



## METALLURGICAL TECHNOLOGY

DOI: 10.15587/2706-5448.2022.263428

**REVEALING THE SIGNIFICANCE OF THE INFLUENCE OF VANADIUM ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF CAST IRON FOR CASTINGS FOR MACHINE-BUILDING PURPOSE**

pages 6–10

*Liliia Frolova*, Postgraduate Student, Department of Foundry, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv, Ukraine; Researcher, Scientific department, PC TECHNOLOGY CENTER, Kharkiv, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7090-5647>, e-mail: [frolova@entc.com.ua](mailto:frolova@entc.com.ua)

*Andriy Barsuk*, Head of IT department, PC TECHNOLOGY CENTER, Kharkiv, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7978-4407>

*Denys Nikolaiev*, Systems analyst, Analytical department, PC TECHNOLOGY CENTER, Kharkiv, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8324-1760>

The object of study in this work is cast iron with lamellar graphite, modified with two types of modifiers – FeSi75 and FeSi40V7. In this work, the influence of vanadium on the mechanical properties of cast iron used for castings for engineering purposes was determined.

The existing problem lies in the fact that ignorance of the influence of the alloying element on the mechanical properties of the alloy does not allow determining its consumption rates during the melting process. This can lead to unnecessary costs for materials for melting and casting, and not be justified in terms of the expected improvement in properties.

To determine the effect of vanadium on properties, three indicators of the quality of cast iron are considered: tensile strength, stiffness, and a generalized quality index for mechanical properties. A decision is proposed on the procedure for checking the significance of the influence of vanadium within the considered range of variation  $V=0.04-0.078\%$  on these indicators.

It has been established that the introduction of vanadium into cast iron as part of the FeSi40V7 modifier leads to a decrease in the tensile strength by 4 %, but to an increase in rigidity by 2 %. A significant influence of vanadium with a probability of 95 % was also established with respect to the generalized quality indicator for mechanical properties – the introduction of vanadium contributes to a drop in this indicator by about 5 %.

As a result, it was concluded that the use of vanadium in the composition of FeSi40V7 within the final content in cast iron at the level of 0.04–0.078 % can be expedient only if it is necessary to increase the hardness of cast iron due to the promotion of carbide formation during alloy crystallization.

The presented study will be useful for machine-building enterprises that have foundries in their structure, where cast iron is smelted for the manufacture of castings.

**Keywords:** cast iron for machine-building castings, modifier, alloying, vanadium, mechanical properties.

**References**

1. Roberts, D. G., Hodge, E. M., Harris, D. J., Stubington, J. F. (2010). Kinetics of Char Gasification with CO<sub>2</sub> under Regime II Conditions: Effects of Temperature, Reactant, and Total Pressure. *Energy & Fuels*, 24 (10), 5300–5308. doi: <http://doi.org/10.1021/ef100980h>
2. Kim, S. K., Park, C. Y., Park, J. Y., Lee, S., Rhu, J. H., Han, M. H. et. al. (2014). The kinetic study of catalytic low-rank coal gasification under CO<sub>2</sub> atmosphere using MVRM. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 20 (1), 356–361. doi: <http://doi.org/10.1016/j.jiec.2013.03.027>
3. Demin, D. A. (1998). Change in cast iron's chemical composition in inoculation with a Si-V-Mn master alloy. *Litejnoe Proizvodstvo*, 6, 35.
4. Fourlakidis, V., Diószegi, A. (2014). A generic model to predict the ultimate tensile strength in pearlitic lamellar graphite iron. *Materials Science and Engineering: A*, 618, 161–167. doi: <http://doi.org/10.1016/j.msea.2014.08.061>
5. Endo, M., Yanase, K. (2014). Effects of small defects, matrix structures and loading conditions on the fatigue strength of ductile cast irons. *Theoretical and Applied Fracture Mechanics*, 69, 34–43. doi: <http://doi.org/10.1016/j.tafmec.2013.12.005>
6. Demin, D. A., Pelikh, V. F., Ponomarenko, O. I. (1995). Optimization of the method of adjustment of chemical composition of flake graphite iron. *Litejnoe Proizvodstvo*, 7-8, 42–43.
7. Demin, D. (2018). Investigation of structural cast iron hardness for castings of automobile industry on the basis of construction and analysis of regression equation in the factor space «carbon (C) – carbon equivalent (C<sub>eq</sub>)». *Technology Audit and Production Reserves*, 3 (1 (41)), 29–36. doi: <http://doi.org/10.15587/2312-8372.2018.109097>
8. Demin, D. (2017). Strength analysis of lamellar graphite cast iron in the «carbon (C) – carbon equivalent (C<sub>eq</sub>)» factor space in the range of C=(3,425–3,563) % and C<sub>eq</sub>=(4,214–4,372) %. *Technology Audit and Production Reserves*, 1 (1 (33)), 24–32. doi: <http://doi.org/10.15587/2312-8372.2017.93178>
9. Demin, D. (2017). Synthesis of nomogram for the calculation of sub-optimal chemical composition of the structural cast iron on the basis of the parametric description of the ultimate strength response surface. *ScienceRise*, 8 (37), 36–45. doi: <http://doi.org/10.15587/2313-8416.2017.109175>
10. Popov, S., Frolova, L., Rebrov, O., Naumenko, Y., Postupna, O., Zubko, V., Shvets, P. (2022). Increasing the mechanical properties of structural cast iron for machine-building parts by combined Mn–Al alloying. *EUREKA: Physics and Engineering*, 1, 118–130. doi: <http://doi.org/10.21303/2461-4262.2022.002243>
11. Frolova, L., Shevchenko, R., Shpyh, A., Khoroshailo, V., Antonenko, Y. (2021). Selection of optimal Al–Si combinations in cast iron for castings for engineering purposes. *EUREKA: Physics and Engineering*, 2, 99–107. doi: <http://doi.org/10.21303/2461-4262.2021.001694>
12. Kharchenko, S., Barsuk, A., Karimova, N., Nanka, A., Pelypenko, Y., Shevtsov, V., Morozov, I., Morozov, V. (2021). Mathematical model of the mechanical properties of Ti-alloyed hypoeutectic cast iron for mixer blades. *EUREKA: Physics and Engineering*, 3, 99–110. doi: <http://doi.org/10.21303/2461-4262.2021.001830>

DOI: 10.15587/2706-5448.2022.263408

**INFLUENCE OF CAST IRON VACUUMING ON THE LEVEL OF MECHANICAL CHARACTERISTICS OF THE MATERIAL OF THE WORKING LAYER OF DOUBLE-LAYER CHROMIUM-NICKEL ROLLS**

pages 11–14

*Anatolii Avtukhov*, Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Service Engineering and Materials Technology in Mechanical Engineering named after A. I. Sidashenko, State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine, e-mail: [a.k.avtukhov@gmail.com](mailto:a.k.avtukhov@gmail.com), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7613-1803>

*Oleksandr Martynenko*, PhD, Associate Professor, Department of Service Engineering and Materials Technology in Mechanical Engineering named after A. I. Sidashenko, State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3047-8254>

**Vyacheslav Bantkovskiy**, Associate Professor, Department of Service Engineering and Materials Technology in Mechanical Engineering named after A. I. Sidashenko, State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0275-4848>

**Yevhen Kovalevskiy**, Postgraduate Student, Department of Service Engineering and Materials Technology in Mechanical Engineering named after A. I. Sidashenko, State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7107-896X>

The object of research is chromium-nickel cast iron of the working layer of two-layer sheet-rolling rolls of the LPKhNd design. At present, chromium-nickel cast iron is widely used for the manufacture of rolls for sheet and section rolling mills. One of the ways to improve the operational properties of products made of chromium-nickel cast iron is the refining of molten metal by vacuum. The existing problem is that information on the effect of vacuuming on the performance of chromium-nickel iron is very limited.

Rolls with the most characteristic concentration of alloying elements for LPKhNd performance were selected for the study. When evaluating the properties of vacuumed cast iron and cast iron by traditional technology, the level of strength, hardness, as well as special properties were determined, the study of which is caused by the peculiarities of the operation of rolling rolls (thermal wear resistance and crack resistance).

It has been established that there is no significant difference in the structures of rolls made of vacuumed and non-vacuumed cast iron. The structure of the rolls consists of martensite, bainite and carbides. With an increase in the content of graphite-forming elements (C, Si, Ni), graphite inclusions appear in the structure, and with their decrease, individual troostite colonies appear. The physical and mechanical properties of vacuumed and non-vacuumed cast iron are on the same level. The crack resistance of the chilled zone of vacuum cast iron is 12.35 % higher than that of cast iron of the traditional production method, and the transition zone is 11.96 %. The thermal endurance of the chilled zone of the roll material increased by 14.95 % as a result of vacuuming of the molten metal, and the transition zone – by 14.56 %. An increase in crack resistance and heat resistance can help reduce the chipping of the working layer of chromium-nickel rolls of sheet mills during operation and increase their resource indicators.

The obtained results of research indicate a positive effect of vacuuming on individual indicators (crack resistance and heat resistance) of the working layer of the forming tools of sheet rolling mills.

**Keywords:** chromium-nickel cast iron, vacuuming, working layer, physical and mechanical properties, crack resistance, thermal resistance, rolling shafts.

#### References

1. Skoblo, T. S., Sidashenko, A. I., Aleksandrova, N. M., Belkin, E. L., Vlasovets, V. M., Klochko, O. Iu., Martynenko, A. D. (2013). *Proizvodstvo i primeneniye prokatnykh valkov*. Kharkiv: TcD No. 1, 572.
2. *Issledovaniya vliyaniya vakuumirovaniya chuguna na ego strukturu i svoystva*. Available at: <http://metal-archiv.ru/gazy-v-litometalle/302-issledovanie-vliyaniya-vakuumirovaniya-chuguna-na-ego-strukturu-i-svoystva.html>
3. Diudkin, D. A., Kisilenko, V. V. (2008). *Proizvodstvo stali. Vol. 2. Vnepechnaia obrabotka zhidkogo chuguna*. Moscow: Teplotekhnika, 400.
4. Samarin, A. M. (1962). *Vakuumnaia metallurgiya*. Moscow: Gosudarstvennoe nauchno-tehnicheskoe izdatelstvo literatury po cherno i tsvetnoi metallurgii, 512.
5. Migai, V. P. (1963). O vakuumirovani serogo chuguna. *Liteinoe proizvodstvo*, 1, 7–9.
6. Kuzmin, I. V. (1962). Vliianie vakuuma i gazov na khimicheskii sostav i strukturu evtekticheskogo chuguna. *Liteinoe proizvodstvo*, 5, 18–19.
7. Skoblo, T. S., Vorontsov, N. M., Rudiuk, S. I. (1994). *Prokatnye valki iz vysokouglerodistykh splavov*. Moscow: Metallurgiya, 336.
8. Skoblo, T. S., Avtukhov, A. K., Pasko, N. S. (2013). Issledovanie vliyaniya vakuumirovaniya na kachestvo prokatnykh valkov. *Promyshlennost v fokuse*, 7, 54–58.
9. Magaon, M., Radu, M., Șerban, S., Zgripcea, L. (2018). Research regarding the vacuuming of liquid steel on steel degassing. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 294, 012005. doi: <http://doi.org/10.1088/1757-899x/294/1/012005>
10. Stenholm, K. (2016). *The effect of ladle treatment on steel cleanliness in tool steels*. Stockholm, 52.
11. Zulhan, Z., Schrade, C. (2014). *Vacuum Treatment of Molten Steel: RH (Ruhstahl Heraeus) versus VTD (Vacuum Tank Degasser)*. SEAI Conference and Exhibition. Kuala Lumpur, 7.
12. Maslov, A. A. (1978). Ustanovka dlia ispytaniy metallov v usloviyakh teplosmen. *Zavodskaya laboratoriya*, 5, 622–623.
13. GOST 25.506. (1985). *Raschety i ispytaniya na prochnost. Metody mekhanicheskikh ispytaniy materialov. Opredeleniye kharakteristik treshchinosostoikosti (viazkosti razrusheniya) pri staticheskom nagruzenii*. Moscow: Izd-vo standartov, 62.
14. Skoblo, T. S., Avtukhov, A. K., Sokolov, R. G. (2013). Opyt ekspluatatsii rabochikh valkov stana 2000. *Nauchniat potetsial na sveta. Vol. 20. Tekhnologii*. Sofiya: Bial GRAD-BG, OOD, 13–27.

## MECHANICS

DOI: 10.15587/2706-5448.2022.263238

### CONSTRUCTION OF HOMOGENEOUS SOLUTIONS IN THE TORSION PROBLEM FOR A TRANSVERSALLY ISOTROPIC SPHERE WITH VARIABLE ELASTIC MODULI

page 15–20

**Sevinc Yusubova**, Lecturer, Lyceum named after Heydar Aliyev, Baku, Azerbaijan, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0841-2520>, e-mail: [sevinc.yusubova.75@mail.ru](mailto:sevinc.yusubova.75@mail.ru)

The object of research is the problem of torsion for a radially inhomogeneous transversally isotropic sphere and the study based on this three-dimensional stress-strain state.

To establish the scope of applicability of existing applied theories and to create more refined applied theories of inhomogeneous shells, it is important to study the stress-strain state of inhomogeneous bodies based on three-dimensional equations of elasticity theory.

The problem of torsion of a radially inhomogeneous transversally isotropic non-closed sphere containing none of the poles 0 and  $\pi$  is considered. It is believed that the elastic moduli are linear functions of the radius of the sphere. It is assumed that the lateral surface of the sphere is free from stresses, and arbitrary stresses are given on the conic sections, leaving the sphere in equilibrium.

The formulated boundary value problem is reduced to a spectral problem. After fulfilling the homogeneous boundary conditions specified on the side surfaces of the sphere, a characteristic equation is obtained with respect to the spectral parameter. The corresponding solutions are constructed depending on the roots of the characteristic equation. It is shown that the solution corresponding to the first group of roots is penetrating, and the stress state determined by this solution is equivalent to the torques of the stresses acting in an arbitrary section  $\theta = \text{const}$ . The solutions corresponding to the countable set of the second group of roots have the character of a boundary layer localized in conic slices. In the case of significant anisotropy,

some boundary layer solutions decay weakly and can cover the entire region occupied by the sphere.

On the basis of the performed three-dimensional analysis, new classes of solutions (solutions having the character of a boundary layer) are obtained, which are absent in applied theories. In contrast to an isotropic radially inhomogeneous sphere, for a transversely isotropic radially inhomogeneous sphere, a weakly damped boundary layer solution appears, which can penetrate deep far from the conical sections and change the picture of the stress-strain state.

**Keywords:** torsion problem, elastic moduli, Legendre equations, penetrating solutions, boundary layer solutions, torque.

#### References

- Birman, V., Byrd, L. W. (2007). Modeling and analysis of functionally graded materials and structures. *Applied Mechanics Reviews*, 60 (5), 195–215. doi: <http://doi.org/10.1115/1.2777164>
- Tokovy, Y., Ma, C. C. (2019). Elastic analysis of inhomogeneous solids: history and development in brief. *Journal of Mechanics*, 35 (5), 613–626. doi: <http://doi.org/10.1017/jmech.2018.57>
- Love, A. E. (1927). *A treatise on the mathematical theory of elasticity*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Galerkin, B. G. (1942). Ravnovesie uprugoi sfericheskoi obolochki. *Prikladnaia matematika i mekhanika*, 6 (6), 487–496.
- Lure, A. I. (1942). Ravnovesie uprugoi simmetrichno nagruzhennoi sfericheskoi obolochki. *Prikladnaia matematika i mekhanika*, 7 (6), 393–404.
- Vilenskaia, T. V., Vorovich, I. I. (1966). Asimptoticheskoe povedenie resheniia zadachi teorii uprugosti dlia sfericheskoi obolochki maloi tolshchiny. *Prikladnaia matematika i mekhanika*, 30 (2), 278–295.
- Mekhtiyev, M. F. (2019). *Asymptotic analysis of spatial problems in elasticity*. *Advanced Structured Materials*. Springer. doi: <http://doi.org/10.1007/978-981-13-3062-9>
- Boev, N. V., Ustinov, Iu. A. (1985). Prostranstvennoe napriazhenno-deformirovannoe sostoianie trekhslonnoi sfericheskoi obolochki. *Izv. AN SSSR. Mekhanika tverdogo tela*, 3, 136–143.
- Akhmedov, N. K., Ustinov, Y. A. (2009). Analysis of the structure of the boundary layer in the problem of the torsion of a laminated spherical shell. *Journal of Applied Mathematics and Mechanics*, 73 (3), 296–303. doi: <http://doi.org/10.1016/j.jappmathmech.2009.07.010>
- Ootao, Y., Ishihara, M. (2011). Transient Thermal Stress Problem of a Functionally Graded Magneto-Electro-Thermoelastic Hollow Sphere. *Materials*, 4 (12), 2136–2150. doi: <http://doi.org/10.3390/ma4122136>
- Poultangari, R., Jabbari, M., Eslami, M. R. (2008). Functionally graded hollow spheres under non-axisymmetric thermo-mechanical loads. *International Journal of Pressure Vessels and Piping*, 85 (5), 295–305. doi: <http://doi.org/10.1016/j.ijpvp.2008.01.002>
- Eslami, M. R., Babaei, M. H., Poultangari, R. (2005). Thermal and mechanical stresses in a functionally graded thick sphere. *International Journal of Pressure Vessels and Piping*, 82 (7), 522–527. doi: <http://doi.org/10.1016/j.ijpvp.2005.01.002>
- Grigorenko, A. Y., Yaremchenko, N. P., Yaremchenko, S. N. (2018). Analysis of the Axisymmetric Stress–Strain State of a Continuously Inhomogeneous Hollow Sphere. *International Applied Mechanics*, 54 (5), 577–583. doi: <http://doi.org/10.1007/s10778-018-0911-1>
- Akhmedov, N. K., Sofiyev, A. H. (2019). Asymptotic analysis of three-dimensional problem of elasticity theory for radially inhomogeneous transversally-isotropic thin hollow spheres. *Thin-Walled Structures*, 139, 232–241. doi: <http://doi.org/10.1016/j.tws.2019.03.022>
- Akhmedov, N. K., Gasanova, N. S. (2020). Asymptotic behavior of the solution of an axisymmetric problem of elasticity theory for a sphere with variable elasticity modules. *Mathematics and Mechanics of Solids*, 25 (12), 2231–2251. doi: <http://doi.org/10.1177/1081286520932363>
- Akhmedov, N. K., Yusubova, S. M. (2022). Investigation of elasticity problem for the radially inhomogeneous transversely isotropic sphere. *Mathematical methods in the applied sciences*. doi: <http://doi.org/10.1002/mma.8360>
- Lur'e, A. I. (2005). *Theory of Elasticity*. Berlin: Springer.

## ELECTRICAL ENGINEERING AND INDUSTRIAL ELECTRONICS

DOI: 10.15587/2706-5448.2022.263397

### MODERNIZATION OF GAS DISCHARGE VISUALIZATION FOR APPLICATION IN MEDICAL DIAGNOSTICS

pages 21–29

**Volodymyr Oliinyk**, PhD, Professor of Department of Electronic and Biomedical Computerized Means and Technologies, National Aerospace University «Kharkiv Aviation Institute», Kharkiv, Ukraine, e-mail: [v.oliinyk@khai.edu](mailto:v.oliinyk@khai.edu), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7899-1591>

**Mykhailo Babakov**, PhD, Professor, Department of Electronic and Biomedical Computerized Means and Technologies, National Aerospace University «Kharkiv Aviation Institute», Kharkiv, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8642-3693>

**Yurii Lomonosov**, PhD, Associate Professor, Department of Electronic and Biomedical Computerized Means and Technologies, National Aerospace University «Kharkiv Aviation Institute», Kharkiv, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6115-6194>

**Viacheslav Oliinyk**, PhD, Associate Professor, Department of Electronic and Biomedical Computerized Means and Technologies, National Aerospace University «Kharkiv Aviation Institute», Kharkiv, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7443-3720>

**Oleksandr Zinchenko**, Assistant, Department of Electronic and Biomedical Computerized Means and Technologies, National Aerospace University «Kharkiv Aviation Institute», Kharkiv, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5651-8931>

The object of research is the processes of the emergence and glow of a discharge around biological structures in a pulsed electric field. Such processes have found use in the method of gas discharge visualization. In medical diagnostics, the general state of human health is assessed by the characteristics of gas-discharge images of fingers. One of the most problematic areas of the correctness of medical diagnostics is the dependence of the visual components of the image on the electrical characteristics of the discharge and the physical and chemical characteristics of the surrounding environment.

In the course of the study, methods of modeling the electric discharge current circuit and electrical properties of biostructures were used.

The proposed solution allows taking into account: the amplitude of the impulse voltage of the discharge, the frequency of the impulses, the duration and intensity of the impulses, the polarity, which act as additional diagnostic parameters of the gas-discharge visualization process. Physical processes are considered, and a model of a chain of gas discharge around a biological object in a pulsed electric field is proposed. It is shown that the occurrence of a discharge and the characteristics of the glow depend on the amplitude, duration, frequency, and polarity of the pulse voltage. These additional parameters determine the correctness of further visual diagnostics. Their quantitative measurement and the possibility of objective comparison should be attributed to the advantages of registering the proposed parameters of gas discharge visualization. The specified properties of these parameters provide an additional opportunity to digitally describe the condition of the object under study, and subsequently to automate

diagnostics. The structural diagrams of the device for conducting research using the method of gas discharge visualization, the high-voltage impulse voltage generator unit for the hardware consideration of additional gas discharge parameters and their connection with medical and biological indicators have been developed.

The use of the method and means of gas discharge visualization to assess the functional state of the flight crew in the pre- and post-flight period requires the development of special equipment. The proposed technical solutions require experimental verification. Comparative studies of diagnostic conclusions by the method of gas-discharge visualization with traditional medical diagnostics are necessary.

**Keywords:** biological object, gas discharge, visualization, electric discharge circuit model, structural diagram, gas-discharge sensor.

**References**

1. Korotkov, K. G. (2001). *Osnovy GRV bioelektrokardiografii*. Saint Petersburg: SPbGITMO, 354.
2. Korotkov, K. G. (2007). *Printsipy analiza v GRV Bioelektrografii*. Saint Petersburg: Renome, 286.
3. Korotkov, K. G., Matravets, P., Orlov, D. V., Williams, B. O. (2010). Application of Electrophoton Capture (EPC) Analysis Based on Gas Discharge Visualization (GDV) Technique in Medicine: A Systematic Review. *The Journal of Alternative and Complementary Medicine*, 16 (1), 13–25. doi: <http://doi.org/10.1089/acm.2008.0285>
4. Korotkov, K. G. (1982). *Issledovanie fizicheskikh protsessov, protsekhivshchikh pri gazorazriadnoi vizualizatsii razlichnykh ob'ektov*. Leningrad, 227.
5. Bista, S., Jasti, N., Bhargav, H., Sinha, S., Gupta, S., Ramarao, P., Chaturvedi, S. K., Gangadhar, B. N. (2022). *Applications of Gas Discharge Visualization Imaging in Health and Disease: A Systematic Review*. *Alternative Therapies in Health and Medicine*.
6. Grozdeva, D., Dikova, T. (2018). Gas discharge visualization – historical developments, research dynamics and innovative applications. *Scripta Scientifica Salutis Publicae*, 4, 27–33. doi: <http://doi.org/10.14748/sssp.v4i0.5448>
7. Kolomiets, R. O. (2005). Zahalni pryntsyipy doslidzhennia biolohichnykh ob'ektiv za dopomohoiu metodu hazorozriadnoi vizualizatsii. *Visnyk ZhDTU Seriya – Tekhnichni nauky*, 4 (35), 61–67.
8. Korotkov, K. G. et al. (2012). Pat. No.: US 8,321,010 B2. *Method for Determining the Condition of a Biological Object and Device for Making Same*. Published: 27.10.2012. Available at: <https://patentimages.storage.googleapis.com/6c/4c/11/795f70f41649f8/US8321010.pdf>
9. Korotkov, K. H., Yusubov, R. R.-O. (2011). Sposob opredeleniya sostoiannya byolohicheskogo ob'ekta y ustroystvo dlia eho realizatsyy. *Vsemyrnaia Orhanyzatsyia Yntellektualnoi Sobstvennosti. Nomer mezhdunarodnoi publikatsyy* WO2011/028146 A1.
10. Korotkov, K. G., Korotkina, S. A., Jusubov, R. R.-O. (2010). Pat. No. US 2010/0106424 A1. *Device for determining the state of a biological subject*. Published: 29.04.2010. Available at: <https://patents.justia.com/patent/20100106424>
11. Chehnev, V. L., Chehneva, L. V., Myniailo, V. N., Sosnovskiy, M. S. (2018). *Sposob rezonansno-volnovoho testyrovannya sostoiannya orha-*

- nov y system*. Evrazyiskoe patentnoe vedomstvo EA029691B1. Declared: 29.08.2011; published: 30.04.2018.
12. Kukhtyn, V. V., Petelskyi, P. V., Chepurnyi, Yu. V. (2010). Aparatna realizatsiia i diahnostychni mozhlyvosti metodu hazorozriadnoi vizualizatsii. *Visnyk Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu Ukrainy «KPI»*, 143 Seriya – Radiotekhnika. *Radioaparotobuduvannia*, 42, 139–144.
13. Korotkov, K. G., Matravets, P., Orlov, D. V., Williams, B. O. (2010). Application of electrophoton capture (EPC) analysis based on gas discharge visualization (GDV) technique in medicine: a systematic review. *Journal of Alternative and Complementary Medicine*, 16 (1), 13–25. doi: <http://doi.org/10.1089/acm.2008.0285>
14. Kostyuk, N., Cole, P., Meghanathan, N., Isokpehi, R. D., Cohly, H. H. P. (2011). Gas Discharge Visualization: An Imaging and Modeling Tool for Medical Biometrics. *International Journal of Biomedical Imaging*, 2011, 1–7. doi: <http://doi.org/10.1155/2011/196460>
15. Babelyuk, V., Dobrovolskiy, Y., Pidkamin, L., Popovych, I., Ushenko, Y. (2020). Usage of a gas-discharge visualization for an investigation of a human internal energy. *Fourteenth International Conference on Correlation Optics*. doi: <http://doi.org/10.1117/12.2553951>
16. Babelyuk, V., Tserkovniuk, R., Babelyuk, N., Zukow, X., Ruzhylo, S., Dubkova, G. et. al. (2021). The parameters of gas discharge visualization (biophotonics) correlated with parameters of acupuncture points, EEG, HRV and hormones. *Journal of Education, Health and Sport*, 11 (12), 359–373. doi: <http://doi.org/10.12775/jehs.2021.11.12.030>
17. Kosulina, N. H., Cherenkov, O. D., Kuchyn, L. F., Sverhun, Yu. F. (2006). Pat. No. 18211 UA. *Prystrii dlia fotohrafuvannia ta obstezhenia biolohichnykh ob'ektiv na osnovi efektu Kirlian*. MPK (2006) G03B41/00. No. a 2005 11572; declared: 05.12.2005; published: 15.11.2006, Bul. No. 11, 4.
18. Kozharin, V. V., Zatsepin, M. M., Domorod, N. Ye. (1986). *Elektrorozriadnyi metod vizualizatsii*. Minsk, 134.
19. Pavliuk, O. A. (2015). *Metod i zasib hazorozriadnoi vizualizatsii dlia analizu ridynnofaznykh bioob'ektiv*. Vinnytsia, 240.
20. Aronov, M. A. (1969). *Elektricheskie razriady v vozdukh pri napriazhenii vysokoi chastoty*. Moscow: Energiia, 175.
21. Bilynskyi, Y. Y., Pavliuk, O. A. (2016). *Metody i zasoby hazorozriadnoi vizualizatsii dlia analizu ridynnofaznykh bioob'ektiv*. Vinnytsia: VNTU, 120.
22. Kadomtceva, B. B. (Ed.) (1989). *Voprosy teorii plazmy*. Moscow: Energoatomizdat, 248.
23. Raizer, Iu. P. (2009). *Fizika gazovogo razriada*. Dolgoprudnyi: Intellect, 725.
24. Oliinyk, V. P., Babushenko, S. S. (2020). Vybir dodatkovykh parametriv protsesu hazorozriadnoi vizualizatsii dlia zastosuvannia v medychnii diahnozytsii. *Informatsiini systemy ta tekhnologii v medytsyni» (ISM–2020)*. Kharkiv: Nats. aerokosm. un-t im. M. Ye. Zhukovskoho «Kharkiv. aviats. in-t», 195–197.
25. *Hazorozriadnaia vyzualyziatsyia ustroystva skhemy*. Available at: <https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&q=Гаазорозрядна+визуализация+устройства+схемы#imgsrc=p0-1qlesqYztxM>

**TECHNOLOGY AND SYSTEM OF POWER SUPPLY**

DOI: 10.15587/2706-5448.2022.263747

**APPROVAL OF THE COMBINED RESERVE CALCULATION METHOD (CHERVONOZAYARSKIE GAS FIELD AS AN EXAMPLE)**

pages 30–36

*Michail Lubkov, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Director of Poltava Gravimetric Observatory within S. I. Subbotin of the Institute of Geophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine, Poltava, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2680-9508>*

*Ivan Zezekalo, Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Oil and Gas Engineering and Technology, National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic», Poltava, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9962-6905>, e-mail: [ivan.g.zezekalo@gmail.com](mailto:ivan.g.zezekalo@gmail.com)*

*Veniamin Soloviev, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Head of the Department of Chemistry and Physics, National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic», Poltava, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5771-0869>*

The object of the study is the calculation of the producing reserves of the gas-bearing reservoir. Increasingly, published studies provide justification for the possibility of restoring reserves in old depleted gas fields by gas flow from deep horizons. Given the possibility of resuming producing gas reserves, the issue of clarifying their volume in the reservoirs of fields at a late stage of development is promising.

In the course of the study, theoretical research methods were used: a system analysis of the inreservoir used, numerical modeling based on a combined finite element-difference method, methods for visualizing the inreservoir obtained, and analytical methods.

The method proposed in the paper for refining gas reserves combines the volumetric method and modeling of filtration processes using a combined finite element-difference method. The latter makes it possible to take into account the reservoir structure that is heterogeneous in terms of permeability and adequately describe the distribution of non-stationary reservoir pressure around the production well on a quantitative level. By applying an analytical formula based on the values of average reservoir and bottomhole pressures, the radii of the well feed contour were calculated for different periods of reservoir development. Thus, the active area (and volume) of the reservoir is determined, according to which the calculations of the producing reserves of the field are carried out.

The study was carried out on the example of the Chervonoza-yarske Gas Field (Ukraine) for the reservoir V-26-T-1a, discovered by one production well 468-B(D). The recoverable reserves of the V-26-T-1a reservoir calculated in this way are 597.69 million m<sup>3</sup> of gas. At the same time, the error relative to the value indicated in the Atlas of Ukrainian Fields is 4.63 %.

The method of calculating reserves proposed in this study is useful for refining the reserves of depleted fields. The combination of the volumetric method with the results of simulation of filtration processes is an operational method for calculating the reserves of a reservoir discovered by one production well. At the same time, the use of a combined finite element-difference method makes it possible to take into account the complex heterogeneous structure of the reservoir and predict the distribution of reservoir non-stationary pressures around the production well.

**Keywords:** reserves calculation, volumetric method, gas-bearing reservoirs, filtration processes, depleted fields, reservoir pressure.

#### References

- 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>
- Feng, Y., Chen, Y., Zhao, Z., Liu, T., Lei, J., Zhong, S. et. al. (2021). Migration of natural gas controlled by faults of majiagou formation in central ordos basin: Evidence from fluid inclusions. *Diqiu Kexue – Zhongguo Dizhi Daxue Xuebao/Earth Science – Journal of China University of Geosciences*, 46 (10), 3601–3614. doi: <http://doi.org/10.3799/dqkx.2020.384>
- 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>
- 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>
- 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.
- 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>
- 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>
- Fyk, I. M., Fyk, M. I., Fyk, I. M. (2019). Prospects of long-term development of Shebelynka gas-condensate deposit in conditions of stocks recovery. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, Series «Geology. Geography. Ecology»*, 50, 63–76. doi: <http://doi.org/10.26565/2410-7360-2019-50-05>
- Zhang, L., He, Y., Guo, C., Yu, Y. (2021). Dynamic Material Balance Method for Estimating Gas in Place of Abnormally High-Pressure Gas Reservoirs. *Lithosphere*, 2021 (Special 1). doi: <http://doi.org/10.2113/2021/6669012>
- Chernov, B. O., Koval, V. I. (2014). Universal Method for Evaluation of Initial Reserves of Hydrocarbons. *Prospecting and Development of Oil and Gas Fields*, 3 (52), 101–106. Available at: <https://rnrgr.nung.edu.ua/index.php/rnrgr/article/view/546>
- Zhang, L., Li, Y., Song, X., Wang, M., Yu, Y., He, Y., Zhao, Z. (2021). Performance Analysis of Gas Wells Based on the Conventional Decline Parameters and the Flow Integral Equation. *Geofluids*, 2021, 1–24. doi: <http://doi.org/10.1155/2021/5144920>
- Fedyshyn, V. O., Bahniuk, M. M., Sinitysyn, V. Ya., Rudko, H. I., Lovnyukov, V. I., Nesterenko, M. Yu. et. al. (2008). *Naukovi ta metodychni zasady doslidzhennia plastovykh vuhlevodnykh sistem dlia pidrakhunku zapasu nafty i hazu*. Kyiv-Lviv, Cherkasy: TOV Maklout, 168. Available at: <https://www.twirpx.com/file/1391038/>
- 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.
- Aliev, Z. S., Abramov, E. S., Andreev, S. A. (1980). *Instruktsiia po kompleksnomu issledovaniuu gazovykh i gazokondensatnykh plastov i skvazhin*. Moscow: Nedra, 300.
- Kubicheskoe uravnenie*. Available at: <https://planetcalc.ru/1122/>
- Ivaniuty, M. M. et. al. (1998). *Atlas rodovysych nafty i hazu Ukrainy. Vol. I*. Tsentri Yevropy, 356–360.

DOI: 10.15587/2706-5448.2022.263562

#### ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF THE HYDRATE-BEARING ROCKS PROPERTIES ON THE PROSPECTS THEIR INDUSTRIAL DEVELOPMENT

pages 37–41

**Angela Yelchenko-Lobovska**, Assistant, Postgraduate Student, Department of Oil and Gas Engineering and Technology, National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic», Poltava, Ukraine, e-mail: [bonua.bonua88@gmail.com](mailto:bonua.bonua88@gmail.com), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4308-9135>

**Oleksandr Lukin**, Academician of the Ukraine National Academy of Sciences, Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Professor, Department of Drilling and Geology, National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic», Poltava, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4844-1617>

**Vasyl Savyk**, PhD, Associate Professor, Department of Oil and Gas Engineering and Technology, National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic», Poltava, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0706-0589>

**Victoriia Dmytrenko**, PhD, Associate Professor, Department of Oil and Gas Engineering and Technology, National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic», Poltava, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1678-2575>

Along with renewable energy and hydrogen, gas hydrates may become the most significant energy resource in the coming years. The reserves of gas in the hydrate state exceed all the combined world reserves of traditional energy resources. At the same time, the gas hydrates properties in the conditions their natural occurrence in the composition of hydrate-containing rock cause significant difficulties in their extraction. In this regard, the industrial use of colossal renewable gas resources in the gas hydrate state is just beginning. Based on this, the methods of developing gas hydrate deposits are the object of research. Based on the analysis and generalization of the currently known examples results of experimental and industrial development of gas hydrate deposits, as well as the results of studying the hydrate-bearing rocks properties, an assessment of the prospects for the industrial implementation of gas hydrate deposit development methods is given. Extraction of methane from gas hydrate deposits causes difficulties due to their solid form. Existing promising methods of their development involve the dissociation of gas hydrate into gas and water.

Currently implemented research and industrial development projects of gas hydrate deposits have shown a number of problems related, first of all, to the instability of the hydrate-bearing rock after dissociation of the gas hydrate (at the same time, in the vast majority, the natural gas hydrate becomes metastable and weakly cemented). Therefore, there is still no commercially attractive technology for obtaining natural gas from gas hydrate deposits. At the same time, the depressurization method is considered the most promising. Based on this, the improvement of the technology of influence on the hydrate-bearing rock for the natural gas extraction should concern the provision of the rock removal the into the well. At the same time, effective and competitive development of marine gas hydrates deposits can be realized only if taking into account the geological features of the distribution of hydrate-bearing rocks, as well as the gas hydrates properties in their natural occurrence.

**Keywords:** gas hydrate, hydrate-bearing rock, gas hydrate deposits development, destruction of hydrate-bearing rock, gas extraction.

#### References

- Lukin, O. Yu. (2008). Vuhlevodnevnyi potentsial nadr Ukrainy ta osnovni napriamy yoho osvoiennia. *Visnyk NAN Ukrainy*, 4, 56–67.
- Lukin, A. E. (2010). Slantcevyi gaz i perspektivy ego dobychi v Ukrainie. Statia 1. Sovremennoe sostoianie problemy slantceвого gaza (v svete opyta osvoeniia ego resursov v SShA). *Geologichnii zhurnal*, 3, 17–33.
- Lukin, O. Yu. (2011). Hazovi resursy Ukrainy: suchasnyi stan i perspektivy. *Visnyk NAN Ukrainy*, 5, 40–48.
- Makogon, Y. F. (2010). Natural gas hydrates – A promising source of energy. *Journal of Natural Gas Science and Engineering*, 2 (1), 49–59. doi: <http://doi.org/10.1016/j.jngse.2009.12.004>
- Makogon, Iu. F. (2010). Gazogidraty. Istoriia izucheniia i perspektivy osvoeniia. *Geologii i poleznye iskopaemye mirovogo okeana*, 2, 5–21.
- Shniukov, E. F., Gozhik, P. F., Kraiushkin, V. P., Klochko, V. P. (2007). Nakanune mirovoi submarinnoi metanogidratodobychi. *Dopovidi Natsionalnoi akademii nauk Ukraini*, 6, 125–134.
- Rodgers, R. E., Zbong, Y., Arunkumar, R., Etheridge, J. A., Pearson, L. E., Mc. Cown, J., Hogancamp, K. (2005). *Gas Hydrate Storage Process for Natural Gas*. GasTIPS, Winter, 54.
- Lu, S.-M. (2015). RETRACTED: A global survey of gas hydrate development and reserves: Specifically in the marine field. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 41, 884–900. doi: <http://doi.org/10.1016/j.rser.2014.08.063>
- Pro alternatyvni vydy ridkoho ta hazovoho palyva (2000). Zakon Ukrainy No. 1391-XIY. 14.01.2000. *Vidomosti Verkhovnoi Rady (VVR)*, 12, st. 94. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1391-14#Text>
- Nemokonov, V. P., Stupak, S. N. (1988). Priznaki gazogidratnykh zalezhei v Chernom more. *Izvestiia vuzov. Geologii i razvedka*, 3, 72–82.
- Shniukov, E. F., Kraiushkin, V. A. (1999). Priroda, struktura, usloviia zaleganiia i zapasy morskikh metanogidratov. *Geologii i poleznye iskopaemye Chernogo moria*. Kiev: Karbon LTD, 107–116.
- Kvenvolden, K. A. (1993). Gas hydrates-geological perspective and global change. *Reviews of Geophysics*, 31 (2), 173–187. doi: <http://doi.org/10.1029/93rg00268>
- Mohd, Y. (2016). Natural gas hydrates: the future's fuel. *Journal of Environmental Research And Development*, 10 (4), 738–746.
- Collett, T. S. (2002). Energy resource potential of natural gas hydrates. *Bull. AAPG Bulletin*, 11 (86), 1971–1992. doi: <http://doi.org/10.1306/61eadd2-173e-11d7-8645000102c1865d>
- Collett, T. S. (2014). Geologic implications of gas hydrates in the offshore of India: Results of the National Gas Hydrate Program Expedition 01. *Marine and Petroleum Geology*, 58, 1–2. doi: <http://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2014.07.020>
- Zhou, S. W., Chen, W., Li, Q. P., Zhou, J. L., Shi, H. S. (2017). Research on the solid fluidization well testing and production for shallow non-diagenetic natural gas hydrate in deep water area. *China Offshore Oil and Gas*, 29, 1–8.
- Max, M. D., Johnson, A. H. (2016). *Exploration and Production of Oceanic Natural Gas Hydrate*. Cham: Springer. doi: <http://doi.org/10.1007/978-3-319-43385-1>
- Egawa, K., Furukawa, T., Saeki, T., Suzuki, K., Narita, H. (2013). Three-dimensional paleomorphologic reconstruction and turbidite distribution prediction revealing a Pleistocene confined basin system in the northeast Nankai Trough area. *AAPG Bulletin*, 97 (5), 781–798. doi: <http://doi.org/10.1306/10161212014>
- Boswell, R., Collett, T. S., Frye, M., Shedd, W., McConnell, D. R., Shelander, D. (2012). Subsurface gas hydrates in the northern Gulf of Mexico. *Marine and Petroleum Geology*, 34 (1), 4–30. doi: <http://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2011.10.003>
- Sung-Rock, L. (2011). 2nd ulleung basin gas hydrate expedition (UBGH2): findings and implications. *Fire in the Ice*, 11 (1), 6–9.
- Boswell, R. (2009). Is Gas Hydrate Energy Within Reach? *Science*, 325 (5943), 957–958. doi: <http://doi.org/10.1126/science.1175074>
- Ruan, X., Song, Y., Zhao, J., Liang, H., Yang, M., Li, Y. (2012). Numerical Simulation of Methane Production from Hydrates Induced by Different Depressurizing Approaches. *Energies*, 5 (2), 438–458. doi: <http://doi.org/10.3390/en5020438>
- Zhao, J., Zhu, Z., Song, Y., Liu, W., Zhang, Y., Wang, D. (2015). Analyzing the process of gas production for natural gas hydrate using depressurization. *Applied Energy*, 142, 125–134. doi: <http://doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.12.071>
- Song, Y., Cheng, C., Zhao, J., Zhu, Z., Liu, W., Yang, M., Xue, K. (2015). Evaluation of gas production from methane hydrates using depressurization, thermal stimulation and combined methods. *Applied Energy*, 145, 265–277. doi: <http://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.02.040>
- Sun, X., Luo, T., Wang, L., Wang, H., Song, Y., Li, Y. (2019). Numerical simulation of gas recovery from a low-permeability hydrate reservoir by depressurization. *Applied Energy*, 250, 7–18. doi: <http://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.05.035>
- Johnson, A. H. (2013). Unconventional Energy Resources: 2013. *Review. Natural Resources Research*, 23 (1), 19–98. doi: <http://doi.org/10.1007/s11053-013-9224-6>
- Feng, J.-C., Wang, Y., Li, X.-S. (2017). Entropy generation analysis of hydrate dissociation by depressurization with horizontal well in different scales of hydrate reservoirs. *Energy*, 125, 62–71. doi: <http://doi.org/10.1016/j.energy.2017.02.104>
- Japan Oil, Gas and Metals National Corporation (GOGMEC). *Gas Produced from Methane Mydrate (Provisional)* (2013). Available at: [http://www.jogmec.go.jp/english/news/release/news\\_01\\_000006](http://www.jogmec.go.jp/english/news/release/news_01_000006)

29. JOGMEC (2017). *About the start of the 2nd methane hydrate marine production test (field work)*. Available at: [http://www.jogmec.go.jp/news/release/news\\_10\\_000243.html](http://www.jogmec.go.jp/news/release/news_10_000243.html)

DOI: 10.15587/2706-5448.2022.263640

### IMPROVED METHODOLOGY DEVELOPMENT FOR ASSESSING THE RESERVOIR COLLECTOR PROPERTIES BY THE QUANTITATIVE RESERVOIR CHARACTERIZATION TOOLS

pages 42–46

**Olena Martus**, Postgraduate Student, Department of Oil and Gas Engineering and Technologies, National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic», Poltava, Ukraine, e-mail: [kuksaolena@gmail.com](mailto:kuksaolena@gmail.com), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2470-0381>

**Oleksandr Petrash**, PhD, Department of Oil and Gas Engineering and Technologies, National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic», Poltava, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8151-6460>

The object of research in the paper is the process of fluid transfer through the pore space of the reservoir rock. In this paper, using an expert method, the shortcomings of the Ukrainian methodology for assessing the reservoir properties of the reservoir were highlighted. In particular, the sources of uncertainty accumulation in determining the absolute values of the reservoir's filtration parameters have been identified. The existing problem is that the algorithms of actions, which are the basis of the Ukrainian method of assessing reservoir properties, introduce a significant degree of uncertainty into the assessment results.

In order to reduce uncertainty, the introduction of the concept of a representative elemental volume is considered when conducting laboratory research and the construction of a three-dimensional digital model of this elementary volume. It is suggested to improve the Ukrainian method of assessing the collector properties of the deposit based on current Western research.

It was established that the standard methods of assessing the reservoir properties of the deposit are a source of accumulation of uncertainty in the development of technological documentation for the development of the deposit. The work is aimed at the development of an improved methodology for assessing the collector properties of the deposit. It is proposed to add to the action algorithm the stage of determining the representative volume of the sample, building its three-dimensional model, and digitizing it. At the final stage, the connectivity of the pores inside the sample is determined using the Minkowski function to improve the quality of the project documentation for the development of deposits. Guidelines have been developed to improve standard methods for assessing the collector properties of the deposit. The use of an improved methodology for assessing the reservoir properties of the deposit leads to a significantly lower degree of uncertainty and helps to form a more reliable picture of the operation of the reservoir at the design stage of its development. The presented study will be useful for the engineering personnel of foreign contractor companies, as it justifies the need to collect additional core material and sets the quality criteria of the information obtained about the collector properties of the deposit.

**Keywords:** fluid transfer, pore space, reservoir rock, uncertainty degree, representative elementary volume, Minkowski functions.

#### References

- Vogel, H.-J., Weller, U., Schlüter, S. (2010). Quantification of soil structure based on Minkowski functions. *Computers & Geosciences*, 36 (10), 1236–1245. doi: <http://doi.org/10.1016/j.cageo.2010.03.007>
- Vogel, H. J., Roth, K. (1998). A new approach for determining effective soil hydraulic functions. *European Journal of Soil Science*, 49 (4), 547–556. doi: <http://doi.org/10.1046/j.1365-2389.1998.4940547.x>
- Cvetkovic, B. (2009). *Well Production Decline*, 113–125.
- Blunt, M. J. (2017). *Multiphase flow in permeable media: A pore-scale perspective*. Cambridge university press, 16–56. doi: <http://doi.org/10.1017/9781316145098>
- Cnudde, V., Boone, M. N. (2013). High-resolution X-ray computed tomography in geosciences: A review of the current technology and applications. *Earth-Science Reviews*, 123, 1–17. doi: <http://doi.org/10.1016/j.earscirev.2013.04.003>
- Wildenschild, D., Sheppard, A. P. (2013). X-ray imaging and analysis techniques for quantifying pore-scale structure and processes in subsurface porous medium systems. *Advances in Water Resources*, 51, 217–246. doi: <http://doi.org/10.1016/j.advwatres.2012.07.018>
- Schlüter, S., Sheppard, A., Brown, K., Wildenschild, D. (2014). Image processing of multiphase images obtained via X-ray microtomography: A review. *Water Resources Research*, 50 (4), 3615–3639. doi: <http://doi.org/10.1002/2014wr015256>
- Blunt, M. J., Bijeljic, B., Dong, H., Gharbi, O., Iglauer, S., Mostaghimi, P. et. al. (2013). Pore-scale imaging and modelling. *Advances in Water Resources*, 51, 197–216. doi: <http://doi.org/10.1016/j.advwatres.2012.03.003>
- Øren, P.-E., Bakke, S., Arntzen, O. J. (1998). Extending Predictive Capabilities to Network Models. *SPE Journal*, 3 (4), 324–336. doi: <http://doi.org/10.2118/52052-pa>
- Guises, R., Xiang, J., Latham, J.-P., Munjiza, A. (2009). Granular packing: numerical simulation and the characterisation of the effect of particle shape. *Granular Matter*, 11 (5), 281–292. doi: <http://doi.org/10.1007/s10035-009-0148-0>
- Øren, P.-E., Bakke, S., Held, R. (2007). Direct pore-scale computation of material and transport properties for North Sea reservoir rocks. *Water Resources Research*, 43 (12), 44–53. doi: <http://doi.org/10.1029/2006wr005754>
- Strebelle, S. (2002). Conditional simulation of complex geological structures using multiple-point statistics. *Mathematical geology*, 34 (1), 1–21. doi: <http://doi.org/10.1023/a:1014009426274>
- Adler, P. M., Jacquin, C. G., Quiblier, J. A. (1990). Flow in simulated porous media. *International Journal of Multiphase Flow*, 16 (4), 691–712. doi: [http://doi.org/10.1016/0301-9322\(90\)90025-e](http://doi.org/10.1016/0301-9322(90)90025-e)
- Latief, F. D. E., Biswal, B., Fauzi, U., Hilfer, R. (2010). Continuum reconstruction of the pore scale microstructure for Fontainebleau sandstone. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, 389 (8), 1607–1618. doi: <http://doi.org/10.1016/j.physa.2009.12.006>
- Hilfer, R., Zauner, T. (2011). High-precision synthetic computed tomography of reconstructed porous media. *Physical Review E*, 84 (6). doi: <http://doi.org/10.1103/physreve.84.062301>
- Hilfer, R., Lemmer, A. (2015). Differential porosimetry and permeability for random porous media. *Physical Review E*, 92 (1). doi: <http://doi.org/10.1103/physreve.92.013305>
- Hilpert, M., Miller, C. T. (2001). Pore-morphology-based simulation of drainage in totally wetting porous media. *Advances in Water Resources*, 24 (3-4), 243–255. doi: [http://doi.org/10.1016/s0309-1708\(00\)00056-7](http://doi.org/10.1016/s0309-1708(00)00056-7)
- Serra, J. (1986). Introduction to mathematical morphology. *Computer Vision, Graphics, and Image Processing*, 35 (3), 283–305. doi: [http://doi.org/10.1016/0734-189x\(86\)90002-2](http://doi.org/10.1016/0734-189x(86)90002-2)
- Vogel, H.-J., Roth, K. (2001). Quantitative morphology and network representation of soil pore structure. *Advances in Water Resources*, 24 (3-4), 233–242. doi: [http://doi.org/10.1016/s0309-1708\(00\)00055-5](http://doi.org/10.1016/s0309-1708(00)00055-5)
- Vogel, H. J. (2002). Topological characterization of porous media. *Morphology of condensed matter*. Springer, Berlin, Heidelberg, 75–92. doi: [http://doi.org/10.1007/3-540-45782-8\\_3](http://doi.org/10.1007/3-540-45782-8_3)

DOI: 10.15587/2706-5448.2022.263961

**DEVELOPMENT OF TECHNOLOGIES FOR SELECTING ENERGY-EFFICIENT POWER SUPPLY CIRCUITS OF RAILWAY TRACTION NETWORKS**

pages 47–54

**Valerii Domanskyi**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Electric Transport, O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Ukraine, e-mail: [dvt.nord@gmail.com](mailto:dvt.nord@gmail.com), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6676-0780>

**Illia Domanskyi**, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Electric Transport, O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8819-410X>

**Svitlana Zakurdai**, PhD, Associate Professor, Department of Electric Transport, O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7927-8413>

**Dmytro Liubarskyi**, Department of Computer Technologies and Mechatronics, Kharkiv National Automobile and Highway University, Kharkiv, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3535-9809>

The object of the study is the process of operation of traction and external power supply systems as objects of inextricable interconnection while reducing energy costs in the cost of railway transportation in real time. One of the most problematic areas is the technology for choosing energy-efficient power supply schemes for railway traction networks in real time. The methods of forming and transforming graphs of complex schemes of traction and external power supply systems and building expert control systems for the implementation of energy-saving technologies of electrified railways were further developed in the work.

In the course of the study, to increase the efficiency of simulation modeling of electric traction networks, the statistical characteristics of the loads of feeders that supply the final boundary sections, stations, depot access tracks, railway junctions and idle voltages on the traction substation tires were obtained. Methods of calculation and modeling of traction power supply have been developed, which take into account the inseparable relationship with power systems and allow choosing rational modes with minimal power flows and energy losses. Proposed methods of managing the modes of operation of the traction power supply system based on a vague description of their states and an expert system that allow solving new problems. Including, the choice of energy-saving power supply schemes in the case of power flows, economic modes of network operation in case of intensification of the transportation process. Thanks to this, ways of reducing power consumption and minimizing energy losses of traction power supply systems are proposed, which allow minimizing power flows and power losses by adjusting load flow parameters and voltage levels of traction substations. And also to increase the energy efficiency of electrified railway lines.

The technique of technical and economic feasibility of power supply schemes of traction networks and evaluation of the possibility of switching to cantilever or loop power supply schemes with parallel connection points has been developed. The implemented recommendations save about 25 thousand kWh per 1 km of two-track section.

**Keywords:** energy saving technologies, traction networks, power flows, energy losses, knowledge bases, expert systems.

**References**

1. Kornienko, V. V., Kotelnikov, A. V., Domanskii, V. T. (2022). *Elektrifikatsiia zheleznykh dorog. Mirovye tendentsii i perspektivy (Analiticheskii obzor)*. Kyiv: Transport Ukrainy, 196.
2. Markvard, K. G. (1982). *Elektrosnabzhenie elektrifitsirovannykh zheleznykh dorog*. Moscow: Transport, 528.
3. Kiessling, F., Puschmann, R., Schmieder, A., Schneider, E. (2017). *Contact Lines for Electric Railways: Planning, De-sign, Implementation, Maintenance*. Wiley Publishers, 994.
4. Venikova, V. A. (Ed.). (1983). *Elektroenergeticheskie sistemy v primerakh i illiustratsiakh*. Moscow: Energoatomizdat, 456.
5. Pelise, R. (1982). *Energeticheskie sistemy*. Moscow: Vysshiaia shkola, 568.
6. Shydlovskiy, A. K., Kuznetsov, V. H., Nykolaenko, V. H. (1987). *Optymyzatsiia nesymmetrychnykh rezhymov sistem elektrosnabzheniya*. Kyiv: Naukova dumka, 174.
7. Domanskii, V. T., Domanskii, I. V., Domanskii, V. V., Domanskaia, G. A. (2021). *Povyshenie energeticheskoi effektivnosti elektricheskikh sistem s tiagovymi nagruzkami. Informatsionno-tehnologicheskie resheniia dlia e-obrazovaniia*. Banja Luka, 99–113.
8. Domanskyi, I. V. (2016). *Osnovy enerhoefektyvnosti elektrychnykh sistem z tiagovymy navantazhenniamy*. Kharkiv: vyd-vo TOV «Tsentri informatsii transportu Ukrainy», 224.
9. German, L. A., Serebriakov, A. S. (2013). *Reguliruemye ustanovki emkostnoi kompensatsii v sistemakh tiagovogo elektrosnabzheniia zheleznykh dorog*. Moscow: FGBOU «Uchebno-metodicheskii tsentr po obrazovaniiu na zheleznodorozhnom transporte», 315.
10. Bondarenko, V. O., Domanskii, I. V., Kostin, G. N. (2017). Analiz energoeffektivnosti rezhimov raboty elektricheskikh sistem s tiagovymi nagruzkami. *Elektrotehnika i elektromekhanika*, 1, 54–62.
11. Mitrofanov, A. N. (2005). *Modelirovanie protsessov prognozirovaniia i upravleniia elektropotrebleniem tiagi poezdov*. Samara: SamGAPS, 174.
12. Zakariukin, V. P., Kriukov, A. V. (2005). *Slozhnonesimmetrichnye rezhimy elektricheskikh sistem*. Irkutsk: izd-vo Irkutskogo un-ta, 273.
13. Domanskii, I. V. (2015). Razvitie metodov rascheta sistem tiagovogo elektrosnabzheniia i pitaiushchikh ikh energosistem. *Elektrotehnika i elektromekhanika*, 4, 62–68.
14. Kornienko, V. V., Domanskaia, G. A. (2007). Metody rascheta i modelirovaniia rezhimov raboty sistem tiagovogo elektrosnabzheniia i pitaiushchikh ikh energosistem. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (3 (29)), 31–37.
15. Domanskyi, I. V. (2016). *Osnovy enerhoefektyvnosti elektrychnykh sistem z tiagovymy navantazhenniamy*. Kharkiv: vyd-vo TOV «Tsentri informatsii transportu Ukrainy», 224.
16. Lyubarskyi, B. G. (2015). Optimization of traction drive behaviour based on synchronous motors with permanent magnet excitation. *Informatsiino-keruiuchi systemy na zaliznychnomu transporti*, 2 (105), 21–24.
17. Markvard, G. G. (1972). *Primenenie teorii veroiatnosti i vychislitelnoi tekhniki v sisteme energosnabzheniia*. Moscow: Transport, 225.
18. Dmitrienko, V. D., Zakovorotnyi, A. Iu. (2013). *Modelirovanie i optimizatsiia protsessov upravleniia dvizheniem dizel-poezdov*. Kharkiv: Izd. tsentr «NTMT», 248.
19. Feller, V. (1984). *Vvedenie v teoriu veroiatnosti i ee prilozheniia*. Moscow: Mir, 528.
20. Miroshnichenko, R. I. (1982). *Rezhimy raboty elektrifitsirovannykh uchastkov*. Moscow: Transport, 207.



**METALLURGICAL TECHNOLOGY**

DOI: 10.15587/2706-5448.2022.263428

**ВИЯВЛЕННЯ СУТТЄВОСТІ ВПЛИВУ ВАНАДІЮ НА МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ЧАВУНУ ДЛЯ ВИЛИВКІВ МАШИНОБУДІВНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ** сторінки 6–10

Фролова Л. В., Барсук А. С., Ніколаєв Д. А.

Об'єктом дослідження у роботі є чавун з пластинчастим графітом, модифікований двома типами модифікаторів – FeSi75 та FeSi40V7. У цій роботі було визначено вплив ванадію на механічні властивості чавуну, що використовується для виливків машинобудівного призначення.

Існуюча проблема полягає в тому, що незнання впливу легуючого елементу на механічні властивості сплаву не дає можливості визначення норм його витрати в процесі плавки. Це може призвести до зайвих витрат на матеріали для плавки та удорожчання литва, та не бути обґрунтованим з точки зору очікуваного покращення властивостей.

Для визначення впливу ванадію на властивості розглядається три показника якості чавуну: межа міцності на розтягування, твердість та узагальнений показник якості за механічними властивостями. Запропоноване рішення щодо процедури перевірки суттєвості впливу ванадію в розглянутих межах варіювання  $V=0.04-0.078\%$  на ці показники.

Встановлено, що введення ванадію в чавун у складі модифікатора FeSi40V7 призводить до зменшення межі міцності на 4 %, але до збільшення твердості на 2 %. Суттєвий вплив ванадію з ймовірністю 95 % встановлено також відносно узагальненого показника якості за механічними властивостями – введення ванадію сприяє падінню цього показника приблизно на 5 %.

У підсумку зроблено висновок щодо того, що використання ванадію в складі FeSi40V7 в межах остаточного вмісту в чавуні на рівні 0.04–0.078 % може бути доцільним лише за умови необхідності підвищення твердості чавуну через сприяння карбидоутворенню в процесі кристалізації сплаву.

Представлене дослідження буде корисним для машинобудівних підприємств, що мають в своїй структурі ливарні цеха, де виплавляють чавун для виготовлення виливків.

**Ключові слова:** чавун для виливків машинобудівного призначення, модифікатор, легування, ванадій, механічні властивості.

DOI: 10.15587/2706-5448.2022.263408

**ВПЛИВ ВАКУУМУВАННЯ ЧАВУНУ НА РІВЕНЬ МЕХАНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК МАТЕРІАЛУ РОБОЧОГО ШАРУ ДВОШАРОВИХ ХРОМОНІКЕЛЕВИХ ВАЛКІВ** сторінки 11–14

Автухов А. К., Мартиненко О. Д., Бантковський В. А., Ковалевський Є. В.

Об'єктом дослідження є хромонікелевий чавун робочого шару двошарових листопркатних валків виконання ЛПХНд. В даний час хромонікелевий чавун знаходить широке застосування для виготовлення валків листопркатних та сортопркатних станів. Одним із напрямів підвищення експлуатаційних властивостей виробів із хромонікелевого чавуну є рафінування розплавленого металу вакуумуванням. Існуюча проблема полягає в тому, що інформація про вплив вакуумування на експлуатаційні характеристики хромонікелевого чавуну дуже обмежена.

Для дослідження були обрані валки з найбільш характерною для виконання ЛПХНд концентрацією легуючих елементів. При оцінці властивостей вакуумованого чавуну та чавуну відлитого за традиційною технологією визначали рівень міцності, твердості, а також спеціальні властивості, дослідження яких спричинене особливостями експлуатації прокатних валків (термозносостійкість та тріщиностійкість).

Встановлено, що істотної відмінності у структурах валків виготовлених із вакуумованого та не вакуумованого чавуну не спостерігається. Структура валків складається з мартенситу, бейніту та карбідів. Зі збільшенням вмісту графітоутворюючих елементів (C, Si, Ni) у структурі з'являються включення графіту, а з їх зменшенням – окремі трооститні колонії. Фізико-механічні властивості вакуумованого та не вакуумованого чавуну знаходиться на одному рівні. Тріщиностійкість у вибіленій зоні вакуумованого чавуну на 12,35 % вище, ніж у чавуну традиційного способу виробництва, а перехідної зони – на 11,96 %. Термічна витривалість вибіленої зони матеріалу валків у результаті вакуумування розплавленого металу збільшилася на 14,95 %, а перехідної зони – на 14,56 %. Збільшення показників тріщиностійкості та термостійкості може сприяти зниженню викрашування робочого шару хромонікелевих валків листових станів під час експлуатації та збільшенню показників їхнього ресурсу.

Отримані результати дослідження свідчать про позитивний вплив вакуумування на окремі показники (тріщиностійкість та термостійкість) робочого шару формуючих інструментів листопркатних станів.

**Ключові слова:** хромонікелевий чавун, вакуумування, робочий шар, фізико-механічні властивості, тріщиностійкість, термічна стійкість, прокатні валки.

**MECHANICS**

DOI: 10.15587/2706-5448.2022.263238

**ПОБУДОВА ОДНОРІДНИХ РІШЕНЬ У ЗАДАЧІ КРУЧЕННЯ ДЛЯ ТРАНСВЕРСАЛЬНО-ІЗОТРОПНОЇ СФЕРИ ЗІ ЗМІННИМИ МОДУЛЯМИ ПРУЖНОСТІ** сторінки 15–20

Юсубова С. М.

Об'єктом дослідження є завдання кручення для радіально-неоднорідної трансверсально-ізотропної сфери та дослідження на базі цього тривимірною напружено-деформованого стану.

Для встановлення області застосування існуючих прикладних теорій та з метою створення більш уточнених прикладних теорій неоднорідних оболонок актуальним є вивчення напружено-деформованого стану неоднорідних тіл на основі тривимірних рівнянь теорії пружності.

Розглянуто завдання кручення радіально-неоднорідної трансверсально-ізотропної незамкнутої сфери, що не містить жодного з полюсів  $0$  і  $\pi$ . Вважається, що модулі пружності є лінійними функціями від радіуса сфери. Передбачається, що бічна поверхня сфери вільна від напруги, а на конічних перерізах задані довільні напруги, що залишають сферу в рівновазі.

Сформульована крайова задача приведена до спектрального завдання. Після виконання однорідних граничних умов, заданих на бічних поверхнях сфери, одержано характеристичне рівняння щодо спектрального параметра. Побудовано відповідні рішення, що залежать від коріння характеристичного рівняння. Показано, що рішення, що відповідає першій групі коренів, є проникним, і напружений стан, що визначається цим рішенням, еквівалентно крутним моментам напруг, що діють у довільному перерізі  $\theta = \text{const}$ . Рішення, відповідні зліченній множині другої групи коренів, мають характер прикордонного шару, локалізованого в конічних зрізах. У разі суттєвої анізотропії деякі прикордонні рішення слабо загасають і можуть охоплювати всю область, зайняту сферою.

На основі проведеного тривимірного аналізу отримано нові класи рішень (рішень, що мають характер прикордонного шару), які відсутні у прикладних теоріях. На відміну від ізотропної радіально-неоднорідної сфери, для трансверсально-ізотропної радіально-неоднорідної сфери з'являється слабо загасаюче прикордонне рішення, яке може проникати глибоко далеко від конічних перерізів і змінювати картину напружено-деформованого стану.

**Ключові слова:** завдання кручення, модулі пружності, рівняння Лежандра, проникні рішення, прикордонні рішення, крутний момент.

## ELECTRICAL ENGINEERING AND INDUSTRIAL ELECTRONICS

DOI: 10.15587/2706-5448.2022.263397

**МОДЕРНІЗАЦІЯ ЗАСОБІВ ГАЗОРОЗРЯДНОЇ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ДЛЯ ЗАСТОСУВАННЯ В МЕДИЧНІЙ ДІАГНОСТИЦІ** сторінки 21–29

**Олійник В. П., Бабаков М. Ф., Ломоносов Ю. В., Олійник В. М., Зінченко О. М.**

Об'єктом дослідження є процеси виникнення та світіння розряду довкола біологічних структур в імпульсному електричному полі. Такі процеси знайшли використання в методі газорозрядної візуалізації. В медичній діагностиці загальний стан здоров'я людини оцінюють по характеристикам газорозрядних зображень пальців. Одним з найбільш проблемних місць коректності медичної діагностики є залежність візуальних компонент зображення від електричних характеристик виникнення розряду та фізико-хімічних характеристик оточуючого середовища. В ході дослідження використовувалися методи моделювання ланцюга електричного розрядного струму та електричних властивостей біоструктур.

Запропоноване рішення дозволяє враховувати: амплітуду імпульсної напруги виникнення розряду, частоту імпульсів, тривалість та сквапність імпульсів, полярність, які виступають як додаткові діагностичні параметри процесу газорозрядної візуалізації. Розглянуті фізичні процеси та запропонована модель ланцюга газового розряду довкола біологічного об'єкта в імпульсному електричному полі. Показано, що виникнення розряду та характеристики світіння залежать від амплітуди, тривалості, сквапності, полярності імпульсної напруги. Ці додаткові параметри визначають коректність подальшої візуальної діагностики. До переваг реєстрації запропонованих параметрів газорозрядної візуалізації слід віднести їх кількісне вимірювання та можливість об'єктивного порівняння. Зазначені властивості цих параметрів дають додаткову можливість цифрового опису стану досліджуваного об'єкта, а в подальшому автоматизації проведення діагностики. Розроблені структурні схеми пристрою проведення досліджень за методом газорозрядної візуалізації, блоку генератора високовольтної імпульсної напруги для апаратного врахування додаткових параметрів газового розряду та їх зв'язку з медико-біологічними показниками.

Використання методу та засобів газорозрядної візуалізації для оцінки функціонального стану льотного екіпажу в до і після польотний період потребує розробки спеціального обладнання. Запропоновані технічні рішення потребують експериментальної перевірки. Необхідні порівняльні дослідження діагностичних висновків за методом газорозрядної візуалізації з традиційною медичною діагностикою.

**Ключові слова:** біологічний об'єкт, газорозрядна візуалізація, модель електричного розрядного ланцюгу, структурна схема, газорозрядний сенсор.

## TECHNOLOGY AND SYSTEM OF POWER SUPPLY

DOI: 10.15587/2706-5448.2022.263747

**АПРОБАЦІЯ КОМБІНОВАНОГО МЕТОДУ ПІДРАХУНКУ ЗАПАСІВ (НА ПРИКЛАДІ ЧЕРВОНОЗЯЯРСЬКОГО ГАЗОВОГО РОДОВИЩА)** сторінки 30–36

**Лубков М. В., Зезекало І. Г., Соловійов В. В.**

Об'єктом дослідження є розрахунок видобувних запасів газоносного пласта. В опублікованих дослідженнях все частіше наводяться обґрунтування можливості відновлення запасів на старих виснажених газових родовищах шляхом перетоку газу з глибоких горизонтів. Враховуючи можливість поновлення видобувних запасів газу, перспективним є питання уточнення їх об'єму в пластах родовищ на пізній стадії розробки. В ході дослідження використовувалися теоретичні методи дослідження: системний аналіз використаної інформації, чисельне моделювання на основі комбінованого скінчено-елементно-різницевого методу, методи візуального подання отриманої інформації, аналітичні методи.

Запропонований в роботі спосіб уточнення запасів газу поєднує об'ємний метод та моделювання фільтраційних процесів із застосуванням комбінованого скінчено-елементно-різницевого методу. Останній дозволяє враховувати неоднорідну по проникності будову пласта та адекватно на кількісному рівні описувати розподіл нестационарного пластового тиску навколо видобувної свердловини. За допомогою застосування аналітичної формули по значеннях середніх пластових та вибієвних тисків розраховано радіуси контуру живлення свердловини при різних термінах розробки пласта. Таким чином, визначається активна площа (та об'єм) пласта, по якій ведуться розрахунки видобувних запасів родовища.

Дослідження проводилося на прикладі Червонозярського газового родовища (Україна) для пласта В-26-Т-1а, розкритого однією видобувною свердловиною 468-В(Д). Розраховані таким чином видобувні запаси пласта В-26-Т-1а становлять 597,69 млн. м<sup>3</sup> газу. При цьому, похибка відносно значення, вказаного в Атласі родовищ України, становить 4,63 %.

Запропонований в даному дослідженні метод розрахунку запасів є корисним для уточнення запасів виснажених родовищ. 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.

**Ключові слова:** підрахунок запасів, об'ємний метод, газonosні пласти, фільтраційні процеси, виснажені родовища, пластовий тиск.

DOI: 10.15587/2706-5448.2022.263562

**АНАЛІЗ ВЛИВУ ВЛАСТИВОСТЕЙ ГІДРАТОВІСНИХ ПОРІД НА ПЕРСПЕКТИВИ ЇХ ПРОМИСЛОВОЇ РОЗРОБКИ** сторінки 37–41

**Ельченко-Лобовська А. С., Лукін О. Ю., Савик В. М., Дмитренко В. І.**

Поряд з відновлюваною енергією та воднем, найбільш значущими енергетичним ресурсом протягом найближчих років можуть стати газові гідрати. Запаси газу в гідратному стані перевищують усі сукупні світові запаси традиційних енергетичних ресурсів. У той же час, властивості газових гідратів в умовах їх природного залягання у складі гідратовмісної породи обумовлюють значні складнощі їх видобутку. У зв'язку з цим, промислове використання колосальних відновлюваних ресурсів газу у газогідратному стані тільки починається. Виходячи з цього, об'єктом дослідження є методи розробки газогідратних покладів. На основі аналізу та узагальнення результатів відомих на даний час прикладів дослідно-промислової розробки газогідратних покладів, а також результатів вивчення властивостей гідратовмісних порід дано оцінку перспектив промислового впровадження методів розробки газогідратних покладів. Видобуток метану з газогідратних покладів викликає труднощі внаслідок їхньої твердої форми. Існуючі на даний перспективні методи їх розробки передбачають дисоціацію газогідрату на газ і воду.

Реалізовані на даний час проекти дослідно-промислової розробки газогідратних покладів показали ряд проблем, пов'язаних, перш за все, із нестабільністю гідратовмісної породи після дисоціації газогідрату (при цьому у переважній більшості природний газогідрат стає метастабільним і слабозцементованим). Тому, до сих пір немає жодної комерційно привабливої технології отримання природного газу з родовищ газових гідратів. При цьому метод розгерметизації розглядається як найбільш перспективний. Виходячи з цього, удосконалення технології впливу на гідратовмісну породу для вилучення природного газу повинно, поміж іншими, стосуватись забезпечення винесення породи у свердловину. При цьому, ефективна та конкурентоздатна розробка морських покладів газових гідратів може бути реалізована лише за умови врахування геологічних особливостей розповсюдження гідратовмісних порід, а також властивостей газових гідратів у їх природному заляганні.

**Ключові слова:** газогідрат, гідратовмісна порода, розробка газогідратних покладів, руйнування гідратовмісної породи, видобування газу.

DOI: 10.15587/2706-5448.2022.263640

**РОЗРОБКА ВДОСКОНАЛеної МЕТОДОЛОГІЇ ОЦІНКИ КОЛЕКТОРСЬКИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПОКЛАДУ ІНСТРУМЕНТАМИ КІЛЬКІСНОЇ ХАРАКТЕРИЗАЦІЇ ПЛАСТА** сторінки 42–46

**Маргуць О. В., Петраш О. В.**

Об'єктом дослідження у роботі є процес переносу флюїду через поровий простір породи-колектора. У цій роботі експертним методом було виділено недоліки української методики оцінки колекторських властивостей пласта. Зокрема встановлено джерела накопичення невизначеності при визначенні абсолютних величин фільтраційних параметрів пласта. Існуюча проблема полягає в тому, що алгоритми дій, покладені в основу українського методу оцінки колекторських властивостей пласта, вносять значний ступінь невизначеності у результати оцінювання.

Для зменшення невизначеності розглядається запровадження концепції репрезентативного елементарного об'єму при проведенні лабораторних досліджень та побудови тривимірної цифрової моделі цього елементарного об'єму. Пропонується вдосконалити українську методику оцінки колекторських властивостей покладу на основі актуальних західних досліджень.

Встановлено, що стандартні методики оцінки колекторських властивостей покладу є джерелом накопичення невизначеності при розробці технологічної документації на розробку родовища. Робота направлена на розробку вдосконаленої методики оцінки колекторських властивостей покладу. Запропоновано внесення до алгоритму дій етапу визначення репрезентативного об'єму зразка, побудови тривимірної його моделі, її оцифрування. На фінальному етапі за допомогою функції Мінковського визначається зв'язність пор всередині зразка для покращання якості проектною документації на розробку родовищ. Розроблено настанови по удосконаленню стандартних методик оцінки колекторських властивостей покладу. Використання удосконаленої методики оцінки колекторських властивостей покладу призводить до значно меншого ступеню невизначеності та допомагає скласти більш достовірне уявлення про роботу пласта на етапі проектування його розробки. Представлене дослідження буде корисним для інженерних кадрів зарубіжних компаній-підрядників, так як обґрунтовує необхідність збору додаткового ядерного матеріалу та задає критерії якості отриманої інформації про колекторські властивості родовища.

**Ключові слова:** перенос флюїду, поровий простір, порода-колектор, ступінь невизначеності, репрезентативний елементарний об'єм, функції Мінковського.

DOI: 10.15587/2706-5448.2022.263961

**РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ВИБОРУ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ СХЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ТЯГОВИХ МЕРЕЖ ЗАЛІЗНИЦЬ** сторінки 47–54

**Доманський В. Т., Доманський І. В., Закурдай С. О., Любарський Д. Б.**

Об'єктом дослідження є процес роботи систем тягового та зовнішнього електропостачання як об'єктів нерозривного взаємозв'язку при зниженні енергетичних витрат в собівартості перевезень залізниць в режимі реального часу. Одним з найбільш проблемних місць є технології вибору енергоефективних схем електропостачання тягових мереж залізниць в режимі реального часу. У роботі

одержали подальший розвиток способи формування та перетворення графів складних схем систем тягового та зовнішнього електропостачання та побудови експертних систем управління для реалізації технологій енергозбереження електрифікованих залізниць.

В ході дослідження для підвищення ефективності імітаційного моделювання електротягових мереж отримано статистичні характеристики навантажень фідерів, які живлять кінцеві граничні ділянки, станції, під'їзні колії депо, залізничні вузли та напруги холостого ходу на шинах тягових підстанцій. Розроблено методи розрахунку та моделювання тягового електропостачання, що враховують нерозривний взаємозв'язок з енергосистемами та дозволяють вибрати раціональні режими з мінімальними перетоками потужності та втратами енергії. Запропоновані методи управління режимами роботи системи тягового електропостачання на основі нечіткого опису їх станів та експертної системи, що дозволяють вирішити нові задачі. В тому числі, вибір енергозберігаючих схем живлення при перетоках потужності, економічних режимів роботи мережі при інтенсифікації процесу перевезень. Завдяки цьому запропоновані шляхи зниження електроспоживання та мінімізації втрат енергії систем тягового електропостачання, які дозволяють за рахунок регулювання параметрів вантажопотоку та рівнів напруги тягових підстанцій мінімізувати перетоки потужності та втрати електроенергії. А також підвищити енергетичну ефективність роботи електрифікованих ліній залізниць.

Розроблена методика техніко-економічної доцільності схем живлення тягових мереж і оцінки можливості переходу на консольні схеми живлення або петлеві з пунктами паралельного з'єднання. Впроваджені рекомендації заощаджують близько 25 тис. кВт·г на 1 км двоколійної ділянки.

**Ключові слова:** технології енергозбереження, тягові мережі, перетоки потужності, втрати енергії, бази знань, експертні системи.