil and gas wells: the temperature varied discretely from –10 to +40 °C and pressure from 0 to 10 MPa. To study the effect of hydrocarbon solvents on the process of removing hydrate formations, the most rational methods of regression analysis and mathematical planning of the experiment were used – simplex-grid planning. The G-criterion of plan optimality was used, which includes 22 experiments. The synthesis of the plan was implemented by numerical methods on a software-controlled device for information processing. The use

of such methods makes it possible to reasonably organize experimental research, adjust the time, equipment, materials and perform the required number of experiments. The results of measurements are shown in the diagrams for each solvent separately. The obtained data allowed to a priori substantiate the choice of the optimal variant of application of chemical reagents for complete dissolution and removal of paraffin-hydrate formations from the surface of the internal well equipment. Analysis of the data shows that the solubility reagents butyl cellosolve and ethylacetat solvents, which can be recommended for wide application in the oil and gas industry, are characterized by the highest solubility and efficiency for removal of paraffin-hydrate deposits from the surface of well equipment. An important fact is that the consumption of the proposed solvents per one well operation is not more than 4 m³, which is 2–3 times less than in other known analogues. The use of new solvents also allows to increase the inter-cleaning period of the well more than 2–3 times, which reduces the cost of extracted products.

Keywords: paraffin-hydrate deposits, hydrocarbon solvent, internal well equipment, chemical reagent, well cleaning interval.

References

1. Akhfash, M., Aman, Z. M., Ahn, S. Y., Johns, M. L., May, E. F. (2016). Gas hydrate plug formation in partially-dispersed water-oil systems. *Chemical Engineering Science*, 140, 337–347. doi: <http://doi.org/10.1016/j.ces.2015.09.032>
2. Ivanova, I. K., Koryakina, V. V., Semenov, M. E. (2018). Investigation of the hydrate formation process in emulsions of asphaltene-resin-paraffin deposits by dsc method. *Fundamental Research*, 11, 143–149. doi: <http://doi.org/10.17513/fr.42313>
3. Davies, S. R., Boxall, J. A., Koh, C., Sloan, E. D., Hemming-sen, P. V., Kinnari, K. J., Xu, Z.-G. (2009). Predicting Hydrate-Plug Formation in a Subsea Tieback. *SPE Production & Operations*, 24 (4), 573–578. doi: <http://doi.org/10.2118/115763-pa>
4. Greaves, D., Boxall, J., Mulligan, J., Sloan, E. D., Koh, C. A. (2008). Hydrate formation from high water content-crude oil emulsions. *Chemical Engineering Science*, 63 (18), 4570–4579. doi: <http://doi.org/10.1016/j.ces.2008.06.025>
5. Turner, D. J., Miller, K. T., Dendy Sloan, E. (2009). Methane hydrate formation and an inward growing shell model in water-in-oil dispersions. *Chemical Engineering Science*, 64 (18), 3996–4004. doi: <http://doi.org/10.1016/j.ces.2009.05.051>
6. Tronov, V. P. (1970). *Mekhanizm obrazovaniia smoloparofinovykh otlozhenii i borba s nimi*. Moscow: Nedra, 200.
7. Khoroshilov, V. A., Semin, V. I. (1990). Preduprezhdenie gidratoobrazovaniia pri dobyche nefti. *Prirodnye i tekhnogennye gazovye gidraty*. Moscow: Nedra, 220.
8. Maganov, R., Vakhitov, G., Batalin, O. (2000). Optimalnaia tekhnologiia borby s gidratoparafinovymi otlozheniiami. *Neft Rossii*, 3, 96–99.
9. Viatchinin, M. G., Pravednikov, N. K., Batalin, O. Iu. et. al. (1998). Usloviia i zony gidratoobrazovaniia v zatrubnom prostanstve neftianoi skvazhiny. *Neftianoe khoziaistvo*, 2, 56–57.
10. Viatchinin, M. G., Pravednikov, N. K., Batalin, O. Iu. et. al. (2001). Zakonomernosti gidratoobrazovaniia v zatrubnom prostanstve neftianoi skvazhiny. *Neftianoe khoziaistvo*, 4, 54–57.
11. Viatchinin, M. G., Batalin, O. Iu., Schepkina, N. E. (2000). Opredelenie rezhimov i zon gidratoobrazovaniia v neftiannykh skvazhinakh. *Neftianoe khoziaistvo*, 7, 38–44.
12. Kasatkin, O. G. (1974). K voprosu postroeniia G-optimalnykh planov na simplekse. *Primenenie matematicheskikh metodov dlia issledovaniia mnogokomponentnykh sistem*. Moscow, 64–69.
13. Zedginidze, I. G. (1976). *Planirovanie eksperimenta*. Moscow: Nauka, 390.
14. Svetlitskii, V. M., Demchenko, P. N., Zaritskii, B. V. (2002). *Problemy uvelicheniia proizvoditelnosti skvazhin*. Kyiv: Vid. Pali-voda A. V., 228.



MATERIALS SCIENCE

DOI: 10.15587/2706-5448.2020.218410

ВПЛИВ СУЛЬФАТ-ІОННИХ СЕРЕДОВИЩ НА ФІЗИКО-МЕХАНІЧНУ ДОВГОВІЧНІСТЬ ЦЕМЕНТНИХ ВИРОБІВ, МОДИФІКОВАНИХ ЕФІРАМИ ЦЕЛЮЛОЗИ сторінки 6–12

Коваленко Ю. О., Клименко А. В., Токарчук В. В., Свідерський В. А.

Об'єктом дослідження є органічні добавки метилгідроксиетилцелюлози середньої та високої в'язкості, а саме їх характер впливу на фізико-механічну довговічність під руйнуючою дією різних сульфат-іонних середовищ. Необхідність вивчення характеру впливу даної добавки на стійкість до впливу агресивних середовищ також пов'язана здебільшого через розширення асортименту будівельних сумішей для створення конкурентоспроможної продукції без втрати якості продукції та для поліпшення механіко-реологічних властивостей.

У ході дослідження використовувалися ефіри целюлози середньої (17000–23000 мПа·с) та високої (20000–30000 мПа·с) в'язкості. Добавки вводилися в цемент в кількості 0,25, 0,5 та 0,75 мас. %. Встановлено, що введення ефіру целюлози в цемент призводить до збільшення нормальної густоти тіста та подовження строків тужавлення розчинів, що у свою чергу впливає на процес набору міцності останніх, в порівнянні до контрольних зразків без добавки. При введенні добавки також значно зменшується показник водовідділення сумішей, що свідчить про водоутримувальну здатність добавки. Для концентрації добавок у кількості 0,25 мас. % це зменшення складає в 2 рази менше, ніж для контрольних зразків. Для концентрації 0,5–0,75 мас. % водовідділення зменшується в 3 рази, в порівнянні із зразками без добавки. Суттєві зміни відбуваються і під час набору ранньої міцності зразків при збільшенні концентрації добавки. Руйнуючий вплив агресивного сульфатного середовища визначався по зміні міцності на стиск. При довготривалому впливі агресивного середовища на контрольні та дослідні зразки відмічається, що введення даної добавки органічного походження негативно впливає на характеристики міцності цементних сумішей з ефірами целюлози при зростанні вмісту добавки. Наведені результати вказують на доцільність використання ефірів целюлози середньої в'язкості в сухих будівельних сумішах як таких, що забезпечать необхідні строки зберігання рухливості розчину та достатню міцність кінцевого матеріалу.

Ключові слова: сухі будівельні суміші, метилгідроксиетилцелюлоза, нормальна густина, строки тужавлення, водовідділення, агресивне середовище.

TECHNOLOGY AND SYSTEM OF POWER SUPPLY

DOI: 10.15587/2706-5448.2020.217780

АПРОБАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЇ НАГНІТАННЯ ДІОКСИДУ ВУГЛЕЦЮ В ПОКЛАД ГОРИЗОНТУ В-16 ГАДЯЦЬКОГО РОДОВИЩА (УКРАЇНА) В УМОВАХ ПРОЯВУ ВОДОНАПІРНОГО РЕЖИМУ сторінки 13–18

Кривуля С. В., Матківський С. В., Кондрат О. Р., Бірман Е. С.

Об'єктом дослідження є газоконденсатні поклади, що розробляються в умовах прояву водонапірного режиму. Для удосконалення існуючих технологій витіснення залишкових запасів газу діоксидом вуглецю з родовищ, що розробляються при водонапірному режимі, проведено дослідження з використанням основних інструментів гідродинамічного моделювання Eclipse та Petrel компанії Schlumberger (США). Технологію нагнітання діоксиду вуглецю апробовано до умов покладу горизонту В-16 Гадяцького нафтогазоконденсатного родовища (Україна). Згідно з результатами проведених досліджень встановлено, що завдяки нагнітання неуглеводневого газу знижуються обсяги видобутку пластової води порівняно з варіантом розробки на виснаження. На основі отриманих результатів моделювання здійснено розрахунок величини прогнозних коефіцієнтів вилучення вуглеводнів на момент прориву діоксиду вуглецю у видобувні свердловини за величиною накопиченого видобутку пластової води. Згідно проведених розрахунків встановлено, що впровадження технології вторинного видобутку вуглеводнів забезпечує значно вищі кінцеві коефіцієнти вуглеводневилучення порівняно з розробкою покладу на виснаження. Прогнозний коефіцієнт газовилучення при нагнітанні діоксиду вуглецю в поклад горизонту В-16 збільшується на 2,95 % від величини залишкових запасів газу, а коефіцієнт вилучення конденсату для цих умов на 1,24 %. За результатами проведених досліджень встановлено технологічну ефективність використання діоксиду вуглецю в якості агенту нагнітання для підвищення вуглеводневилучення з покладів, для яких характерний водонапірний режим розробки. Згідно з результатами моделювання впровадження технології нагнітання діоксиду вуглецю в поклад горизонту В-16 Гадяцького нафтогазоконденсатного родовища дозволяє значно збільшити вуглеводневилучення з покладів, тим самим підвищити видобувні можливості родовища.

Ключові слова: 3D модель родовища, газоконденсатний поклад, водонапірний режим, защемлений газ, нагнітання діоксиду вуглецю.

DOI: 10.15587/2706-5448.2020.218358

АНАЛІЗ РАКЕТНИХ ПАЛИВ ТА ПРОБЛЕМ ЇХ ВИКОРИСТАННЯ НА ПРИКЛАДІ УКРАЇНИ сторінки 19–27

Трофімов І. Л., Бойченко С. В., Шамакський С. Й.

Об'єктом дослідження є проблеми використання ракетних палив, сучасний стан та перспектива. Згадані проблеми характерні практично для усієї номенклатури товарних марок сучасних ракетних палив придатних для використання. Це проблеми з основними фізико-хімічними та експлуатаційними властивостями, технічними вимогами до якості ракетного палива, проблеми функціонування інфраструктури заправки, а також забезпечення чистоти ракетних палив.

З огляду на заборону використання сильнотокуючих отруйних ракетних палив на основі азотної кислоти, виникла проблема їх заміни на менш отруйні. В багатьох країнах ця проблема поглиблюється відсутністю виробництва власних вуглеводневих ракетних палив на нафтовій основі. В цілому це призводить до виникнення гострих проблем забезпечення ракетними паливами космічних літальних апаратів і ракетноносіїв. Зокрема така проблема виникає в Україні з ракетноносіями українського виробництва.

Постійна увага до проблеми якості авіаційних і ракетних палив викликана багатьма факторами. В роботі використано комплексний підхід до оцінювання якості палива, аналіз світового досвіду, синтез результатів і ретроспективи, історико-еволюційний та логічний підхід. За високих рівнів чистоти палив гарантується безпека польотів, забезпечується надійність, збільшується технічний ресурс агрегатів систем, в результаті чого витрати на досягнення та підтримання необхідного рівня чистоти палива та робочих рідин цілком виправдані.

У результаті дослідження сформовано класифікацію рідких ракетних палив, засновану на їх компонентному складі та хімічній будові. Сформульовано вимоги до енергетичних, кінетичних, експлуатаційних характеристик, екологічних та економічних властивостей рідких ракетних палив (РРП). З огляду на незадовільний стан навколишнього середовища, використання газу як ракетного палива на сьогодні є перспективним у порівнянні з гептиловим ракетним паливом. Реактивні палива Т-1, Т-6, Т-8В вдало підходять для космічної техніки виробництва багатьох країн, але далеко не у кожній країні вони виробляються. Закупівля ж у сусідніх країнах не завжди можлива з ряду причин. Порівняльний аналіз показує, що рідке ракетне паливо RP-1 за більшістю показників є аналогом реактивного палива Т-1 і Т-6 і цілком може використовуватися як заміник для ракетноносіїв. Проте на сьогодні не вирішена і часто не вирішується проблема розробки нормативних документів з контролю якості РРП при їх зберіганні та експлуатації. Зокрема, відсутня чітка нормативна документація до процесу заправки ракет РРП за низьких температур. На відміну до авіаційних палив, відсутні регламенти та інші нормативні документи за змістом вільної і розчищеної води та механічних домішок в РРП.

Однією з перспективних сфер використання ракетних палив є використання паливних комірок. Результати досліджень можуть бути застосовані в області експлуатації космічних апаратів, а також інфраструктури заправки та забезпечення чистоти ракетних палив. Результати дослідження можуть бути застосовані експертами хімітологами, фахівцями в галузі експлуатації засобів заправки та зберігання рідких ракетних палив.

Ключові слова: рідке ракетне паливо, ракетноносій, об'єкт заправки, паливний бак, чистота палива, паливна комірка.

ALTERNATIVE AND RENEWABLE ENERGY SOURCES

DOI: 10.15587/2706-5448.2020.220269

КОМПЛЕКСНЕ МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОНАСОСНОГО ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ НА ОСНОВІ МЕРЕЖЕВОЇ ВІТРО-СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ СИСТЕМИ сторінки 28–33

Чайковська Є. Є.

Об'єктом дослідження є підтримка функціонування теплонасосного енергопостачання на основі мережевої вітро-сонячної електричної системи з використанням гібридних сонячних колекторів.

Одним з найбільших проблемних місць є узгодження виробництва та споживання енергії в умовах розподіленої генерації енергії з використанням відновлюваних джерел. Приєднання до Smart Grid технологій дозволить запобігти піковим навантаженням енергетичної системи в умовах регулювання напруги при підключенні теплонасосного енергопостачання.

Розроблено інтегровану систему підтримки функціонування теплонасосного енергопостачання на основі прогнозування зміни температури місцевої води при вимірюванні напруги від гібридних сонячних колекторів на вході в мережевий інвертор, напруги на виході із перетворювача частоти та частоти напруги. Прийняття випереджуючих рішень на підтримку температури місцевої води щодо зміни потужності електродвигуна компресора теплового насоса базується на встановленні співвідношення напруги на вході в мережевий інвертор та напруги на виході із перетворювача частоти, що вимірюються. Зміна витрати холодагенту щодо частотного управління електродвигуном компресора теплового насоса відбувається в узгодженні зі зміною теплової потужності низькопотенційного джерела енергії – нижньої секції двосекційного бака-накопичувача, підключеного до гібридних сонячних колекторів. Запропоновано архітектуру, математичне обґрунтування архітектури технологічної системи, математичне обґрунтування підтримки функціонування теплонасосного енергопостачання. Основою технологічної системи є динамічна підсистема, що включає наступні складові: вітроенергетичну установку, фотоелектричні сонячні панелі, гібридні сонячні колектори, мережевий інвертор, двосекційний бак-накопичувач, тепловий насос, перетворювач частоти. Визначено режимні параметри теплонасосної системи, параметри теплообміну в конденсаторі теплового насоса, постійні часу та коефіцієнти математичної моделі динаміки температури місцевої води для встановлених рівнів функціонування щодо узгодження виробництва та споживання енергії.

Ключові слова: вітро-сонячна електрична система, фотоелектричні сонячні панелі, гібридні сонячні колектори, тепловий насос, мережевий інвертор.

REPORTS ON RESEARCH PROJECTS

DOI: 10.15587/2706-5448.2020.218171

УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ КЕРУВАННЯ ТЕРМІЧНИМ ОБРОБЛЕННЯМ ЗАЛІЗОРУДНИХ ОБКОТИШІВ У ТЕХНОЛОГІЧНІЙ ЗОНІ ПОПЕРЕДЬОГО НАГРІВАННЯ ВИПАЛЮВАЛЬНОЇ МАШИНИ КОНВЕЙЕРНОГО ТИПУ сторінки 34–39

Митрофанов О. В.

Об'єктом дослідження є процес термічної обробки залізородних обкотишів. Для його вивчення використана технологічна зона попереднього нагрівання обпалювальної машини конвеєрного типу. Управління технологічним процесом виконано на підставі нечіткої

та неповної інформації про стан цієї зони. Однією з найголовніших вимог щодо функціонування технологічної зони попереднього нагрівання є забезпечення регламентних значень теплового та газового режимів при зміні швидкості переміщення візків конвеєрної стрічки. Удосконалення ефективності управління цими режимами забезпечується завдяки системі автоматичного керування, реалізованій на основі нечіткої та неповної інформації про стан технологічних параметрів зони.

У ході проведення дослідження виконано аналіз науково-технічної інформації та аналітичний метод визначив важливість удосконалення процесу керування термічним процесом обробки залізородних обкотишів у технологічній зоні попереднього нагрівання. На підставі експериментальних досліджень враховані особливості технологічного процесу, що потребує удосконалення процесу керування роботою технологічної зони попереднього нагрівання. Математична модель використовує температуру теплоносія газоповітряної потоку, витрати природного газу та повітря, температуру шару обкотишів і їх масу на візках конвеєрної стрічки машини. Одночасно враховуються вихідні технологічні параметри зони сушіння та вхідні параметри зони випалювання.

На основі рішення систем нечітких функцій та принципів параметричної ідентифікації запропонована математична модель, апроксимуюча динаміку термічного процесу обробки залізородних обкотишів у технологічній зоні попереднього нагрівання. Проаналізовано характеристики перехідних процесів термічної обробки обкотишів, отриманих на математичних моделях з урахуванням змінних параметрів сусідніх технологічних зон машини, витрат природного газу та повітря. На основі математичного моделювання виконані дослідження з метою визначення оптимального розподілу теплоносіїв газозовдушного потоку за технологічною зоною попереднього нагрівання. Реалізовано апаратно-програмне забезпечення системи автоматичного керування процесом термічної обробки обкотишів з урахуванням змінних параметрів теплоносіїв газоповітряних потоків у технологічній зоні попереднього нагрівання.

Ключові слова: випалювальна машина конвеєрного типу, залізородні обкотиші, технологічна зона попереднього нагрівання, термічна обробка, нечітка логіка.

DOI: 10.15587/2706-5448.2020.220320

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК МАТЕРІАЛІВ НА БАЗІ ТУГОПЛАВКИХ БОРИДІВ сторінки 40–44

Пріхна Т. О., Локаткіна А. С., Моціль В. Є., Барвіцький П. П., Боримський О. І., Лономарьов С. С., Хабер Р., Талако Т. Л.

Об'єктом дослідження є вплив спікання під тиском (10 МПа–4,1 ГПа) на формування структури та властивості ZrB_2 , HfB_2 , а також композитів на їх основі. Встановлено, що консолідація під високим тиском приводить до поліпшення механічних характеристик. Зокрема, твердість і в'язкість руйнування матеріалів, спечених під тиском 4,1 ГПа, вищі ніж у матеріалів, отриманих в умовах гарячого пресування при 20–30 МПа та іскроплазменного спікання при 50 МПа.

Спечений HfB_2 під високим тиском демонстрував твердість $H_V(9,8\text{ Н})=21,3\pm 0,8$ ГПа, $H_V(49\text{ Н})=19,3\pm 1,3$ ГПа та $H_V(98\text{ Н})=19,2\pm 0,5$ ГПа та в'язкість руйнування $K_{1C}(49\text{ Н})=7,2$ МПа·м^{0,5} і $K_{1C}(98\text{ Н})=5,7$ МПа·м^{0,5}. HfB_2 , спечений методом гарячого пресування при 1850 °С і 30 МПа, демонстрував твердість: $H_V(9,8\text{ Н})=19,0$ ГПа, $H_V(49\text{ Н})=18,7$ ГПа і $H_V(98\text{ Н})=18,1$ ГПа, $K_{1C}(9,8\text{ Н})=7,7$ МПа·м^{0,5}, $K_{1C}(49\text{ Н})=6,6$ МПа·м^{0,5} і $K_{1C}(98\text{ Н})=5,3$ МПа·м^{0,5}. Спечений ZrB_2 під високим тиском ($a=0,3167$ нм, $c=0,3528$ нм, $\gamma=6,2$ г/см³) продемонстрував $H_V(9,8\text{ Н})=17,7\pm 0,6$ ГПа, $H_V(49\text{ Н})=15,4\pm 1,2$ ГПа та $H_V(98\text{ Н})=15,3\pm 0,36$ ГПа і $K_{1C}(9,8\text{ Н})=4,3$ МПа·м^{0,5}, $K_{1C}(49\text{ Н})=4,2$ МПа·м^{0,5} і $K_{1C}(98\text{ Н})=4,0$ МПа·м^{0,5}. Додавання 20 мас. % SiC до ZrB_2 та спікання під високим тиском (4,1 ГПа) дозволили суттєво збільшити твердість до $H_V(9,8\text{ Н})=24,2\pm 0,7$ ГПа, $H_V(49\text{ Н})=16,7\pm 0,5$ ГПа та $H_V(98\text{ Н})=17,6\pm 0,4$ ГПа і в'язкість руйнування до $K_{1C}(49\text{ Н})=7,1$ МПа·м^{0,5}, $K_{1C}(98\text{ Н})=6,2$ МПа·м^{0,5}; щільність матеріалу становила $\gamma=5,03$ г/см³. Додавання SiC та Si₃N₄ до ZrB_2 приводить до деякого збільшення в'язкості руйнування (до $K_{1C}(98\text{ Н})=9,2$ МПа·м^{0,5}).

Розроблені матеріали та композити на основі ZrB_2 та HfB_2 можуть бути використані в аерокосмічній галузі, в різальній та вогнетривкій промисловості тощо.

Ключові слова: диборид цирконію, диборид гафнію, гаряче пресування, ультрависокотемпературна кераміка, високий квазіізостатичний тиск.

DOI: 10.15587/2706-5448.2020.220535

ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ УТВОРЕННЯ НАПРУГ В СКЛІ ПРИ ТЕРМІЧНОМУ ЗМІЦНЕННІ сторінки 45–48

Щербань В. О., Жданюк Н. В., Племяшников М. М.

Об'єктом дослідження є межа міцності на вигин листового флоат-скла товщиною 4 мм. У роботі підтверджено, що основним чинником, який впливає на підвищення міцності скла, є динаміка утворення напруг у поверхневому та внутрішньому шарах скла. Стрімке охолодження листового флоат-скла потоком повітря протягом 8–10 с із швидкістю 25 °С/с приводить до появи у склі середнього температурного перепаду в поверхневій зоні 30 °С/мм. Встановлено, що під час термічного зміцнення при значеннях температури, що перевищують межу температури склування, відбувається стрибкоподібне підвищення міцності скла на вигин. Порівняльний аналіз результатів виміру міцності скла на вигин листового флоат-скла та термічно зміцненого скла свідчить про те, що цей показник суттєво покращується. Статистичний аналіз результатів показує, що розкид значень міцності на вигин відпаленого скла припадає на інтервал 30–50 МПа, а найбільш імовірне значення складає 40 МПа. У той же час, розкид значень міцності на згин термічно зміцненого скла знаходиться в інтервалі 100–160 МПа та складає 135 МПа. У роботі доведено, що термічне зміцнення листового флоат-скла підвищує показники його міцності на згин приблизно у 3,5 рази. Також вивчено особливості зміни вигляду епюри гартувальних напружень у часі: термічне зміцнення обумовлює більш пологий хід кривої залишкових напруг у порівнянні з гартуванням. При цьому координата критичного напруження розтягу $\sigma_{\text{крит}}$ може перебувати на нижній поверхні скла, що обумовить можливість його руйнування при менших навантаженнях у порівнянні з гартуванням, але механізм руйнування буде ідентичний як для відпаленого скла. При цьому механізм руйнування буде приблизно такий же, як у випадку відпаленого скла, але його фактична міцність буде вищою в 2–3 рази.

Ключові слова: листове флоат-скло, термічне зміцнення, епюра напружень, міцність на вигин.

DOI: 10.15587/2706-5448.2020.220101

РОЗРОБКА ТА АНАЛІЗ РОБОТИ ТРИГЕРНОЇ СХЕМИ ШМІТТА В РАДІАЦІЙНОМУ СЕРЕДОВИЩІ сторінки 49–57

Abd El-Maksood A. M.

Об'єктом дослідження є вплив гамма-випромінювання на характеристики операційного підсилювача і, як наслідок, на поведінку форм вихідної напруги тригерної схеми Шмітта. Одним з найбільш проблемних місць є вплив елементів схеми, опорної напруги, вхідної частоти, вхідної постійної напруги та напруги зсуву на роботу запропонованої тригерної схеми Шмітта. В ході дослідження використовувався операційний підсилювач, який може піддаватися впливу різних видів випромінювання. В результаті досліджень показано, що порогові рівні критичної схеми Шмітта підвищуються при роботі в середовищі ядерного випромінювання.

На підставі проведених експериментів, комп'ютерного моделювання та аналізу результатів можна зробити висновок, що при роботі операційних підсилювачів в середовищі гамма-випромінювання спостерігаються серйозні зміни їх електричних характеристик. В результаті дослідження тригерна схема Шмітта, що піддається впливу гамма-випромінювання, знаходиться в діапазоні від 3 до 20 кГр при частоті 10 Гц, при цьому форми вихідних сигналів напруги не залежать від дози гамма-випромінювання. З іншого боку, на частоті 4,0 кГц спостерігається серйозний ефект, коли нижній пороговий рівень (V^{LTL}) збільшується з $-5,35$ В до $-3,58$ В, а верхній граничний рівень напруги (V^{HTL}) трохи збільшується з $4,21$ В до 5 В, в залежності від тих же доз гамма-випромінювання. Показано, що отримані експериментальні результати добре узгоджуються з результатами, отриманими при програмуванні рівнянь тригера Шмітта на комп'ютері.

В майбутньому запропоновані підходи показують, що всякий раз, коли схеми операційного підсилювача використовуються в середовищі гамма-випромінювання, краще працювати на низьких рівнях частоти, коли показано, що форма вихідної напруги схеми тригера Шмітта не залежить від дози гамма-випромінювання, але при високій частоті ефект посилювався в залежності від тієї ж дози гамма-випромінювання.

Ключові слова: тригер Шмітта, операційні підсилювачі, порогові рівні, радіаційна обстановка, електронна схема, гамма-випромінювання.

DOI: 10.15587/2706-5448.2020.221579

ВИЗНАЧЕННЯ РОЗПОДІЛУ ПОЛІВ ТЕМПЕРАТУР В КОНСТРУКЦІЙНИХ ЕЛЕМЕНТАХ КОЖУХОТРУБНИХ ТЕПЛООБМІННИКІВ ЗА ДОПОМОГОЮ СУКУПНОСТІ АНАЛІТИЧНИХ ТА ЧИСЕЛЬНИХ ТЕПЛОГІДРАВЛІЧНИХ РОЗРАХУНКІВ сторінки 58–63

Пирогов Т. В., Корольов О. В.

Об'єктом дослідження є чисельні та аналітичні теплогідравлічні розрахунки кожухотрубного теплообмінника зворотноточного типу. Для визначення термонапруженого стану теплообмінників виконуються розрахунки температурних полів їх елементів. В той же час, виконання чисельних теплогідравлічних розрахунків теплообмінника, який має велику кількість теплообмінних трубок, є нетривіальним завданням. Дане твердження викликано тим, що розрахункова модель буде містити велику кількість скінченних елементів. Складності при виконанні даних розрахунків можуть виникати при використанні електронних обчислювальних машин з обмеженими технічними можливостями. Такі розрахунки можуть зайняти досить тривалий час, або взагалі не виконатись.

Запропоновано підхід для визначення розподілу полів температур в окремих елементах теплообмінника. Даний підхід полягає в поєднанні аналітичних та чисельних теплогідравлічних розрахунків окремих елементів теплообмінника та тіл середовищ, що контактують з ними. Це дозволяє скоротити час та розрядність виконання розрахунків.

Для валідації вищезазначеного підходу побудовано дві розрахункові моделі кожухотрубного теплообмінника зворотноточного типу. У якості першої розрахункової моделі виконувалася побудова всього корпусу теплообмінника, з врахуванням тіл його середовищ трубного та міжтрубного простору. Для даної моделі виконано тільки чисельні теплогідравлічні розрахунки. У якості другої розрахункової моделі будувалася частина теплообмінника, з врахуванням всіх тіл середовищ, що належать до неї. За допомогою аналітичних теплових розрахунків визначалися значення температур на вході в міжтрубний та трубний простори другої розрахункової моделі. В подальшому результати, отримані аналітичним шляхом, слугували в якості граничних умов для виконання чисельних теплогідравлічних розрахунків.

У результаті виконаних розрахунків зроблено порівняння отриманих результатів розподілу полів температур у вищезазначених розрахункових моделях. На основі аналізу отриманих результатів зроблено висновок щодо можливості використання комбінованого методу (поєднання аналітичних та чисельних теплогідравлічних розрахунків) визначення температурних полів в окремих елементах теплообмінників.

Ключові слова: кожухотрубний теплообмінник, теплогідравлічні розрахунки, термонапружений стан, розрахунок температурних полів, скінченні елементи.

DOI: 10.15587/2706-5448.2020.217921

ДОСЛІДЖЕННЯ ВУГЛЕВОДНЕВИХ РОЗЧИННИКІВ ДЛЯ БОРЬБИ З ПАРАФІНОГІДРАТНИМИ ВІДКЛАДЕННЯМИ У НАФТОВИХ СВЕРДЛОВИНАХ сторінки 63–66

Ляшенко А. В.

Об'єктом дослідження є вуглеводневі розчинники для ліквідації парафіногідратних відкладів. У роботі розглянуті хімічні методи боротьби з парафіногідратними відкладами, зокрема, застосування вуглеводневих розчинників. Проводилися дослідження впливу різних хімічних реагентів на розчинення гідратуотворень за допомогою лабораторної установки при різних термо-баричних режимах,

найбільш наближених до реальних умов трубного простору нафтогазових свердловин: температура змінювалася дискретно від -10 до $+40$ °C, а тиск – від 0 до 10 МПа. Для вивчення впливу вуглеводневих розчинників на процес видалення гідратних утворень було застосовано найбільш раціональні методи регресійного аналізу та математичного планування експерименту – симплексно-решітчасте планування. Використано G-критерій оптимальності плану, що включає в себе 22 експерименти. Синтез плану реалізовувався чисельними методами на програмно-керованому пристрої для обробки інформації. Використання таких методів дає можливість обґрунтовано впорядкувати експериментальні дослідження, врегулювати час, обладнання, матеріали та виконати необхідне число дослідів. В роботі результати вимірювань наведені на діаграмах для кожного розчинника окремо. Отримані дані дозволили апріорно обґрунтувати вибір оптимального варіанту застосування хімічних реагентів для повного розчинення та видалення парафіногідратних утворень з поверхні внутрішньосвердловинного обладнання. Аналіз даних показує, що найбільшою розчинною здатністю та ефективністю для видалення з поверхні внутрішньосвердловинного обладнання парафіногідратних відкладень характеризуються реагенти-розчинники бутилцеллозолъ і етилацетат, які можна рекомендувати для широкого застосування у нафтогазовій галузі. Важливим фактом є те, що витрата запропонованих розчинників на одну свердловинно-операцію становить не більше 4 м^3 , що в 2–3 рази менше в порівнянні з іншими відомими аналогами. Застосування нових розчинників дозволяє також більш, ніж в 2–3 рази збільшити міжчисний період свердловини, що знижує собівартість продукції, яка видобувається.

Ключові слова: парафіногідратні відклади, вуглеводневий розчинник, внутрішньосвердловинне обладнання, хімічний реагент, міжчисний період свердловини.