

**MECHANICAL ENGINEERING TECHNOLOGY**

DOI: 10.15587/2706-5448.2022.251059

RESEARCH ON THE FUTURE OF COMBAT ROBOTICS ON THE EXAMPLE OF UKRAINE

pages 6–10

Ivan Kyrychenko, CEO, Co-Founder, Robotics Design Bureau LLC, Kyiv, Ukraine, e-mail: ivan_ki@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7670-7956>

The object of research is the architecture of any combat ground robot in the context of its individual systems and subsystems. The conducted research forms a transparent and clear understanding of the main logical links of a combat robot, individual technologies, and components used in the development and serial production. The paper summarizes the global experience and achievements of combat robotics and provides examples of the example of the development of teams from Ukraine. The mentioned are the main system players in this sector of defense technologies, long-term and productive activity of which resulted in the appearance of the first combat robot units in the armies of the leading countries of the world.

The author studied and presented the structural structure of any ground combat robot by the method of deduction and re-production of functional capabilities. In the context of separate systems or subsystems of a ground combat robot recommendations on the equipment of those or other components, sensors, technologies, or their analogs and other equipment are given.

The work summarizes the experience of the head of Robotics Design Bureau LLC (Kyiv, Ukraine), associated with the attention of representatives of foreign companies and government agencies to the Ukrainian developments in this area. The leading idea of the research is the priority development of functions and algorithms of combat robots, associated with the development of vision and autonomous movement systems. Realization of these functions sharply increases the advantages of own combat robots, increases their survivability and combat efficiency, reduces dangers for operators of the equipment. Factors related to the package of impact module subsystems directly affecting the combat effectiveness of a ground robot are presented.

Compared to similar known studies on this topic, the research conducted immediately immerses the reader into the practical plane of developing a ground combat robot from the perspective of the engineer-creator, which provides quick basic knowledge and insights and inspires further exploration in this direction.

Keywords: ground combat robot, robotics, vision system, autonomous movement, neural network.

References

1. *Robotic technologies for the future land warrior* (2016). Available at: <https://www.militaryaerospace.com/unmanned/article/16708962/robotic-technologies-for-the-future-land-warrior>
2. Corke, P. (2011). *Robotics, Vision and Control*. Springer, 570. doi: <http://doi.org/10.1007/978-3-642-20144-8>
3. Corves, B., Lovasz, E., Hüsing, M., Maniu, I., Gruescu, C. (Eds.) (2017). *New Advances in Mechanisms, Mechanical Transmissions and Robotics*. Springer, 497. doi: <http://doi.org/10.1007/978-3-319-45450-4>
4. Tzafestas, S. G. (2014). *Introduction to Mobile Robot Control*. Elsevier, 692. doi: <http://doi.org/10.1016/c2013-0-01365-5>
5. Beale, M. H., Hagan, M. T., Demuth, H. B. (2017). *Neural Network Toolbox*. MathWorks, 846.
6. Rajasekaran, S., Vijayalakshmi Pai, G. A. (2017). *Neural Networks, Fuzzy Systems, and Evolutionary Algorithms Synthesis and Applications*. PHI Learning.
7. Ishikawa, H., Liu, C., Pajdla, T., Shi, J. (Eds.) (2020). *Computer Vision – ACCV 2020*. Springer, 718. doi: <http://doi.org/10.1007/978-3-030-69532-3>
8. Vedaldi, A., Bischof, H., Brox, T., Frahm, J. (Eds.) (2020). *Computer Vision – ECCV 2020*. Springer, 803. doi: <http://doi.org/10.1007/978-3-030-58568-6>
9. Miles, P., Carroll, T. (2002). *Build your own combat robot*. McGraw-Hill, 401.
10. Ermak, S. N., Sokolov, A. N., Margel, A. B., Kuleshov, Iu. E. (2019). *Sistemy i sredstva radioelektronnoi borby*. Minsk: BGUIR, 264.
11. Stupina, E. E., Stupin, A. A., Chupin, D. Iu., Kamenev, R. V. (2019). *Osnovy robototekhniki*. Novosibirsk: Agentstvo «Sibprint», 160.
12. Yu, Z., Patnaik, S., Wang, J., Dey, N. (2020). *Advancements in Mechatronics and Intelligent Robotics*. Springer, 631. doi: <http://doi.org/10.1007/978-981-16-1843-7>
13. *Vprovadzhennia innovatsiynykh tekhnolohii u sferi oborony na prykladi robotyzovanykh kompleksiv ta bezpilotnykh litalnykh aparativ* (2022). Available at: <https://www.ukrinform.ua/rubric-presshall/3327508-vprovadzhenna-innovacijnih-tehnologij-u-sferi-oboroni-na-prikladi-robotizovanih-kompleksiv-ta-bezpilotnih-litalnih-aparativ.html>

DOI: 10.15587/2706-5448.2022.253556

DESIGN AND CONSTRUCTION OF A DESICCANT AIR DRYER FOR SEEDS AND VEGETABLES

pages 11–15

Oluwatoyin Olunloyo, Lecturer, Department of Crop Production Technology, Federal College of Forestry, Jericho Ibadan, Nigeria, e-mail: oluwatoyinolunloyo@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4518-6104>

Dare Ibiyeye, Lecturer, Department of Crop Production Technology, Federal College of Forestry, Jericho Ibadan, Nigeria, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3418-1308>

Opeyemi Ajiboye, Researcher, Department of Soil and Tree Nutrition, Forestry Research Institute of Nigeria, Jericho Ibadan, Nigeria, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8857-2211>

Afolabi Reuben Taiye, Lecturer, Department of Basic Sciences, Federal College of Forestry, Jericho Ibadan, Nigeria, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6629-4123>

Folasade Afeye, Lecturer, Department of Basic Sciences, Federal College of Forestry, Jericho Ibadan, Nigeria, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2274-7474>

Taiwo Fasunloye, Department of Crop Production Technology, Federal College of Forestry, Jericho Ibadan, Nigeria, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5707-843X>

Rachel Osin, Department of Crop Production Technology, Federal College of Forestry, Jericho Ibadan, Nigeria, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5454-5351>

The object of this research is the design of an affordable desiccant dryer for local farmers for seed and vegetable drying. The subsequent increase in food production has led to an accompanying need for easy, safe, and affordable preservation methods. This has led to a substantial increase in the number of driers, which are expensive for local farmers to acquire. Seeds and certain vegetables do not do well, under the high heat used in most dryers for drying as the drying process is often used as a final production step before packaging and selling agricultural products. Desiccant drying is hygienic, low energy, low cost, and safe method of drying agricultural products without degrading them or reducing their nutritional quality. A desiccant air dryer for seeds and vegetables was designed and constructed, and its performance was tested using bitter leaves (*Vernonia amygdalina*). Desiccant dryer materials were carefully sourced and selected based on the cost of the materials, availability, strength, lightness (weight), and resistance to rust. The desiccant dryer chamber has external dimensions of 43 cm by 30 cm and internal dimensions of 28 cm by 25 cm. The drying chamber is divided into five layers; each layer is 48 cm by 44 cm with a total surface area of 0.2112 m².

Results showed significant moisture loss in the dried sample in 26 hours from 167 g to 54.1 g when compared with ambient air drying values. Proximate analysis of the desiccant dried bitter leaf higher values across all parameters when compared with the sample dried using ambient air. From the results obtained, it was therefore concluded that the desiccant dryer dried the samples faster than the common air-drying method. It was recommended that seed and vegetables should be dried in a desiccant dryer in order to increase shelf life and reduce perishability.

Keywords: preservation methods, desiccant dryer, drying agricultural products, shelf life, perishability, bitter leaf (*Vernonia amygdalina*).

References

1. Betoret, E., Calabuig-Jiménez, L., Barrera, C., Rosa, M. D. (2016). Sustainable Drying Technologies for the Development of Func-

- tional Foods and Preservation of Bioactive Compounds. *Sustainable Drying Technologies*. doi: <https://doi.org/10.5772/64191>
2. Kiaya, V. (2014). *Post-harvest losses and strategies to reduce them*. ACF. Available at: https://www.actioncontrelafaim.org/wp-content/uploads/2018/01/technical_paper_phl_.pdf
3. Tareq, Md. Z., Mojakkir, A. M., Hasan, M. M., Alam, Md. J., Sadat, Md. A. (2020). Moisture content and variety of jute seed is affected by long term seed storage. *Malaysian Journal of Sustainable Agriculture*, 5 (1), 24–28. doi: <https://doi.org/10.26480/mjsa.01.2021.24.28>
4. De Vitis, M., Hay, F. R., Dickie, J. B., Trivedi, C., Choi, J., Fiegener, R. (2020). Seed storage: maintaining seed viability and vigor for restoration use. *Restoration Ecology*, 28 (S3). doi: <https://doi.org/10.1111/rec.13174>
5. Sushant, B., Yadvika, M. K., Singh, V. K. Kumar, N. (2017). Performance evaluation of desiccant seed dryer for drying tomato seeds. *International Journal of Agricultural Science and Research*, 7 (1), 423–430.
6. Hamed, R., Rafiu, B. O., Oyelowo, O. J. (2021). Seedlings Growth Performance of Terminalia ivorensis (A. Chev) as Influenced by Different Organic Fertilizers. *FUTA 2020*. Available at: https://www.researchgate.net/publication/352402173_Proceedings_3RD_CFA_CONFERENCE_FUTA_2020_PDF_1-592-597
7. Muazu, J., Abdulwoliyu, A., Mohammed, G. T. (2015). Design, Formulation and evaluation of bitter leaf tablets. *International journal of pharmaceutical science and research*, 4 (5), 1789–1795. doi: [https://doi.org/10.13040/ijpsr.0975-8232.4\(5\).1789-95](https://doi.org/10.13040/ijpsr.0975-8232.4(5).1789-95)
8. Chramsard, W., Jindaruksa, S., Sirisumpunwong, C., Somsaree, S. (2013). Performance Evaluation of the Desiccant Bed Solar Dryer. *Energy Procedia*, 34, 189–197. doi: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2013.06.747>
9. Gribble, S. (2017). *Air density calculator*. Available at: https://www.gribble.org/cycling/air_density.html
10. Adekanmi, A. A., Adekanmi, U. T., Adekanmi, A. S., Oyekanmi, H. A. (2020). Assessment of Proximate Composition and Phytochemical Properties of Bitter Leaf (*Vernonia Amygdalina*) and Water Leaf (*Talinum Triangular*). *United International Journal for Research & Technology*, 1 (9), 13–21.

MATERIALS SCIENCE

DOI: 10.15587/2706-5448.2022.252282

FORMING OF PROPERTIES COMPLEX OF COPPER WIRE BY THE METHOD OF COMBINED DEFORMATION BY TORSION AND TENSION

pages 16–22

Olena Pashynska, Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Automatization and Organization of Production, Technical University Metinvest Polytechnica, Mariupol, Donetsk region, Ukraine, e-mail: E.G.Pashinskaya@mipolytech.education, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7102-1544>

Volodymyr Pashynskyy, Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Automatization and Organization of Production, Technical University Metinvest Polytechnica, Mariupol, Donetsk region, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0118-4748>

Maryna Kraliuk, PhD, Department of Electrical, Fire and Safety Research, Odesa Research Institute of Forensic Science of the Ministry of Justice of Ukraine, Odesa, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0693-9508>

Igor Boyko, PhD, Department of Automatization and Organization of Production, Technical University Metinvest Poly-

technica, Mariupol, Donetsk region, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7742-4694>

The object of research is the mechanical properties of copper wire M1 for electrical applications, subjected to combined torsional deformation with tensile tension. One of the most problematic aspects in the manufacturing of such a wire is its fracture during processing due to low strength and ductility. DSTU EN 13602:2010 regulates the ultimate tensile strength, relative elongation, the number of bends before fracture and the number of twists until failure. To increase the service life of the product it is necessary to increase strength and plastic properties.

The methods of influence on the material by combined plastic tensile deformation with tensile was used in the study, the mechanical characteristics (ultimate tensile strength, true deformation before failure, relative elongation, relative reduction in area) and electrical conductivity were determined. Statistical analysis tools were used for modeling and graphical displaying of data.

The proposed approach allows to select the modes of combined torsional deformation with tensile, providing the optimal combination of tensile strength and relative

narrowing of M1 grade copper wire. Under certain modes of such deformation, with increasing degree of deformation, it is possible to increase the strength characteristics and at the same time obtain high values of plasticity.

The obtained results of approbation of different combined deformation modes allow to consider it an effective tool for achieving high values of true rupture stress and ultimate deformation in order to improve the service characteristics of the deformed wire. It is shown that relaxation processes occur during such treatment, which leads to a decrease in stresses and a sharp increase in plastic characteristics. Clarification of the mechanisms of the characteristics formation allows to control the features of the structure and, accordingly, the level of mechanical properties to obtain a wire that combines high strength with high toughness. This makes it possible to develop deformation modes to obtain copper wire with special properties depending on customer requirements, for example: strong wire with low electrical resistance.

Keywords: M1 grade copper wire, electrical application, combined plastic deformation, resistivity, stress relaxation.

References

- Pashinskaia, E. G. (2009). *Fiziko-mekhanicheskie osnovy izmelcheniia struktury pri kombinirovannoi plasticheskoi deformatsii*. Donetsk: Izdatelstvo «Veber», 352.
- Utiashev, F. Z., Raab, G. I., Valitov, V. A. (2020). *Deformatsionnoe nanostrukturirovanie metallov i splavov*. Saint Petersburg: Naukoemkie tekhnologii, 185.
- Segal, V. M. (1995). Materials processing by simple shear. *Materials Science and Engineering: A*, 197 (2), 157–164. doi: [http://doi.org/10.1016/0921-5093\(95\)09705-8](http://doi.org/10.1016/0921-5093(95)09705-8)
- Xue, Q., Liao, X. Z., Zhu, Y. T., Gray, G. T. (2005). Formation mechanisms of nanostructures in stainless steel during high-strain-rate severe plastic deformation. *Materials Science and Engineering: A*, 410-411, 252–256. doi: <http://doi.org/10.1016/j.msea.2005.08.022>
- Nagaraj, M., Ravisankar, B. (2018). Effect of Severe Plastic Deformation on Microstructural and Mechanical Properties of Structural Steel IS2062. *Transactions of the Indian Institute of Metals*, 71 (9), 2315–2323. doi: <http://doi.org/10.1007/s12666-018-1363-3>
- Kawasaki, M., Langdon, T. G. (2008). The significance of strain reversals during processing by high-pressure torsion. *Materials Science and Engineering: A*, 498 (1-2), 341–348. doi: <http://doi.org/10.1016/j.msea.2008.08.021>
- Li, J., Li, F., Zhao, C., Chen, H., Ma, X., Li, J. (2016). Experimental study on pure copper subjected to different severe plastic deformation modes. *Materials Science and Engineering: A*, 656, 142–150. doi: <http://doi.org/10.1016/j.msea.2016.01.018>
- Zhang, J., Huang, Z., Rui, W., Li, J., Tian, Y., Li, J. (2019). Effect of Combined Torsion and Tension on the Microstructure and Fracture Behavior of 316L Austenitic Stainless Steel. *Journal of Materials Engineering and Performance*, 28 (9), 5691–5701. doi: <http://doi.org/10.1007/s11665-019-04316-4>
- Dong, H., Guo, F., Huang, W., Yang, X., Zhu, X., Li, H., Jiang, L. (2021). Shear banding behavior of AA2099 Al-Li alloy in asymmetrical rolling and its effect on recrystallization in subsequent annealing. *Materials Characterization*, 177, 111155. doi: <http://doi.org/10.1016/j.matchar.2021.111155>
- Ren, X., Huang, Y., Zhang, X., Li, H., Zhao, Y. (2021). Influence of shear deformation during asymmetric rolling on the microstructure, texture, and mechanical properties of the AZ31B magnesium alloy sheet. *Materials Science and Engineering: A*, 800, 140306. doi: <http://doi.org/10.1016/j.msea.2020.140306>
- Naydenkin, E. V., Mishin, I. P., Ratochka, I. V., Oborin, V. A., Bannikov, M. V., Bilalov, D. A., Naydenkin, K. E. (2021). Fatigue and fracture behavior of ultrafine-grained near β titanium alloy produced by radial shear rolling and subsequent aging. *Materials Science and Engineering: A*, 810, 140968. doi: <http://doi.org/10.1016/j.msea.2021.140968>
- Naizabekov, A., Lezhnev, S., Arbut, A., Panin, E. (2018). The effect of radial-shear rolling on microstructure and mechanical properties of stainless austenitic steel AISI-321. *MATEC Web of Conferences*, 190, 11003. doi: <http://doi.org/10.1051/mateconf/201819011003>
- Gamin, Y. V., Muñoz Bolaños, J. A., Aleschenko, A. S., Komisarov, A. A., Bunits, N. S., Nikolaev, D. A. et al. (2021). Influence of the radial-shear rolling (RSR) process on the microstructure, electrical conductivity and mechanical properties of a Cu-Ni-Cr-Si alloy. *Materials Science and Engineering: A*, 822, 141676. doi: <http://doi.org/10.1016/j.msea.2021.141676>
- Zhilyaev, A. P., Shakhova, I., Belyakov, A., Kaibyshev, R., Langdon, T. G. (2013). Wear resistance and electroconductivity in copper processed by severe plastic deformation. *Wear*, 305 (1-2), 89–99. doi: <http://doi.org/10.1016/j.wear.2013.06.001>
- Pashinskaia, E. G., Podrezov, Iu. N., Verbilo, D. G., Kraliuk, M. A., Danilenko, N. I. (2014). Vliianie parametrov intensivnoi kombinirovannoi plasticheskoi deformatsii na mekhanicheskie svoistva medi. *Deformatsiia i razrushenie*, 1, 9–15.
- Taylor, J. I. (1928). Hardening of aluminium at the plastic deformation. *Journal of the Institute of Metals*, 62, 307–311.
- Trefilov, V. I., Moiseev, V. F., Pechkovskii, E. P. et al. (1989). *Deformatsionnoe uprochnenie i razrushenie polikristallicheskih metallov*. Kyiv: Naukova dumka, 256.
- Podrezov, Iu. N., Firstov, S. A. (2006). Dva podkhoda k analizu krivykh deformatsionnogo uprochneniia. *Fizika i tekhnika vysokikh davlenii*, 15 (4), 17–34.
- Zavdoveev, A., Len, A., Pashinska, E. (2020). Small Angle Neutron Scattering Study of Nanoscale Structure of Low-Carbon Steel After Rolling with Shear Followed by Cold Drawing. *Metals and Materials International*, 27 (3), 481–487. doi: <http://doi.org/10.1007/s12540-020-00766-x>
- Zavdoveev, A., Baudin, T., Rogante, M., Pashinska, E., Skoryk, M. (2020). Shear impact during steel wire drawing on grain boundaries and mechanical properties. *Letters on Materials*, 10 (4s), 558–565. doi: <http://doi.org/10.22226/2410-3535-2020-4-558-565>

ELECTRICAL ENGINEERING AND INDUSTRIAL ELECTRONICS

DOI: 10.15587/2706-5448.2022.251947

DETERMINATION OF VOLTAGE AT THE RECTIFIER INSTALLATION OF THE ELECTRIC LOCOMOTIVE VL-80K FOR EACH POSITION OF THE CONTROLLER DRIVER'S

pages 23–29

Sergey Goolak, PhD, Department of Electromechanics and Railway Rolling Stock, State University of Infrastructure and Techno-

logy, Kyiv, Ukraine, e-mail: sgoolak@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2294-5676>

Eduard Yermolenko, Postgraduate Student, Department of Electromechanics and Railway Rolling Stock, State University of Infrastructure and Technology, Kyiv, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2832-2047>

Viktor Tkachenko, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Department of Electromechanics and Railway Roll-

ing Stock, State University of Infrastructure and Technology, Kyiv, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5513-2436>

Svitlana Sapronova, Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Cars and Carriage Facilities, State University of Infrastructure and Technology, Kyiv, Ukraine, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1482-1665>

Viktor Yurchenko, Postgraduate Student, Department of Electromechanics and Railway Rolling Stock, State University of Infrastructure and Technology, Kyiv, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5900-874X>

The object of research is the electrical processes in the control system of the traction drive of the electric locomotive VL-80K (Russia). To improve the accuracy of its mathematical model, it is necessary to use the values of the parameters determined during experimental studies of the traction drive control system. In particular, it is important to use in the traction drive model the value of the voltages on the arms of the rectifier installation of the electric locomotive, taking into account the position of the driver's controller. The complexity of the simulation lies in the fact that the reference does not provide the value of the voltage on the arms of the rectifier for each position of the driver's controller, which makes it difficult to verify the resulting model. A scheme for measuring the voltage value on the arms of the rectifier installation of an electric locomotive for each position of the position of the driver's controller is proposed. On its basis, a simulation model is developed in the MATLAB software environment. The simulation model implements an algorithm for closing the contactors of the electric group contactor for each position of the position of the driver's controller. Approximation of the voltage measurement technique was carried out on an electric locomotive of the VL-80K series during a trip on the Darnytsia – Myronivka section (Ukraine). Comparison of the voltage values on the arms of the rectifier installation, obtained experimentally, with the passport data showed that the measurement error was 0.5 %. In addition, the experimental results showed that the voltages on the arms of the rectifier for paired positions of the position of the driver's controller are the same, for odd ones they are different. Therefore, when simulating the operation of the traction drive control system, the voltage values on different arms of the rectifier installation were taken separately. Comparison of the simulation results for the nominal mode with passport data showed that for this mode the measurement error was 3.78 %. For all others, it did not exceed 5 %.

Keywords: traction drive, control system, electric contactor, voltage value, rectifier installation.

References

- Kulinich, Y. M., Shukharev, S. A., Drogolov, D. Y. (2019). Simulation of the pulsating current traction motor. *Vestnik of the Railway Research Institute*, 78 (5), 313–319. doi: <http://doi.org/10.21780/2223-9731-2019-78-5-319>
- Hulak, S. O., Yermolenko, E. K. (2016). Model systemy Tiahova pidstantsiia-kontaktna merezha-tiahovyi pryvid elektrovoza serii VL-80 T, K. *Zbirnyk naukovykh prats Derzhavnogo ekonomiko tekhnolohichnoho universytetu transportu. Serii: Transportni systemy i tekhnolohii*, 28, 99–109.
- Goolak, S., Tkachenko, V., Sapronova, S., Spivak, O., Riabov, I., Ostroverkh, O. (2021). Determination of inductances for pulsating current traction motor. *Technology Audit and Production Reserves*, 2 (1 (58)), 40–43. doi: <http://doi.org/10.15587/2706-5448.2021.229217>
- Litovchenko, V. V., Nazarov, D. V., Sharov, V. A. (2020). Simulation Model of a Direct-Current Electric Locomotive with Commutator Traction Motors. *Russian Electrical Engineering*, 91 (1), 69–76. doi: <http://doi.org/10.3103/s1068371220010071>
- Antipin, D. Y., Vorobiev, V. I., Izmerov, O. V. (2019). Possibilities of modernization of wheel motor blocks of locomotives. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 378, 012004. doi: <http://doi.org/10.1088/1755-1315/378/1/012004>
- Islam, J., Nategh, S., Moghaddam, R. R., Boglietti, A. (2020). Different Traction Motor Topologies Used in E-mobility : Part I: Solutions without magnet. *2020 International Conference on Electrical Machines (ICEM)*, 1, 131–137. doi: <http://doi.org/10.1109/icem49940.2020.9270776>
- Goolak, S., Sapronova, S., Tkachenko, V., Riabov, I., Batrak, Y. (2020). Improvement of the model of power losses in the pulsed current traction motor in an electric locomotive. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (5 (108)), 38–46. doi: <http://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.218542>
- Popescu, M., Goss, J., Staton, D. A., Hawkins, D., Chong, Y. C., Boglietti, A. (2018). Electrical Vehicles – Practical Solutions for Power Traction Motor Systems. *IEEE Transactions on Industry Applications*, 54 (3), 2751–2762. doi: <http://doi.org/10.1109/tia.2018.2792459>
- Goolak, S., Riabov, I., Tkachenko, V., Sapronova, S., Rubanik, I. (2021). Model of pulsating current traction motor taking into consideration magnetic losses in steel. *Electrical Engineering & Electromechanics*, 6, 11–17. doi: <http://doi.org/10.20998/2074-272x.2021.6.02>
- Evseev, V. Y., Savos'kin, A. N. (2020). A Mathematical Model of a Collector Traction Motor with Separate Consideration of Eddy Currents of the Main and Additional Poles. *Russian Electrical Engineering*, 91 (9), 557–563. doi: <http://doi.org/10.3103/s1068371220090047>
- Ouamara, D., Dubas, F. (2019). Permanent-Magnet Eddy-Current Losses: A Global Revision of Calculation and Analysis. *Mathematical and Computational Applications*, 24 (3), 67. doi: <http://doi.org/10.3390/mca24030067>
- Sano, H., Narita, K., Schneider, N., Semba, K., Tani, K., Yamada, T., Akaki, R. (2020). Loss Analysis of a Permanent Magnet Traction Motor in a Finite Element Analysis based Efficiency Map. *2020 International Conference on Electrical Machines (ICEM)*, 2301–2306. doi: <http://doi.org/10.1109/icem49940.2020.9270713>
- Zhou, Z., Chen, Z., Spiriyagin, M., Wolfs, P., Wu, Q., Zhai, W., Cole, C. (2021). Dynamic performance of locomotive electric drive system under excitation from gear transmission and wheel-rail interaction. *Vehicle System Dynamics*, 1–23. doi: <http://doi.org/10.1080/00423114.2021.1876887>
- Goolak, S., Sapronova, S., Tkachenko, V., Riabov, I., Overiano, L., Yeritsyan, B. (2021). Mathematical model of mechanical subsystem of traction electric drive of an electric locomotive. *Naukovi Visti Dalivskogo Universitetu*, 21. Available at: http://nvdu.snu.edu.ua/wp-content/uploads/2021/10/2021_21_14.pdf
- Galiev, I. I., Minzhasarov, M. K., Lipunov, D. V. (2019). Mathematical Model of Traction Rolling Stock Oscillations for the Assessment of Dynamic Loading of Its Components. *International Scientific Siberian Transport Forum*. Cham: Springer, 443–454. doi: http://doi.org/10.1007/978-3-030-37916-2_43
- Ozulu, A. B., Krasilnikov, O. O., Bochevar, O. G. (2019). Research of modernized electric drive electric locomotiv VL-80. *Bulletin of the National Technical University «KhPI». Ser.: Technique and Electrophysics of High Voltage*, 18, 51–54. Available at: <http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/42733>

17. Aissa, B., Hamza, T., Yacine, G., Mohamed, N. (2021). Impact of sensorless neural direct torque control in a fuel cell traction system. *International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)*, 11 (4), 2725–2732. doi: <http://doi.org/10.11591/ijece.v11i4.pp2725-2732>
18. Hassan, M. M., Shaikh, M. S., Jadoon, H. U. K., Atif, M. R., Sardar, M. U. (2020). Dynamic Modeling and Vector Control of AC Induction Traction Motor in China Railway. *Sukkur IBA Journal of Emerging Technologies*, 3 (2), 115–125. doi: <http://doi.org/10.30537/sjet.v3i2.622>
19. Wang, H., Liu, Y., Ge, X. (2018). Sliding-mode observer-based speed-sensorless vector control of linear induction motor with a parallel secondary resistance online identification. *IET Electric Power Applications*, 12 (8), 1215–1224. doi: <http://doi.org/10.1049/iet-epa.2018.0049>
20. Havryliuk, V. (2018). Modelling of the return traction current harmonics distribution in rails for AC electric railway system. *2018 International Symposium on Electromagnetic Compatibility (EMC EUROPE)*, 251–254. doi: <http://doi.org/10.1109/emceurope.2018.8485160>
21. Titova, T. S., Evstafev, A. M., Nikitin, V. V. (2018). The Use of Energy Storages to Increase the Energy Effectiveness of Traction Rolling Stock. *Russian Electrical Engineering*, 89 (10), 576–580. doi: <http://doi.org/10.3103/s1068371218100097>
22. Evstafev, A. M., Kiryushin, D. E., Nikitin, V. V., Pudovikov, O. E. (2021). Improvement of Traction Rolling Stock Based on Modern Energy-Saving Technologies. *Russian Electrical Engineering*, 92 (2), 59–62. doi: <http://doi.org/10.3103/s1068371221020036>
23. Nikitenko, A. (2018). Electromagnetic processes of charging of on-board supercapacitor storage system during the regenerative braking mode of DC electric rolling stock with series-wound DC motors. *MATEC Web of Conferences*, 180, 02007. doi: <http://doi.org/10.1051/mateconf/201818002007>
24. Alturbeh, H., Stow, J., Lawton, A. (2018). Low Adhesion Braking Dynamic Optimisation for Rolling Stock (LABRADOR) Simulation Model. *8th International Conference on Railway Engineering (ICRE 2018)*. doi: <http://doi.org/10.1049/cp.2018.0050>
25. Burkov, A. T., Valinsky, O. S., Evstafev, A. M., Maznev, A. S., Tretyakov, A. V. (2019). Modern Locomotive Traction Drive Control Systems. *Russian Electrical Engineering*, 90 (10), 692–695. doi: <http://doi.org/10.3103/s106837121910002x>
26. *Elektrovoz VL-80k. Rukovodstvo po ekspluatatsii* (1978). Moscow: Transport, 452.

TECHNOLOGY AND SYSTEM OF POWER SUPPLY

DOI: 10.15587/2706-5448.2022.253109

GAS RESERVES CALCULATION BASED ON THE RESULTS OF RESERVOIR PRESSURE DISTRIBUTION MODELING

pages 30–35

Oksana Zakharchuk, Postgraduate Student, Department of Oil and Gas Engineering and Technology, National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic», Poltava, Ukraine, e-mail: oksana.zakharchuk@nupp.edu.ua, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4229-1964>

The object of this study is the gas-bearing layer B-26 of the Zakhidne-Radchenkivs'ke gas condensate field (Ukraine). A bottleneck in the process of exploration and experimental and industrial operation of the Zakhidne-Radchenkivs'ke gas condensate field was the ambiguous data on extractive reserves (values that were calculated by different authors range from 14 thousand to 424 million m³). At present, the field is mothballed, which is why the use of a new approach to calculating the initial gas reserves could be useful for deciding to start developing a single productive layer B-26.

During the study, such theoretical research methods were used as the system analysis of the information used, numerical modeling based on the combined finite-element-difference method, the methods of visual representation of the information received, as well as analytical methods. The method of calculating gas reserves proposed in this work combines a volumetric method and the simulation of filtration processes using a combined finite-element-difference method. The latter makes it possible to take into consideration the structure of the reservoir, which is heterogeneous in terms of permeability, and to adequately, at the quantitative level, to describe the distribution of non-stationary reservoir pressure around the extractive well. By applying an analytical formula based on the values of average reservoir and downhole pressures, the radii of the well's feed circuit at different stages of the reservoir development have been calculated. Thus, the active

area (and volume) of the reservoir can be determined, according to which the extractive reserves of the deposit are calculated. The mining reserves of the Zakhidne-Radchenkivs'ke field, estimated in this way, amount to 174 million m³ of gas.

The method for calculating reserves proposed in this study could prove useful for deciding on the further development of the Zakhidne-Radchenkivs'ke gas condensate field. Combining the volumetric method with the results of modeling filtration processes is an operational method for calculating the reserves of the reservoir, opened by one mining well. In this case, the application of the combined finite-element-difference method makes it possible to take into consideration the complex heterogeneous structure of the reservoir and predict the distribution of reservoir nonstationary pressures around the extractive well.

The current study that used the Zakhidne-Radchenkivs'ke gas condensate field in Ukraine as an example is interesting when calculating the reserves of layers of complex structure all over the world, whereby the productive reservoir is opened by a single mining well.

Keywords: gas-bearing layers, extractive reserves, volumetric method, finite-element-difference method, distribution of reservoir pressure.

References

1. Wei, Y., Jia, A., Xu, Y., Fang, J. (2021). Progress on the different methods of reserves calculation in the whole life cycle of gas reservoir development. *Journal of Natural Gas Geoscience*, 6 (1), 55–63. doi: <http://doi.org/10.1016/j.jnggs.2021.04.001>
2. Lee, J., Sidle, R. (2010). Gas-Reserves Estimation in Resource Plays. *SPE Economics & Management*, 2 (2), 86–91. doi: <http://doi.org/10.2118/130102-pa>
3. King, G. R. (1993). Material-Balance Techniques for Coal-Seam and Devonian Shale Gas Reservoirs With Limited Water Influx. *SPE Reservoir Engineering*, 8 (1), 67–72. doi: <http://doi.org/10.2118/20730-pa>
4. Zhang, L. H., Chen, G., Zhao, Y. L., Liu, Q. F., Zhang, H. C. (2013). A modified material balance equation for shale gas

reservoirs and a calculation method of shale gas reserves. *Gas Industry*, 33, 66–70.

5. Pratami, F. L. P., Chandra, S., Angtony, W. (2019). A new look on reserves prediction of unconventional shale gas plays: moving from static parameters to dynamic, operation-based reserves' calculation. *Journal of Petroleum Exploration and Production Technology*, 9 (3), 2205–2220. doi: <http://doi.org/10.1007/s13202-019-0623-z>
6. Lubkov, M., Zaharchuk, O. (2021). Modeling of displacement processes in heterogeneous anisotropic gas reservoirs. *Visnyk of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Geology*, 2 (93), 94–99. doi: <http://doi.org/10.17721/1728-2713.93.11>
7. *Heoloho-ekonomichna otsinka zapasiv vuhlevodniv Zakhidno-Radchenkivskoho rodovyshcha Ukrainy stanom na 1.01.2010 r.* (2010). TOV KFTK «YeVROKRYM». Kyiv: DNVP «Heoinform Ukrainy», 1, 60–155.
8. Amirov, V. K. (1989). *Proekt poiskovykh robot na Zapadno-Radchenkovskoi ploschadi*. Poltava: Poltavskoe upravlenie burovykh robot, 171–175.
9. *Proekt doslidno-promyslovoi rozrobky Zakhidno-Radchenkivskoho hazokondensatnoho rodovyshcha* (2005). Poltava: TOV «NVP «Impul-S», 58–60.
10. Li, H. T., Wang, K., Zhang, Q., Tao, J. L., Huang, J. (2017). Calculation of OGIP in the stimulated zone of a shale gas well based on the modified volumetric method. *Natural Gas Industry*, 37 (11), 61–69. doi: <https://doi.org/10.3787/j.issn.1000-0976.2017.11.008>
11. Fedyshyn, V. O., Bahniuk, M. M., Sinitsyn, V. Ya., Rudko, H. I., Lovyniukov, V. I., Nesterenko, M. Yu. et. al. (2008). *Naukovi ta metodychni zasady doslidzhennia plastovykh vuhlevodnevykh sistem dlia pidrakhunku zapasiv nafty i hazu*. Kyiv-Lviv, Cherkasy: TOV Maklout, 168.
12. *Zvit pro seizmorozvidvalni doslidzhennia MSHT na Zakhidno-Radchenkivskii ploschi* (2006). DHP «Ukrheofizyka». Rozso-shentsi: SUHRE, 47–89.
13. Lubkov, M. V., Zakharchuk, O. O. (2020). Modeling of filtration processes in heterogeneous anisotropic gas-bearing reservoirs abstract. *Heoinformatyka*, 1 (73), 56–63. Available at: <http://www.geology.com.ua/wp-content/uploads/2021/11/56-63.pdf>
14. Aliev, Z. S., Abramov, E. S., Andreev, S. A. (1980). *Instruktsiia po kompleksnomu issledovaniiu gazovykh i gazokondensatnykh plastov i skvazhin*. Moscow: Nedra, 300.
15. *Kubicheskoe uravnenie*. Available at: <https://planetcalc.ru/1122/>

DOI: 10.15587/2706-5448.2022.251938

RESEARCH OF THE PULSATING FLOW OF DRILLING FLUID IN THE DRILL STRING

pages 36–40

Viktor Svitlytskyi, Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Oil and Gas Technologies, Engineering and Heat Power Engineering, Odessa National Technological University, Odessa, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4778-0414>

Irina Boshkova, Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Oil and Gas Technologies, Engineering and Heat Power Engineering, Odessa National Technological University, Odessa, Ukraine, e-mail: boshkova.irina@gmail.com, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5989-9223>

The object of research is the pulsating flow of drilling fluid in the drill string. One of the most problematic places

is pressure loss due to friction forces distributed along the length of the flow and concentrated in its nodes (threaded joints and pipe bends).

In the course of the study, transformation methods were used that allow the drill string to be represented in the form of straight pipes – elements with distributed parameters connected by different inhomogeneities. This makes it possible to reduce the characteristics of the pulsating flow of the drilling fluid to the determination of the lumped parameters of the inclusions, the limiting conditions at the beginning and end of the drill pipes, as homogeneous sections of the drill string. In turn, pressure losses in the drill string during rotary drilling were divided into two types of losses. These are losses along the entire length of the column (flow) and local pressure losses, which are obtained only in certain places of the liquid flow (for example, tool joints, etc.), due to the fact that the flow suffers local deformation.

It has been found that from a technological point of view, the most favorable well diameter is the one at which the flow resistance in the pipes is equal to the resistance in the annulus. This is due to the fact that during the flow of the drilling fluid, the speed of the turbulent flow decreases only at the walls of the pipe. Therefore, under the action of centrifugal forces on pipe bends, as in heterogeneities, when local pressure losses occur due to separation of the transit flow, the pipe diameter narrows due to the accumulation of solid particles in whirlpool zones and flow velocities. With a smooth turn of the pipe, the specified separation may be absent. In this case, local pressure losses are largely due to the occurrence of a «steam vortex» at the turn (a helical movement caused by the action of inertial forces). Therefore, a necessary condition for rotary drilling is the continuous circulation of the flushing solution, the complete or partial cessation of which makes further drilling impossible. In this case, the drilling process slows down or leads to an accident. This is due to the accumulation of the hard phase in the places where whirlpools appear.

The research results will be useful to scientists and specialists in the oil and gas industry in the physical modeling of well flushing processes in the process of drilling and designing technological flushing processes.

Keywords: drill string, drilling fluid, pulsating flow, hard phase accumulation, rotary drilling.

References

1. Hongtu, Z., Ouya, Z., Botao, L., Jian, Z., Xiangyu, X., Jianping, W. (2021). Effect of drill pipe rotation on gas-solid flow characteristics of negative pressure pneumatic conveying using CFD-DEM simulation. *Powder Technology*, 387, 48–60. doi: <http://doi.org/10.1016/j.powtec.2021.04.017>
2. Chudyk, I. I., Dudych, I. F., Tokaruk, V. V. (2020). Well washing process modelling. *Prospecting and Development of Oil and Gas Fields*, 2 (75), 62–68. doi: [http://doi.org/10.31471/1993-9973-2020-2\(75\)-62-68](http://doi.org/10.31471/1993-9973-2020-2(75)-62-68)
3. Davidenko, A. N., Ignatov, A. A., Polischuk, P. P. (2016). *Transportirovka produktov razrusheniia pri burenii skvazhin*. Dnepropetrovsk: NGU, 116.
4. Keshavarz Moraveji, M., Sabah, M., Shahryari, A., Ghaffarkhah, A. (2017). Investigation of drill pipe rotation effect on cutting transport with aerated mud using CFD approach. *Advanced Powder Technology*, 28 (4), 1141–1153. doi: <http://doi.org/10.1016/j.apt.2017.01.020>
5. Pang, B., Wang, S., Jiang, X., Lu, H. (2019). Effect of orbital motion of drill pipe on the transport of non-Newtonian fluid-

cuttings mixture in horizontal drilling annulus. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 174, 201–215. doi: <http://doi.org/10.1016/j.petrol.2018.11.009>

6. Fylymonenko, N. T., Karakozov, A. A. (2007). Dvyzhenye shlama v pulsyruuiushchem vzvesenesushchem potoke, tsyrkulyryruuiushchem v pryzaboinoi zone skvazhyni. *Naukovi pratsi Donetskoho natsionalnogo tekhnichnogo universytetu. Seriya: Hirnycho-heolohichna*, 6, 125–130.
7. Gukasov, N. A., Briukhovetskii, O. S., Chikhotkin, V. F. (1999). *Gidrodinamika v razvedochnom burenii*. Moscow: OOO «Nedra-Biznestsentr», 304.
8. Shischenko, R. I., Esmann, B. I. (1966). *Prakticheskaia gidravlika v burenii*. Moscow: Nedra, 285.
9. Iunin, E. K., Khagai, V. K. (2004). *Dinamika glibokogo bureniia*. Moscow: Nedra, 285.
10. Saroian, A. E. (1979). *Burilnye kolonny v glubokom burenii*. Moscow: Nedra, 229.
11. Ogorodnikov, P. I. (1991). *Upravlenie uglubleniem skvazhiny na baze izucheniia dinamicheskikh protsessov v burilnoi kolone*. Moscow: MINKH i GP im. ak. Gubkina I. M., 463.
12. Chugaev, P. P. (1982). *Gidravlika*. Leningrad: Energiia, 672.
13. Allikvander, E. A. (1969). *Sovremennoe glubokoe burenie*. Moscow: Nedra, 228.
14. Idelchik, I. E. (1954). *Gidravlicheskie soprotivleniia. (Fiziko-mekhanicheskie osnovy)*. Moscow: Gosenergoizdat, 316.
15. Zegazhdoi, A. P. (1957). *Gidravlicheskie poteri na trenii v kanalakh i truboprovodakh*. Moscow: Gosstroizdat, 278.

DOI: 10.15587/2706-5448.2022.253618

MODELING OF THE RESERVOIRS HEATING WITH THE AIM OF OIL RECOVERY INCREASING

pages 41–46

Michail Lubkov, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Departments of Oil and Gas Engineering and Technologies, National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic», Poltava, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2680-9508>

Kateryna Mosiichuk, Postgraduate Student, Assistant, Departments of Oil and Gas Engineering and Technologies, National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic», Poltava, Ukraine, e-mail: karoleana2004@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6704-4652>

The object of the research is optimal installation of the heat injection wells for reservoirs heating in order to increase oil recovery and, accordingly, support oil production in the hard-reaching heterogeneous reservoirs. One of the most problematic areas in modern oil production is the difficulty of extracting high-viscosity oil from the reservoirs. So far, the most effective method to overcome this problem is the thermal method. However, the possibilities of this method are limited by its high energy consumption and the cost of relevant practice research. Thus, less expensive corresponding methods of mathematical modeling become more important. This investigation uses a combined finite-element-difference

method for the non-stationary thermal conductivity problem. Numerical modeling of the temperature distribution around heat injection wells are carried out, taking into account the heterogeneity of the thermal properties of the oil reservoir and the conditions of convective heat exchange at the reservoir's boundaries. The proposed method, due to its high accuracy and convergence of the solutions, allows to obtain reliable practical results and has a number of advantages in comparison with the same research methods. It is established that the process of heating of oil reservoirs is slow and energy consuming, so to increase profitability, it is obviously necessary to use associated production products, such as associated gas. It is shown that less wet layers heat up better and there is no sense to heat the layer for more than two weeks, because the radius of the effective heating area (with a temperature exceeding 80 °C required for outcome of high-viscosity oil from the rock) in this case is sufficient. It is also found that the operation of heat-injection wells is more profitable with their joint interaction, in that case the effective heating area of the oil reservoir and, accordingly, the number of production wells will be the largest. Another hand, the main factor in the location of heat-injection wells is defined by special characteristics of the oil-bearing section of the reservoir in each case. The configurations of the location of heat-injection wells, which were presented in this paper, cover the most optimal cases of the installations of considered oil-bearing section of the reservoirs and can be used in practice.

Keywords: finite element difference method, computer modeling, heating processes, hard-to-reach oil reservoirs, heat-injection wells.

References

1. Kudinov, V. I. (2002). Razrabotka slozhnopostroennykh mestorozhdenii s viazkimi neftiami. *Interval*, 6, 13–22.
2. Mihaïlov, N. N. (2008). *Fizika neftianogo i gazovogo plasta*. Moscow: MAKS Press, 448.
3. Mishhenko, I. T. (2015). *Skvazhinnaia dobycha nefti*. Moscow: Izdatelskii centr RGU nefti i gaza im. I. M. Gubkina, 448.
4. Ruzin, L. M., Chuprov, I. F. (2007). *Tehnologicheskie principy razrabotki zalezhei anomalno viazkih neftej i bitumov*. Uhta: UTGU, 244.
5. Muslimov, R. Kh., Musin, M. M., Musin, K. M. (2000). *Opyt primeneniia teplovikh metodov razrabotki na neftianyykh mestorozhdeniiakh Tatarstana*. Kazan: Novoe znanie, 226.
6. Slabnov, V. D. (2014). *Matematicheskoe modelirovanie tekhnologii regulirovaniia protcessa izolecheniia nefti iz neodnorodnykh plastov*. Kazan: Izd-vo Kazan. un-ta, 187.
7. Chuprov, I. F. (2008). Modelirovanie temperatury plasta pri zakachke para v vodonosnyi proplastok. *Izvestiia vuzov. Neft i gaz*, 4, 60–64.
8. Kanevskaia, R. D. (2003). *Matematicheskoe modelirovanie razrabotki mestorozhdenii uglevodorodov*. Moscow: In-t kompiut. issled., 128.
9. Ertekin, T., Abou-Kassem, J. H., King, G. R. (2001). *Basic applied reservoir simulation*. Texas: Richardson, 421.
10. Lubkov, M. V. (2014). Modeliuvannia teplovyykh protsesiv u zoni suchasnoi aktyvizatsii Dniprovsko-Donetskoi zapadyny. *Heoinformatyka*, 49 (1), 46–53.

**MECHANICAL ENGINEERING TECHNOLOGY**

DOI: 10.15587/2706-5448.2022.251059

ДОСЛІДЖЕННЯ ПЕРСПЕКТИВ БОЙОВОЇ РОБОТОТЕХНІКИ НА ПРИКЛАДІ УКРАЇНИ сторінки 6–10

Кириченко І. В.

Об'єктом дослідження є архітектура будь-якого наземного бойового робота в розрізі його окремих систем та підсистем. Проведене дослідження формує прозорі та чіткі уявлення щодо головних логічних ланок бойового робота, окремих технологій та компонентів, що використовуються в розробці та серійному виробництві. В роботі узагальнено світовий досвід та досягнення бойової робототехніки та наведені відповідні зразки на прикладі розробок колективів з України. Вказані головні системні гравці в цьому секторі оборонних технологій, тривала та продуктивна діяльність яких спричинили передумови появи перших підрозділів бойових роботів в арміях провідних країн світу.

Автором досліджено та наведено структурну будову будь-якого наземного бойового робота методом дедукції та методом відтворення функціональних можливостей. В розрізі окремих систем або підсистем наземного бойового робота надані рекомендації щодо вибору тих чи інших складових, сенсорів, технологій або їх аналогів та іншого обладнання.

У роботі узагальнено досвід керівника ТОВ «Конструкторське Бюро Роботікс» (Київ, Україна), пов'язаного із увагою представників закордонних компаній та урядових структур до українських розробок в цій сфері. Провідною думкою дослідження є пріоритетний розвиток функцій та алгоритмів бойового робота, пов'язаних із розвитком систем технічного зору та автономного руху. Реалізація цих функцій різко підвищує переваги власних бойових роботів, підвищує їх живучість та бойову ефективність, знижує ризики для операторів техніки. Наведено фактори, пов'язані із пакетом підсистем ударного модуля, що безпосередньо впливають на бойову ефективність наземного робота.

У порівнянні з аналогічними відомими дослідженнями цієї теми проведене дослідження одразу занурює читача в практичну площину розробки наземного бойового робота з точки зору інженера-творця, що забезпечує швидке отримання базових знань та уявлень та надихає на подальший пошук в цьому напрямку.

Ключові слова: наземний бойовий робот, робототехніка, система технічного зору, автономний рух, нейронна мережа.

DOI: 10.15587/2706-5448.2022.253556

ПРОЄКТУВАННЯ ТА КОНСТРУВАННЯ ДЕСИКАНТНОЇ СУШАРКИ ДЛЯ НАСІННЯ ТА ОВОЧІВ сторінки 11–15

Oluwatoyin Olunloyo, Dare Ibiyeye, Opeyemi Ajiboye, Afolabi Reuben Taiye, Folasade Afeye, Taiwo Fasunloye, Rachel Osin

Об'єктом дослідження є сушіння з використанням десикантів. Подальше збільшення обсягів виробництва продуктів харчування призвело до виникнення потреби у простих, безпечних та доступних методах консервування. Це призвело до значного збільшення кількості сушарок, придбання яких коштує місцевим фермерам недешево. Насіння та деякі овочі погано зберігаються під впливом високої температури, що використовується в більшості сушарок для сушіння, оскільки процес сушіння часто використовується як кінцевий виробничий етап перед упаковкою та продажем сільськогосподарської продукції. Сушіння з використанням десикантів – це гігієнічний, низькоенергетичний, низьковитратний та безпечний метод сушіння сільськогосподарських продуктів без їх псування чи зниження поживних якостей. У роботі була розроблена та сконструйована сушарка для насіння та овочів, і її ефективність була перевірена на листях *Vernonia amygdalina*. Матеріали для сушарки були ретельно підібрані з урахуванням їхньої вартості, доступності, міцності, легкості (ваги) та стійкості до іржі. Сушильна камера має зовнішні розміри 43 см на 30 см та внутрішні розміри 28 см на 25 см. Сушильна камера розділена на п'ять шарів; кожен шар має розміри 48 см на 44 см із загальною площею поверхні 0,2112 м².

Результати дослідження показали значну втрату вологи у висушеному зразку за 26 годин зі 167 г до 54,1 г порівняно з показниками сушіння на повітрі. Проксимальний аналіз висушеного в десикантній сушарці листя *Vernonia amygdalina* показав вищі значення за всіма параметрами порівняно із зразком, висушеним на повітрі. На підставі отриманих результатів зроблено висновок, що десикантна сушарка висушила зразки швидше, ніж звичайний метод повітряного сушіння. Рекомендовано сушити насіння та овочі в десикантній сушарці для збільшення терміну зберігання та зменшення продуктів, що швидко псуються.

Ключові слова: методи консервації, десикантна сушарка, сушіння сільськогосподарської продукції, термін придатності, швидкопсувність, листя *Vernonia amygdalina*.

MATERIALS SCIENCE

DOI: 10.15587/2706-5448.2022.252282

ФОРМУВАННЯ КОМПЛЕКСУ ВЛАСТИВОСТЕЙ МІДНОГО ДРОТУ, МЕТОДОМ КОМБІНОВАНОЇ ДЕФОРМАЦІЇ КРУЧЕННЯМ З РОЗТЯГУВАННЯМ сторінки 16–22

Пашинська О. Г., Пашинський В. В., Кралоук М. О., Бойко І. О.

Об'єктом дослідження є механічні властивості мідного дроту М1 електротехнічного призначення підданого комбінованій деформації крученням з розтягуванням. Одним з найбільш проблемних моментів в експлуатації такого дроту є його пориви при експлуатації через низьку міцність і пластичність. За ДСТУ EN 13602:2010 регламентуються тимчасовий опір розриву, відносне подовження, кількість перегинів і кількість скручування до повного руйнування. Для збільшення терміну служби виробу потрібне підвищення міцності та пластичних характеристик.

У ході дослідження використовувалися методи впливу на матеріал комбінованою пластичною деформацією крученням з розтягуванням, виконано визначення механічних характеристик (межі міцності, справжньої деформації до руйнування, відносного подовження, відносного звуження) та електропровідності. У роботі використані інструменти статистичного аналізу для моделювання та графічного відображення даних.

Запропонований підхід дозволяє підібрати режими комбінованої деформації, що забезпечують оптимальне поєднання межі міцності та відносного звуження мідного дроту М1. При певних режимах такої деформації зі збільшенням ступеня деформації вдається підвищити характеристики міцності та одночасно отримати високі значення пластичності.

Отримані результати дозволяють вважати комбіновану деформацію ефективним інструментом для досягнення високих значень величини істинної руйнівної напруги та граничної деформації з метою підвищення службових характеристик деформованого дроту. Показано, що при такій обробці виникають релаксаційні процеси, що призводить до зниження напруги та різкого збільшення пластичних характеристик. Уточнення механізмів формування комплексу характеристик дозволяє керувати особливостями структури та, відповідно, рівнем механічних властивостей для отримання дроту, що поєднує високу міцність із підвищеною в'язкістю. Це дозволяє розробляти режими деформації для отримання мідного дроту з особливими властивостями залежно від вимог замовників, наприклад: мідного дроту зі зниженим рівнем електроопору.

Ключові слова: мідний дріт М1, електротехнічне призначення, комбінована пластична деформація, питомий електроопір, релаксація напружень.

ELECTRICAL ENGINEERING AND INDUSTRIAL ELECTRONICS

DOI: 10.15587/2706-5448.2022.251947

ВИЗНАЧЕННЯ НАПРУГ НА ВИПРЯМНІЙ УСТАНОВЦІ ЕЛЕКТРОВОЗУ ВЛ-80К ДЛЯ КОЖНОЇ ПОЗИЦІЇ ПОЛОЖЕННЯ КОНТРОЛЕРА МАШИНІСТА сторінки 23–29

Гулак С. О., Ермоленко Е. К., Тхаченко В. П., Сапронова С. Ю., Юрченко В. В.

Об'єктом дослідження є електричні процеси в системі керування тяговим приводом електровозу ВЛ-80К (Росія). Для підвищення точності його математичної моделі необхідно використовувати значення параметрів, які визначені при експериментальних дослідженнях системи управління тяговим приводом. Зокрема, важливим є використання у моделі тягового приводу значення напруг на плечах випрямної установки електровозу з врахуванням позиції положення контролера машиніста. Складність моделювання полягає в тому, що в довідниковій літературі не наведено значення напруг на плечах випрямної установки для кожної позиції положення контролера машиніста, що ускладнює перевірку отриманої моделі. Запропоновано схему вимірювання значення напруг на плечах випрямної установки електровозу для кожної позиції положення контролера машиніста. На її основі розроблено імітаційну модель в програмному середовищі MATLAB. На імітаційній моделі реалізовано алгоритм замикання контакторів електричного групового контактору для кожної позиції положення контролера машиніста. Апробацію методики вимірювання напруг виконано на електровозі серії ВЛ-80К під час поїздки на ділянці Дарниця – Миронівка (Україна). Порівняння значень напруг на плечах випрямної установки, отриманих експериментальним шляхом, з паспортними даними показали, що похибка вимірювання склала 0,5 %. Крім того, експериментальні результати показали, що напруги на плечах випрямної установки для парних позицій положення контролера машиніста є однаковими, для непарних – різними. Тому при моделюванні роботи системи управління тяговим приводом також окремо знімалися значення напруг на різних плечах випрямної установки. Порівняння результатів моделювання для номінального режиму з паспортними даними показало, що для цього режиму похибка вимірювання склала 3,78 %. Для всіх інших – не перевищила 5 %.

Ключові слова: тяговий привід, система управління, електричний груповий контактор, значення напруг, випрямна установка.

TECHNOLOGY AND SYSTEM OF POWER SUPPLY

DOI: 10.15587/2706-5448.2022.253109

ПІДРАХУНОК ЗАПАСІВ ГАЗУ НА ОСНОВІ РЕЗУЛЬТАТІВ МОДЕЛЮВАННЯ РОЗПОДІЛУ ПЛАСТОВОГО ТИСКУ сторінки 30–35

Захарчук О. О.

Об'єктом дослідження є газоносний пласт В-26 Західно-Радченківського газоконденсатного родовища (Україна). Одним з найбільш проблемних місць в процесі розвідки та дослідно-промислової експлуатації Західно-Радченківського газоконденсатного родовища було отримання неоднозначних даних по видобувних запасах (розраховані різними авторами значення варіюються від 14 тис. до 424 млн. м³). На сьогодні родовище є законсервованим і використання нового підходу до розрахунку початкових запасів газу може бути корисним для прийняття рішення про початок розробки єдиного продуктивного пласта В-26.

В ході дослідження використовувалися теоретичні методи дослідження: системний аналіз використаної інформації, чисельне моделювання на основі комбінованого скінченно-елементно-різницевого методу, методи візуального подання отриманої інформації, аналітичні методи. Запропонований в роботі метод розрахунку запасів газу поєднує об'ємний метод та моделювання фільтраційних процесів із застосуванням комбінованого скінченно-елементно-різницевого методу. Останній дозволяє враховувати неоднорідну за проникністю будову пласта та адекватно на кількісному рівні описувати розподіл нестационарного пластового тиску навколо видобувної свердловини. За допомогою застосування аналітичної формули за значеннями середніх пластових та вибієвних тисків розраховано радіус контуру живлення свердловини при різних термінах розробки пласта. Таким чином, визначається активна площа (та об'єм) пласта, по якій ведуться розрахунки видобувних запасів родовища. Розраховані таким чином видобувні запаси Західно-Радченківського родовища становлять 174 млн. м³ газу.

Запропонований в даному дослідженні метод розрахунку запасів є корисним для прийняття рішення про подальшу розробку Західно-Радченківського газоконденсатного родовища. Поєднання об'ємного методу із результатами моделювання фільтраційних процесів є оперативним методом підрахунку запасів пласта, розкритого однією видобувною свердловиною. При цьому, застосування комбінованого скінченно-елементно-різницевого методу дозволяє враховувати складну неоднорідну будову пласта та прогнозувати розподіл пластових нестационарних тисків навколо видобувної свердловини.

Проведене дослідження на прикладі Західно-Радченківського газоконденсатного родовища України є цікавим при підрахунку запасів пластів складної будови всього світу, за умови розкриття продуктивного пласта однією видобувною свердловиною.

Ключові слова: газонасні пласти, видобувні запаси, об'ємний метод, скінчено-елементно-різницевий метод, розподіл пластового тиску.

DOI: 10.15587/2706-5448.2022.251938

ДОСЛІДЖЕННЯ ПУЛЬСУЮЧОГО ПОТОКУ ПРОМИВАЛЬНОЇ РІДИНИ У БУРИЛЬНІЙ КОЛОНІ сторінки 36–40

Світлицький В. М., Бошкова І. Л.

Об'єктом дослідження є пульсуючий потік промивальної рідини у бурильній колоні. Одним з найбільш проблемних місць є втрати тиску за рахунок сил тертя, розподілених по довжині потоку та зосереджених у її вузлах (різьбових з'єднаннях і викривленнях труб).

В ході дослідження використовувалися методи перетворення, що дозволяють бурильну колону представити у вигляді прямолінійних труб – елементів з розподіленими параметрами, з'єднаними різними неоднорідностями. Це дає можливість визначення характеристик пульсуючого потоку промивального розчину звести до визначення зосереджених параметрів включень, граничних умов на початку та в кінці бурильних труб, як однорідних участків бурильної колоні. У свою чергу втрати тиску в бурильній колоні при роторному бурінні було розділено на два види втрат. Це втрати по всій довжині колоні (потоку) та місцеві втрати тиску, які отримуються тільки в окремих місцях потоку рідини (наприклад, замкові з'єднання та ін.), завдяки тому, що в них потік терпить місцеву деформацію.

Отримано, що з технологічної точки зору найбільш сприятливим є такий діаметр свердловини, при якому опір потоку у трубах дорівнює опору у затрубному просторі. Це пов'язано з тим, що в процесі перебігу промивальної рідини швидкість турбулентного потоку знижується тільки біля стінок труби. Тому під дією відцентрових сил на згинах труби, як неоднорідностях, при виникненні місцевих втрат натиску за рахунок відриву транзитного потоку, відбувається звуження діаметру труби унаслідок накопичення твердих частинок в водоворотних зонах та швидкостей потоку. За плавного повороту труби вказаний відрив може бути відсутнім. У цьому випадку місцеві втрати натиску, у значній мірі, обумовлені виникненням на повороті «парового вихора» (гвинтовим рухом, що викликаний дією сил інерції). Тому необхідною умовою обертового буріння є безперервна циркуляція промивального розчину, повне або часткове припинення якої робить неможливим подальше буріння. При цьому процес буріння сповільнюється, або призводить до аварії. Це пов'язане з накопиченням твердої фази у місцях виникнення водоворотних областей.

Результати досліджень стануть у нагоді науковцям та фахівцям нафтогазової галузі під час фізичного моделювання процесів промивки свердловин в процесі їх буріння та проектування технологічних процесів промивки.

Ключові слова: бурильна колона, промивальна рідина, пульсуючий потік, накопичення твердої фази, обертове буріння.

DOI: 10.15587/2706-5448.2022.253618

МОДЕЛЮВАННЯ РОЗІГРІВУ ПЛАСТІВ З МЕТОЮ ЗБІЛЬШЕННЯ НАФТОВІДДАЧІ сторінки 41–46

Лубков М. В., Мосійчук К. О.

Об'єктом дослідження є оптимальне розташування тепло-нагнітальних свердловин для нагріву пластів з метою збільшення нафтовіддачі та відповідно підтримки нафтовидобування у важкодоступних неоднорідних пластах. Одним з найбільш проблемних місць у сучасному нафтовидобуванні є ускладнення вилучення високов'язкої нафти з пластів. До сих пір найбільш ефективним методом для подолання вказаної проблеми залишається тепловий метод. Однак можливості цього методу обмежені його високою енерговитратністю та витратами на відповідні промислові дослідження. Таким чином, важливості набувають менш витратні відповідні методи математичного моделювання. В ході дослідження використовується комбінований скінчено-елементно-різницевий метод для нестационарної задачі теплопровідності. Проведено чисельне моделювання розподілу температури навколо тепло-нагнітальних свердловин з урахуванням неоднорідності теплових властивостей нафтоносного пласта та умов конвективного теплообміну на межах пласта. Запропонований метод, у зв'язку з його високою точністю та збіжністю розв'язку, дозволяє отримувати достовірні практичні результати та має ряд переваг у порівнянні з подібними методами досліджень. Встановлено, що процес розігріву нафтоносних пластів є повільним та енерговитратним, тому для збільшення рентабельності, очевидно, необхідно використовувати супутні продукти видобутку, наприклад, супутній газ. Показано, що менш зволожені пласти краще нагріваються і немає сенсу розігрівати пласт довше ніж два тижні, тому що величина радіуса ефективною області розігріву (з температурою, що перевищує 80 °С, яка необхідна для виходу високов'язкої нафти з породи) в даному випадку є достатньою. Також встановлено, що експлуатація тепло-нагнітальних свердловин є більш рентабельною при їх сумісній взаємодії. В цьому випадку ефективна площа розігріву нафтоносного пласта і, відповідно, кількість розташування видобувних свердловин будуть найбільшими. З іншого боку, основним фактором розташування тепло-нагнітальних свердловин є особливі характеристики нафтоносної ділянки пласта у кожному окремому випадку. Представлені в даній роботі конфігурації розташування тепло-нагнітальних свердловин охоплюють найбільш оптимальні випадки покриття розглянутої нафтоносної ділянки пласта та можуть бути використані на практиці.

Ключові слова: скінчено-елементно-різницевий метод, комп'ютерне моделювання, теплові процеси, важкодоступні нафтоносні пласти, тепло-нагнітальні свердловини.