

**MECHANICAL ENGINEERING TECHNOLOGY**

DOI: 10.15587/2706-5448.2022.257050

**DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY OF MIXTURE APPLICATION ON VERTICAL SURFACE**

pages 6–10

**Valentyna Halushko**, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Technologies of Building Production, Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture, Odessa, Ukraine, e-mail: [dtn.gva@gmail.com](mailto:dtn.gva@gmail.com), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5744-0486>

**Alexander Meneilyk**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Department of Technologies of Building Production, Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture, Odessa, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1007-309X>

**Anatolii Petrovskyi**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Technologies of Building Production, Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture, Odessa, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9818-149X>

**Denys Uvarov**, Postgraduate Student, Department of Technologies of Building Production, Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture, Odessa, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-1000-2135-9113-42X>

**Anastasiia Uvarova**, Khortytsia National Training and Rehabilitation Academy, Zaporozhye, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1416-7181>

The object of research is the development of applying a consistency to a vertical surface using an automated device. One of the most problematic places is the poor quality of work at height and the danger associated with the life of workers. Currently, there is only a manual and semi-mechanized method of applying the mixture to a vertical surface. When applying plaster to a vertical surface inside a building, some countries use a plastering robot. In this case, the work is done with high quality and is serviced by two workers. Therefore, when studying this issue, the authors decided to develop a device with which it is possible to perform work on applying to a vertical surface from the outside of the building with high quality.

In the course of the study, technological maps were used, on the basis of which estimates were developed, which showed that the introduction of new technologies makes it possible to obtain up to 20 % cost savings on works, equipment and mechanisms. An economic effect was obtained from the developed technology. This is due to the fact that the proposed technology makes it possible to reduce the cost of work using the developed equipment, since the equipment serves 3 workers, namely 1 operator and 2 workers servicing this equipment. The proposed equipment has a number of features that make it possible to additionally mix the mixture at the outlet, edit the supply of the mixture, apply the required thickness evenly, in particular, control the quality of work. This makes it possible to choose the inclination angle, the thickness of the mixture and obtain indicators of the strength of the mixture and the number of losses. Compared to similar known methods, the mixture is fed automatically, which pro-

vides advantages such as quality control, safety precautions and reduces the risk of loss of life.

**Keywords:** mixture application equipment, vertical surface, nozzle angle, layer thickness, safety precautions.

**References**

1. Chernenko, V. K., Yarmolenko, M. H., Batura, H. M. et. al. (2002). *Tekhnolohiia budivelnoho vyrobnytstva*. Kyiv: Vyscha shkola, 430.
2. Barabash, I. V. (2002). *Mekhanokhimichna aktyvatsiia mineralnykh v'iazhuchykh rehovyn*. Odesa: Astroprynt, 100.
3. Warszawski, A. (1984). Application of Robotics to Building Construction. *Proceedings of the 1st International Symposium on Automation and Robotics in Construction (ISARC)*. Pittsburgh: The International Association for Automation and Robotics in Construction, 33–40. doi: <http://doi.org/10.22260/isarc1984/0003>
4. *Precision Construction Robot Hadrian X* (2021). Fastbrick Australia. Available at: <https://www.fbr.com.au/view/hadrian-x>
5. *RoboPlaster*. Available at: <https://roboplaster-1.pulscen.ua/about>
6. Tateyama, K., Ishii, K., Inoue, F. (2020). Front matter and table of contents. *Proceedings of the 37th International Symposium on Automation and Robotics in Construction (ISARC)*. Kitakyushu: The International Association for Automation and Robotics in Construction. doi: <http://doi.org/10.22260/isarc2020/0002>
7. Kayser, M., Cai, L., Falcone, S., Bader, C., Inglessis, N., Darweesh, B., Oxman, N. (2018). Design of a multi-agent, fiber composite digital fabrication system. *Science Robotics*, 3 (22). doi: <http://doi.org/10.1126/scirobotics.aau5630>
8. Keating, S. (2016). Digital Construction Platform. *MIT Media Lab*. Available at: <https://www.media.mit.edu/projects/digital-construction-platform-v-2/overview/>
9. *MX3D BRIDGE* (2019). Available at: <https://mx3d.com/projects/mx3d-bridge>
10. Guaman-Rivera, R., Martinez-Rocamora, A., Garcia-Alvarado, R., Munoz-Sanguinetti, C., Gonzalez-Bohme, L. F., Auat-Cheein, F. (2022). Recent Developments and Challenges of 3D-Printed Construction: A Review of Research Fronts. *Buildings*, 12 (2), 229. doi: <https://doi.org/10.3390/buildings12020229>
11. Ning, X., Liu, T., Wu, C., Wang, C. (Ed.) (2021). 3D Printing in Construction: Current Status, Implementation Hindrances, and Development Agenda. *Advances in Civil Engineering 2021*, 1–12. doi: <https://doi.org/10.1155/2021/6665333>
12. Malewar, A. (2017). *Meet SAM: a Construction Robot That Works 500 % Faster Than Humans*. Available at: <https://www.techexplorist.com/meet-sam-construction-robot-works-500-faster-humans/5357/>
13. Halushko, V., Meneilyk, A., Kyrlyuk, S. (2021). Determination of cracking causes in building structural elements. *Sustainable Development of Industrial Region*, 258. doi: <http://doi.org/10.1051/e3sconf/202125809038>
14. Halushko, V. O. (2009). Pat. No. 45279 UA. *Portal dlia vykonania remontno-vidnovliuvalnykh robot*. MPK: (2009) E04G 23/00, E04G 21/00, B66C 17/00. declared: 21.05.2007; published: 10.11.2009, Bul. No. 21, 10.
15. Meneilyk, O. I., Halushko, V. A., Halushko, O. M., Donchenko, M. M., Pidoima, A. S., Baliuk, S. V., Uvarov, D. Yu. (2015). Pat. No. 101756 UA. *Prystrii dlia intensyfikatsii napryskuvania tekuchoi sumishi*. MPK: E04F 21/02 (2006.01) declared: 20.04.2015; published: 25.09.2015, Bul. No. 18, 6.

DOI: 10.15587/2706-5448.2022.257305

**ANALYTICAL DETERMINATION OF ENERGY INTENSITY OF CRITICAL DEEP CUTTING OF SOILS BY MULTI-SCRAPER TRENCH EXCAVATORS**

pages 11–16

*Svyatoslav Kravets, Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Construction, Road, Reclamation, Agricultural Machinery and Equipment, National University of Water and Environmental Engineering, Rivne, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4063-1942>*

*Serhii Forsiuk, Assistant, Department of Construction, Road, Reclamation, Agricultural Machinery and Equipment, National University of Water and Environmental Engineering, Rivne, Ukraine, e-mail: [s.l.forsiuk@nuwem.edu.ua](mailto:s.l.forsiuk@nuwem.edu.ua), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9558-1439>*

The object of research is the processes of interaction of the cutters of the working body of the chain trench excavator on the basis of the semi-blocked critical depth mode of soil cutting. One of the most problematic places is that the known analytical and experimental models of interaction of multi-scraper chain trench excavators with soil do not determine the parameters and modes of their operation based on critical depth cutting of soils. Therefore, the design of work equipment for given conditions on the basis of such dependencies does not provide the minimum energy consumption and maximum productivity of the work process.

The research used the method of analytical calculation of parameters of installation of soil-developing elements and determination of energy performance of multi-scraper chain working body of trench excavator on the basis of semi-blocked critical-depth soil cutting regime.

The proposed calculation method allows to determine the parameters of installation of the working body and placement of soil development elements and to quantify the energy performance of multi-scraper chain working body of the trench excavator based on semi-blocked critical depth of soil cutting mode.

The obtained method of calculation, in contrast to existing empirical estimates, allows developing options for improving the parameters of multi-scraper chain working body. As a substantiation of this conclusion the conceptual variant of technical realization of the working equipment is offered, namely, allows to prove expediency of the choice of the semi-blocked

scheme of arrangement of cutters of critical deep cutting of soil of a working body of a trench multi-scraper excavator.

The conducted energy analysis showed that it is more expedient to use a multi-scraper chain working body of a trench excavator on the basis of a semi-blocked critical-depth regime of soil cutting. For example, for soil semi-solid clay with blocked cutting, cutting angle  $\alpha_c=20-30^\circ$ , cutter width  $b=0.02$  m the energy intensity of the working process varies within  $E=191-233$  kJ/m<sup>3</sup>; for semi-blocked cutting under the same conditions –  $E=187-191$  kJ/m<sup>3</sup>, which is 2–18 % less.

**Keywords:** excavator, chain-scraper working body, critical deep cutting of soils, cutting force, energy consumption.

**References**

1. Kuzminets, M. P. (2013). *Formuvannia kompleksu spetsialnykh zemleriyinykh mashyn dlia roboty v umovakh diiuchykh mahistralnykh truboprovodiv*. Kyiv, 310.
2. Vetrov, Iu. A. (1971). *Rezanie gruntov zemleroinymi mashinami*. Moscow: Mashinostroenie, 360.
3. Zelenin, A. N., Balovnev, V. I., Kerov, I. P. (1975). *Mashyny dlia zemlianykh robot*. Moscow: Mashinostroenie, 424.
4. Haponov, O. O., Kosiak, O. V., Pukhtaevych, O. I. (2018). *Peredumovy stvorennia krytychno-hlybynykh rezhymiv roboty bahatoskrebkovykh lantsiuhovykh transheinykh ekskavatoriv*. *Stroytelstvo. Materyalovedenye. Mashynostroeniye*, 103, 145–152.
5. Suponiev, V. M., Haponov, O. O. (2020). *Vstanovlennia efektyvnykh rezhymiv roboty bahato skrebkovykh transheinykh ekskavatoriv z krytychno-hlybynnymy riztsiamy*. *Kompiuterni tekhnolohii i mekhatronika*. Kharkiv: KhNADU, 391–393.
6. Letopolskii, A. B. (2011). *Vybor i obosnovanie konstruktivnykh parametrov rezhushchikh rabochikh organov transheynogo tsepnogo ekskavatora*. Omsk, 160.
7. Kravets, S. V., Bundza, O. Z., Suponev, V. M., Gaponov, O. O. (2020). *Determination of the length of the ploughshare and the intensity of soil cutting by the cutters (teeth) of trench excavators*. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho avtodorozhnoho universytetu*, 2, 78–85.
8. Khmara, L. A., Kravets, S. V., Skobliuk, M. P. et al.; Khmara, L. A., Kravets, S. V. (Eds.) (2014). *Mashyny dlia zemlianykh robot*. Kharkiv: KhNADU, 548.
9. Alekseeva, T. V., Artemev, K. A., Bromberg, A. A. et al. (1972). *Dorozhnye mashyny. Ch. 1. Mashyny dlia zemlianykh robot*. Moscow: Mashinostroenie, 504.
10. Musiiko, V. D. (2016). *Teoriia ta stvorennia innovatsiinykh zemleriyinykh mashyn bezpererвної dii*. Kyiv: NTU, SPD Chalnaeska N. V., 208.
11. Musiiko, V. D. (2008). *Ekskavatory pozdovzhnoho kopannia*. Kyiv: NTU, ZAT «Vipol», 240.

**MECHANICS**

DOI: 10.15587/2706-5448.2022.256569

**DEVELOPMENT OF THE STRENGTH STATISTICAL CHARACTERISTICS OF MATERIALS, WHICH TAKES INTO ACCOUNT THE FEATURES OF THEIR BRITTLE FRACTURE**

pages 17–23

*Roman Kvit, PhD, Associate Professor, Department of Mathematics, Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine, e-mail: [romani.kvit@lpnu.ua](mailto:romani.kvit@lpnu.ua), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2232-8678>*

The object of the research is the algorithm for determining the finding of the most probable, mean value, dispersion

and coefficient of failure loading variation of a stochastically defective plate under conditions of comprehensive tensile-compression. The material of the plate is considered as a continuous medium in which evenly distributed defects such as rectilinear cracks that do not interact with each other. It is isotropic and has the same crack resistance. Let's believe that the plate consists of primary elements, each of which can be weakened by one defect.

To predict the strength and failure conditions of plates made of such material, it is natural to use, on the one hand, the results of the theory of limit equilibrium of individual determined defects and their development, and on the other hand, probabilistic-statistical methods that take into account the randomness of defects. This comprehensive approach

makes it possible to calculate the statistical characteristics of strength and fracture based on data on the structure of the material defect and its resistance to the emergence and development of cracks.

The main content of this paper is the algorithm for calculating and research the strength statistical characteristics of stochastically defective plate structural elements taking into account some deterministic features of their brittle fracture. Based on the deterministic failure criterion, which takes into account the initial direction of crack propagation, the ratio is obtained to find the most probable, mean value, dispersion and coefficient of variation of failure loading. The dependences of the specified strength statistical characteristics on the type of applied loading, the number of defects (body size) and structural inhomogeneity of the material, as well as the effect of taking into account the initial direction of crack propagation are investigated.

The obtained results allow to more adequately assessing the reliability of structural materials under conditions of complex stress state, taking into account the stochastic of their structure. This is due to the fact that the use of the approach to determine the limit applied stresses, which takes into account the initial direction of the crack propagation, improves the algorithm for finding strength statistical characteristics.

**Keywords:** plate, isotropic material, rectilinear crack, distribution density, failure loading, strength statistical characteristics.

#### References

- Keleş, Ö., Garcia, R. E., Bowman, K. J. (2013). Stochastic failure of isotropic, brittle materials with uniform porosity. *Acta Materialia*, 61 (8), 2853–2862. doi: <http://doi.org/10.1016/j.actamat.2013.01.024>
- Bertalan, Z., Shekhawat, A., Sethna, J. P., Zapperi, S. (2014). Fracture Strength: Stress Concentration, Extreme Value Statistics, and the Fate of the Weibull Distribution. *Physical Review Applied*, 2 (3). doi: <http://doi.org/10.1103/physrevapplied.2.034008>
- Heckmann, K., Saifi, Q. (2016). Comparative analysis of deterministic and probabilistic fracture mechanical assessment tools. *Kerntechnik*, 81 (5), 484–497. doi: <http://doi.org/10.3139/124.110725>
- Luo, W., Bazant, Z. P. (2017). Fishnet statistics for probabilistic strength and scaling of nacreous imbricated lamellar materials. *Journal of the Mechanics and Physics of Solids*, 109, 264–287. doi: <http://doi.org/10.1016/j.jmps.2017.07.023>
- Zhang, T., Yue, R., Wang, X., Hao, Z. (2018). Failure probability analysis and design comparison of multi-layered SiC-based fuel cladding in PWRs. *Nuclear Engineering and Design*, 330, 463–479. doi: <http://doi.org/10.1016/j.nucengdes.2018.02.017>
- Zhu, S.-P., Hao, Y.-Z., Liao, D. (2020). Probabilistic modeling and simulation of multiple surface crack propagation and coalescence. *Applied Mathematical Modelling*, 78, 383–398. doi: <http://doi.org/10.1016/j.apm.2019.09.045>
- He, J., Cui, Y., Liu, Y., Wang, H. (2020). Probabilistic analysis of crack growth in railway axles using a Gaussian process. *Advances in Mechanical Engineering*, 12 (9). doi: <http://doi.org/10.1177/1687814020936031>
- Masoudi Nejad, R., Liu, Z., Ma, W., Berto, F. (2021). Fatigue reliability assessment of a pearlitic Grade 900A rail steel subjected to multiple cracks. *Engineering Failure Analysis*, 128, 105625. doi: <http://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2021.105625>
- Kvit, R. I. (2009). Stokhastychne modelivannia ruinuvannia krykhykhykh materialiv. *Visnyk NU «Lvivska politekhnika»: Fiz.-mat. nauky*, 660, 61–67.
- Panasjuk, V. V. (1968). *Predelnoe ravnovesye khrupkykh tel s treshchynamy*. Kyiv: Naukova dumka, 246.
- Vitvickii, P. M., Popina, S. Iu. (1980). *Prochnost i kriterii khrupkogo razrusheniia stokhasticheski defektnykh tel*. Kyiv: Naukova dumka, 186.
- Kvit, R. (2018). Strength statistical characteristics of the isotropic materials with disc-shaped defects. *Journal of Applied Mathematics and Computational Mechanics*, 17 (4), 25–34. doi: <http://doi.org/10.17512/jamcm.2018.4.04>

## METALLURGICAL TECHNOLOGY

DOI: 10.15587/2706-5448.2022.256751

### DEOXIDATION AND MODIFICATION OF STEELS WITH REDUCED SILICON CONTENT

pages 24–27

*Serhii Polishko*, PhD, Senior Researcher, Associate Professor, Department of Production Technology, Oles Honchar Dnipro National University, Dnipro, Ukraine, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4388-2317>, e-mail: [polishkopsa@gmail.com](mailto:polishkopsa@gmail.com)

The object of research is the processes that affect the mechanical characteristics of steels after the treatment of melts with silicon-free complex master alloys according to existing technologies. One of the most problematic places is the negative effect of silicon on the weldability of low-alloy steel, sharply increasing the heterogeneity of welds in sulfur and phosphorus and increasing their susceptibility to hot cracks. The cyclic strength of welded joints decreases markedly with an increase in the silicon concentration of steel. Also in this case, there is a threat of the formation of silicon monoxide, which significantly

increases the fragility of the finished steel products. Also, steels processed with alloys containing silicon are prone to decarburization, the formation of surface defects during hot working and graphite formation, which reduces their endurance limit.

In the research it was possible to prove that the use of silicon-free complex ligatures (SFCL) in smelting made it possible to obtain an increase (2–3 times) in the entire complex of mechanical and operational properties, especially ductility, impact strength at normal and negative test temperatures (cold resistance), fatigue strength. In some cases, the level of properties of cast metal reaches the deformed version of its manufacture, for example, rolled products and even metal obtained by electroslag remelting. Processing of the melt of various BKL steels when tapping from the furnace into a pouring ladle instead of aluminum master alloys, silicocalcium and ferrocerium (according to the current technology) provided the required level and high stability of the mechanical properties of 20GML steel. Also, thanks to the use of BCL, it was possible to reduce the consumption of ligatures and deoxidizers by 4.2 kg per ton of liquid metal and increase the yield of rejection of casting defects by 6–10 %.

It has been established in the work that BCL treatment leads to stabilization of the chemical composition, refinement of the grain structure of steels, as well as an increase in its dispersion and the level of mechanical characteristics.

**Keywords:** silicon-free complex ligatures, chemical composition, mechanical characteristics, alloyed steels.

### References

- Shreder, A., Roze, A. (1972). *Metallografiia zheleza. Vol. 2. Struktura staley*. Lenigrad: Metallurgiiia, 284.
- Gamaniuk, S. B., Ziuban, N. A., Rutckii, D. V., Ananeva, A. N. (2017). Issledovanie vliianiia rezhimov raskisleniia na formirovanie i raspolozhenie sulfidov v sredneuglerodistykh konstruktsionnykh staliakh. *Stal*, 2, 15–19.
- Luzhanskii, I. B. (2011). Vysokoeffektivnye legirovannye kremniem iznosostoikie stali dlia izgotovitelnoi naplavki detalei stroitelno-dorozhnoi i gornodobyvaiushchei tekhniki. *Tekhnologiiia metallov*, 5, 19–23.
- Luzhanskii, I. B. (2011). Vysokoeffektivnye legirovannye kremniem iznosostoikie stali dlia izgotovitelnoi naplavki detalei stroitelno-dorozhnoi i gornodobyvaiushchei tekhniki. *Tekhnologiiia metallov*, 5, 19–23.
- Ren, Y., Zhang, L., Yang, W. (2014). Formation and Thermo dynamics of Mg-Al-Ti-O Complex Inclusions in Mg-Al-Ti-Deoxidized Steel. *Metallurgical and Materials Transactions*, 45 (6), 2057–2071. doi: <http://doi.org/10.1007/s11663-014-0121-0>
- Sanin, A. F., Bechke, K. V., Bondarenko, O. V., Bozhko, S. A., Vilishchuk, Z. V., Dzhur, V. V. et. al. (2017). *Rozrobka naukovykh osnov pidvyshchennia funktsionalnykh vlastyvostei metalovykh materialiv shliakhom kompleksnoi obrobky yikh rozplaviv dlia vyrobiv aviatsiino-kosmichnoi tekhniki i transportu*. Otchet po NYR (zakliuch.) No. DR 0115U002397. No. 1-305-15. Dnipro, 145.
- Sokolov, I. L., Sokolova, E. V. (2020). Osobennosti desulfuratsii nizkouglerodistykh, nizkokremnistoi stali na agregate «kovshpech». *Teoriia i tekhnologiiia metallurgicheskogo proizvodstva*, 3 (34), 4–8.
- Kalinina, N. E., Nosova, T. V., Grekova, M. V., Kashenkova, A. V. (2017). Resursoberegaiushchaia tekhnologiiia izgotovleniia sharoballonov iz titanovykh splavov. *Vestnik dvigatelestroeniia*, 1, 43–47.
- Dzhur, Y., Kalinina, N., Grekova, M., Guchenkov, M. (2017). Investigation of the influence of nanodispersed compositions obtained by plasmochemical synthesis on the crystallization processes of structural alloys. *EUREKA: Physics and Engineering*, 6, 63–68. doi: <http://doi.org/10.21303/2461-4262.2017.00500>
- Shapovalov, V. P., Shapovalov, O. V., Shapovalova, O. M., Polishko, S. O. (2011). Pat. No. 93684 UA. *Rozkislivach-modifikator dlia obrobkirozplaviv staley i splaviv*. MPK C22C 35/00, C22C 1/06 (2006.01), C22B 9/10 (2006.01), C21C 1/00, C21C 7/06 (2006.01). No. a200801124, declared: 30.01.2008; published: 10.03.2011. Bul. No. 5, 4.
- Ostash, O. P., Andreiko, I. M., Kulik, V. V., Prokopets, V. I. (2012). Tciklichna trishchinostiikist staley zaliznichnikh kolis tipu KP-2 i KP-T za vplivu ekspluatatsiinykh temperaturno-silovykh faktoriv. *Problemy mekhaniki zhelezodorozhnogo transporta: Bezopasnost dvizheniia, dinamika, prochnost podvizhnogo sostava, energosberezhennia*. Dnipropetrovsk: DNUZhT, 105–106.
- Luchagina, A., Nikolaev, D., Sanin, A., Tatarko, J., Ulemeyer, K. (2015). Investigation of rail wheels teel crystallographic texture changes due to modification and thermo mechanical treatment. *Materials Science and Engineering*, 82. doi: <http://doi.org/10.1088/1757-899x/82/1/012107>
- Kalinina, N. E., Nosova, T. V., Grekova, M. V., Guchenkov, M. V. (2017). Vliianie shpatovykh materialov na izmelchenie struktury aliuminiia dispersnyimi kompozitsiiami. *Vestnik dvigatelestroeniia*, 2, 116–122.
- Brebbia, C., Connor, J. J., Newkirk, J. W., Popov, A. A., Zhilin, A. S. (2018). *Progress in Materials Science and Engineering*. Springer, 203.
- Smirnov, L. A., Rovnushkin, V. A., Oryshchenko, A. S., Kalinin, G. Iu., Miliute, V. G. (2016). Modifitsirovanie stali i splavov redkozemelnyimi elementami. *Metallurg*, 1, 41–48.
- Polishko, S. (2017). Effect of modification on the formation of nonmetallic inclusions in KP-T wheel steel. *Technical mechanics*, 4, 112–118. doi: <http://doi.org/10.15407/itm2017.04.112>
- Luchagina, T., Nikolayev, D., Sanin, A., Tatarko, J., Ulemeyer, K. (2015). Investigation of rail wheel steel crystallographic texture changes due to modification and thermo mechanical treatment. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 82. doi: <http://doi.org/10.1088/1757-899x/82/1/012107>
- Polishko, S. O. (2019). Influence of multifunctional modification on stabilization of chemical composition of wheel steels. *Journal of Chemistry and Technologies*, 27 (1), 31–39. doi: <http://doi.org/10.15421/081903>

## ELECTRICAL ENGINEERING AND INDUSTRIAL ELECTRONICS

DOI: 10.15587/2706-5448.2022.256564

### EFFECT OF VACUUM DRYING THE INSULATION PRESSBOARD ON PARTIAL DISCHARGE CHARACTERISTICS UNDER RIPPLE VOLTAGE CONDITIONS

pages 28–33

**Yevgeniy Trotsenko**, PhD, Associate Professor, Department of Theoretical Electrical Engineering, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine, e-mail: [y.trotsenko@kpi.ua](mailto:y.trotsenko@kpi.ua), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9379-0061>

**Julia Peretyatko**, PhD, Associate Professor, Department of Theoretical Electrical Engineering, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1397-8078>

**Olexandr Protsenko**, PhD, Associate Professor, Department of Theoretical Electrical Engineering, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7719-3336>

**Mandar Madhukar Dixit**, Assistant Professor, Department of Electrical Engineering, Vishwaniketan Institute of Management Entrepreneurship and Engineering Technology, Khalapur, Maharashtra, India, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1959-7815>

The object of the research is partial discharges arising in a sample of the insulation pressboard. In most modern high-voltage direct current transmission schemes based on voltage-source converters six-pulse or twelve-pulse converters are used. The signal waveform on the direct current voltage side of a high-voltage direct current transmission is not pure direct current voltage and it has alternating current com-

ponent. Since the partial discharge activity under distorted voltage is much different than that under pure direct current voltage, voltage ripples and voltage harmonics are the subject of various studies.

This article examines the effect of vacuum drying the insulation pressboard on partial discharge characteristics at direct voltage ripples. The insulation pressboard was dried in a vacuum chamber with a residual pressure of 1 mm Hg.

Among all the characteristics of a partial discharge, the main focus has been on the apparent charge of a partial discharge. The greater is the apparent charge value, the stronger is the destructive effect on high-voltage insulation. It was shown that drying the insulation in a vacuum chamber has the greatest effect on reducing the apparent charge of a partial discharge at direct current voltage than at alternating current voltage. After drying the insulation in a vacuum chamber, the amplitude of the partial discharge pulses was decreased by 99.3 % at direct current voltage in comparison with the moistened sample. After vacuum drying, at DC voltage, rare and very low magnitude partial discharges were recorded.

The conducted research contributes to the development of methods for partial discharge detection under non-standard voltage conditions.

**Keywords:** partial discharge, ripple voltage, insulation pressboard, vacuum drying.

#### References

- Dagle, J. E. (2004). Data management issues associated with the August 14, 2003 blackout investigation. *IEEE Power Engineering Society General Meeting*, 2, 1680–1684. doi: <http://doi.org/10.1109/pes.2004.1373160>
- Rampurkar, V., Pentayya, P., Mangalvedekar, H. A., Kazi, F. (2016). Cascading Failure Analysis for Indian Power Grid. *IEEE Transactions on Smart Grid*, 7 (4), 1951–1960. doi: <http://doi.org/10.1109/tsg.2016.2530679>
- Carlsson, L. (2005). HVDC. A firewall against disturbances in high-voltage grids. *ABB Review*, 3, 42–46.
- Kamalapur, G. D., Sheelavant, V. R., Hyderabad, S., Pujar, A., Bakshi, S., Patil, A. (2014). HVDC Transmission in India. *IEEE Potentials*, 33 (1), 22–27. doi: <http://doi.org/10.1109/mpot.2012.2220870>
- Joshi, N., Sharma, J. (2021). An overview on high voltage direct current transmission projects in India. *2021 6th International Conference on Inventive Computation Technologies (ICICT)*, 459–463. doi: <http://doi.org/10.1109/icict50816.2021.9358704>
- Fard, M. A., Farrag, M. E., McMeekin, S. G., Reid, A. J. (2017). Partial discharge behavior under operational and anomalous conditions in HVDC systems. *IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation*, 24 (3), 1494–1502. doi: <http://doi.org/10.1109/tdei.2017.006469>
- Guo, R., Wang, K., Xu, Z., Li, J., Sun, J., Cheng, H. (2016). Partial discharge characteristics and classification in oil-paper insulation under DC voltage. *2016 IEEE International Conference on High Voltage Engineering and Application (ICHVE)*. doi: <http://doi.org/10.1109/ichve.2016.7800629>
- High-voltage test techniques – Partial discharge measurements* (2000). International standard IEC 60270:2000, 1–99.
- Gulski, E. (1995). Digital analysis of partial discharges. *IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation*, 2 (5), 822–837. doi: <http://doi.org/10.1109/94.469977>
- Dong, G., Liu, T., Zhang, M., Li, Q., Wang, Z. (2018). Effect of voltage waveform on partial discharge characteristics and insulation life. *2018 12th International Conference on the Properties and Applications of Dielectric Materials (ICPADM)*, 144–147. doi: <http://doi.org/10.1109/icpadm.2018.8401151>
- Meisner, J., Schmidt, M., Lucas, W., Mohns, E. (2011). Generation and measurement of AC ripple at high direct voltage. *XVII International Symposium on High Voltage Engineering*, 1–4.
- Fard, M. A., Reid, A. J., Hepburn, D. M., Gallagher, H. (2016). Influence of voltage harmonic phenomena on partial discharge behavior at HVDC. *2016 IEEE International Conference on Dielectrics (ICD)*, 548–551. doi: <http://doi.org/10.1109/icd.2016.7547663>
- Trotsenko, Y., Protsenko, O., Mykhailenko, V., Burian, S. (2020). Effect of direct voltage ripples on partial discharge activity in solid dielectric. *2020 IEEE Problems of Automated Electrodynamics. Theory and Practice (PAEP)*. doi: <http://doi.org/10.1109/paep49887.2020.9240799>
- Carlson, A. (1996). Specific requirements on HVDC converter transformers. *ABB Transformers AB*. Valhallavagen, 1–4.
- Nawawi, Z., Muramoto, Y., Hozumi, N., Nagao, M. (2003). Effect of humidity on partial discharge characteristics. *Proceedings of the 7th International Conference on Properties and Applications of Dielectric Materials (Cat. No.03CH37417)*, 1, 307–310. doi: <http://doi.org/10.1109/icpadm.2003.1218413>
- OWON XDS3000 Dual-Channel Series Digital Storage Oscilloscopes (2019). LILLIPUT Company. *User Manual*, 149.
- Siswanto, Indarto, A., Rahmatullah, R., Hudaya, C. (2018). The effects of drying time during manufacturing process on partial discharge of 83.3 mva 275/160 kv power transformer. *MATEC Web of Conferences*, 218, 04008. doi: <http://doi.org/10.1051/mateconf/201821804008>

## TECHNOLOGY AND SYSTEM OF POWER SUPPLY

DOI: 10.15587/2706-5448.2022.255959

### ASSESSMENT OF THE EFFICIENCY OF BIOFUEL USE IN THE OPERATION OF MARINE DIESEL ENGINES

pages 34–41

**Volodymyr Madey**, Postgraduate Student, Department of Ship Power Plants, National University Odessa Maritime Academy, Odessa, Ukraine, e-mail: [v.madey@gmail.com](mailto:v.madey@gmail.com), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8692-9077>

The object of research is the process of operation of marine diesel engines using biodiesel fuel. The subject of

research is the process of experimental determination of the optimal concentration of biodiesel fuel in a mixture with fuel of petroleum origin. At the same time, a simultaneous maximum increase in environmental and minimum decrease in the economic parameters of the operation of a marine diesel engine should be ensured.

The studies were carried out on Hyundai Heavy Industries 5H17/28 marine diesel engines. Three such diesel engines were part of the power plant of a specialized marine ship with deadweight of 9600 tons. The study was aimed at determining the concentration of biofuel in a mixture with diesel fuel, which provides the best environmental performance of a diesel engine. The fuel supply circuit to the

first diesel did not change and the diesel was operated on RMB30 fuel. Two other diesel engines were operated on a fuel mixture – RMB30 fuel and B99.9 FAME biofuel. The content of biofuel in the mixture varied in the range of 5–20 %. The main quantities measured during the experiment were the concentration of nitrogen oxides and the volumetric content of carbon monoxide in the exhaust gases, as well as the specific effective fuel consumption. By switching groups of consumers, the operation of diesel engines was carried out at the same load, the support of which was required during the experiment. The load on diesel engines during the experiments varied in the range of 55–85 % of the nominal value. The operation of diesel engines in each of the studied modes was carried out for at least 1.5–2 hours, during which the main parameters were measured and the obtained values were averaged.

It has been established that the use of biofuel increases the environmental friendliness of the marine diesel engine:

- by 7.6–26.61 % (depending on the diesel loading and the content of biofuel in the fuel mixture), the emission of nitrogen oxides with exhaust gases is reduced;

- by 3.8–23.6 % (depending on diesel loading and biofuel content in the fuel mixture) reduces the emission of carbon oxides with exhaust gases.

It has been also determined that when using biofuel, there is an increase in the specific effective fuel consumption by 0.5–8.65 %, which reduces the efficiency of a diesel engine.

The optimal composition of the fuel mixture containing biofuel is proposed to be determined experimentally for each diesel load, taking into account its environmental and economic indicators.

**Keywords:** marine diesel, fuel of biological origin, fuel mixture, emission of nitrogen oxides, emission of carbon oxides.

#### References

1. Sagin, S., Madey, V., Stoliaryk, T. (2021). Analysis of mechanical energy losses in marine diesels. *Technology Audit and Production Reserves*, 5 (2 (61)), 26–32. doi: <http://doi.org/10.15587/2706-5448.2021.239698>
2. Maryanov, D. (2021). Development of a method for maintaining the performance of drilling fluids during transportation by Platform Supply Vessel. *Technology Audit and Production Reserves*, 5 (2 (61)), 15–20. doi: <http://doi.org/10.15587/2706-5448.2021.239437>
3. Maryanov, D. (2022). Control and regulation of the density of technical fluids during their transportation by sea specialized vessels. *Technology Audit and Production Reserves*, 1 (2 (63)), 19–25. doi: <http://doi.org/10.15587/2706-5448.2022.252336>
4. Panchuk, M., Śładkowski, A., Panchuk, A., Semianyk, I. (2021). New Technologies for Hull Assemblies in Shipbuilding. *Naše More*, 68 (1), 48–57. doi: <http://doi.org/10.17818/nm/2021/1.6>
5. Petković, M., Zubčić, M., Krčum, M., Pavić, I. (2021) Wind Assisted Ship Propulsion Technologies – Can they Help in Emissions Reduction? *Naše More*, 68 (2), 102–109. doi: <http://doi.org/10.17818/nm/2021/2.6>
6. Sagin, S. V., Semenov, O. V. (2016). Marine Slow-Speed Diesel Engine Diagnosis with View to Cylinder Oil Specification. *American Journal of Applied Sciences*, 13 (5), 618–627. doi: <http://doi.org/10.3844/ajassp.2016.618.627>
7. Sagin, S. V., Semenov, O. V. (2016). Motor Oil Viscosity Stratification in Friction Units of Marine Diesel Motors. *American Journal of Applied Sciences*, 13 (2), 200–208. doi: <http://doi.org/10.3844/ajassp.2016.200.208>
8. Chu Van, T., Ramirez, J., Rainey, T., Ristovski, Z., Brown, R. J. (2019). Global impacts of recent IMO regulations on marine fuel oil refining processes and ship emissions. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 70, 123–134. doi: <http://doi.org/10.1016/j.trd.2019.04.001>
9. Zablotsky, Y. V., Sagin, S. V. (2016). Maintaining Boundary and Hydrodynamic Lubrication Modes in Operating High-pressure Fuel Injection Pumps of Marine Diesel Engines. *Indian Journal of Science and Technology*, 9 (20), 208–216. doi: <http://doi.org/10.17485/ijst/2016/v9i20/94490>
10. Likhhanov, V. A., Lopatin, O. P. (2020). Dynamics of soot formation and burnout in a gas diesel cylinder. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 862 (6), 062033. doi: <http://doi.org/10.1088/1757-899x/862/6/062033>
11. Sagin, S. V. (2020). Determination of the optimal recovery time of the rheological characteristics of marine diesel engine lubricating oils. *Process Management and Scientific Developments*. Birmingham, 4, 195–202.
12. Sagin, S. V., Solodovnikov, V. G. (2015). Cavitation treatment of high-viscosity marine fuels for medium-speed diesel engines. *Modern Applied Science*, 9 (5). doi: <http://doi.org/10.5539/mas.v9n5p269>
13. Duc Luu, D., Quang Vinh, N. (2021). Affections of Turbine Nozzle Cross-Sectional Area to the Marine Diesel Engine Working. *Naše More*, 68 (2), 65–73. doi: <http://doi.org/10.17818/nm/2021/2.1>
14. Sagin, S. V., Kuropyatnyk, O. A. (2021). Using exhaust gas bypass for achieving the environmental performance of marine diesel engines. *The Austrian Journal of Technical and Natural Sciences*, 7-8, 36–43. doi: <http://doi.org/10.29013/ajt-21-7.8-36-43>
15. Sagin, S. V., Kuropyatnyk, O. A. (2018). The Use of Exhaust Gas Recirculation for Ensuring the Environmental Performance of Marine Diesel Engines. *Naše More*, 65 (2), 78–86. doi: <http://doi.org/10.17818/nm/2018/2.3>
16. Sagin, S. V. (2018) Improving the performance parameters of systems fluids. *Austrian Journal of Technical and Natural Sciences*, 7-8, 55–59.
17. Zablotsky, Y. V., Sagin, S. V. (2016). Enhancing Fuel Efficiency and Environmental Specifications of a Marine Diesel When using Fuel Additives. *Indian Journal of Science and Technology*, 9 (46), 352–362. doi: <http://doi.org/10.17485/ijst/2016/v9i46/107516>
18. Sagin, A. S., Zablotskyi, Y. V. (2021). Reliability maintenance of fuel equipment on marine and inland navigation vessels. *The Austrian Journal of Technical and Natural Sciences*, 7-8, 14–17. doi: <http://doi.org/10.29013/ajt-21-7.8-14-17>
19. Graziano, B., Kremer, F., Pischinger, S., Heufer, K. A., Rohs, H. (2015). On the Potential of Oxygenated Fuels as an Additional Degree of Freedom in the Mixture Formation in Direct Injection Diesel Engines. *SAE International Journal of Fuels and Lubricants*, 8 (1), 62–79. doi: <http://doi.org/10.4271/2015-01-0890>
20. Dhyani, V., Subramanian, K. A. (2019). Control of backfire and NOx emission reduction in a hydrogen fueled multi-cylinder spark ignition engine using cooled EGR and water injection strategies. *International Journal of Hydrogen Energy*, 44 (12), 6287–6298. doi: <http://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2019.01.129>
21. Kuropyatnyk, O. A., Sagin, S. V. (2019). Exhaust Gas Recirculation as a Major Technique Designed to Reduce NOx Emissions from Marine Diesel Engines. *Naše More*, 66 (1), 1–9. doi: <http://doi.org/10.17818/nm/2019/1.1>
22. Zablotsky, Y. V. (2019). The use of chemical fuel processing to improve the economic and environmental performance of ma-

rine internal combustion engines. *Materials of the International Conference «Scientific research of the SCO countries: synergy and integration»*. Part 1. Beijing: PRC, 131–138.

23. Sagin, S. V. (2019). Decrease in mechanical losses in high-pressure fuel equipment of marine diesel engines. *Materials of the International Conference «Scientific research of the SCO countries: synergy and integration»*. Part 1. Beijing: PRC, 139–145.
24. Likhonov, V. A., Lopatin, O. P., Yurlov, A. S., Anfilatova, N. S. (2021). Investigation of the effective performance of diesel engines running on methanol and rapeseed oil methyl ether. *Journal of Physics: Conference Series*, 1889 (4), 042067. doi: <http://doi.org/10.1088/1742-6596/1889/4/042067>
25. Alanen, J., Saukko, E., Lehtoranta, K., Murtonen, T., Timonen, H., Hillamo, R. et. al. (2015). The formation and physical properties of the particle emissions from a natural gas engine. *Fuel*, 162 (15), 155–161. doi: <http://doi.org/10.1016/j.fuel.2015.09.003>
26. Popovskii, Yu. M., Sagin, S. V., Khanmamedov, S. A., Grebenyuk, M. N., Teregerya, V. V. (1996). Designing, calculation, testing and reliability of machines: influence of anisotropic fluids on the operation of frictional components. *Russian Engineering Research*, 16 (9), 1–7.
27. Javadian, S., Sadrpoor, S. M. (2020). Demulsification of water in oil emulsion by surface modified SiO<sub>2</sub> nanoparticle. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 184, 106547. doi: <http://doi.org/10.1016/j.petrol.2019.106547>
28. Zhao, Y., Li, M., Xu, G., Chen, Q., Wang, Z. (2016). Effect of EGR exhaust gas component on oxidation activity of particle from diesel engine. *Nongye Congcheng Xuebao*, 32 (23), 58–63.
29. Lopatin, O. P. (2020). Study of the influence of the degree of exhaust gas recirculation on the working process of a diesel. *Journal of Physics: Conference Series*, 1515 (4), 042021. doi: <http://doi.org/10.1088/1742-6596/1515/4/042021>
30. Husnain, N., Wang, E., Li, K., Anwar, M. T., Mehmood, A., Gul, M. et. al. (2019). Iron oxide based catalysts for low temperature selective catalytic reduction NO<sub>x</sub> with NH<sub>3</sub>. *Reviews in chemical engineering*, 35 (2), 239–264. doi: <http://doi.org/10.1515/revce-2017-0064>
31. Chen, C., Yao, A., Yao, C., Wang, H., Liu, M., Li, Z. (2020). Selective catalytic reduction of nitrogen oxides with methanol over the (cobalt-molybdenum)/alumina dual catalysts under the diesel methanol dual fuel exhaust conditions. *Chemical Engineering Science*, 211, 115320. doi: <http://doi.org/10.1016/j.ces.2019.115320>
32. Cherniak, L., Varshavets, P., Dorogan, N. (2017). Development of a mineral binding material with elevated content of red mud. *Technology Audit and Production Reserves*, 3 (3 (35)), 22–28. doi: <http://doi.org/10.15587/2312-8372.2017.105609>
33. Madey, V. V. (2021). Usage of biodiesel in marine diesel engines. *The Austrian Journal of Technical and Natural Sciences*, 7-8, 18–21. doi: <http://doi.org/10.29013/ajt-21-7.8-18-21>
34. Sagin, S. V., Stoliaryk, T. O. (2021). Comparative assessment of marine diesel engine oils. *The Austrian Journal of Technical and Natural Sciences*, 7-8, 29–35. doi: <http://doi.org/10.29013/ajt-21-7.8-29-35>
35. Sagin, S. V., Solodovnikov, V. G. (2017). Estimation of Operational Properties of Lubricant Coolant Liquids by Optical Methods. *International Journal of Applied Engineering Research*, 12 (19), 8380–8391.
36. Sagin, S. V., Kuropyatnyk, O. A., Zablotskiy, Y. V., Gaichenia, O. V. (2022). Supplying of Marine Diesel Engine Ecological Parameters. *Naše More*, 69 (1), 53–61. doi: <http://doi.org/10.17818/nm/2022/1.7>

DOI: 10.15587/2706-5448.2022.256473

## REDUCED ENERGY LOSSES DURING TRANSPORTATION OF DRILLING FLUID BY PLATFORM SUPPLY VESSELS

pages 42–50

*Denys Maryanov*, Postgraduate Student, Department of Ship Power Plants, National University «Odessa Maritime Academy», Odessa, Ukraine, e-mail: [denismaryanov@gmail.com](mailto:denismaryanov@gmail.com), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1355-5844>

The object of research is the process of drilling fluid transportation by Platform Supply Vessels. The subject of research is the energy losses when pumping drilling fluid from a platform supply vessel to an oil platform. The research was carried out on a vessel with deadweight of 3840 tons. It has been experimentally established that for a drilling fluid with an initial density of 1272 kg/m<sup>3</sup> for transportation within 6–48 hours, the following changes in rheological characteristics occur:

- a layer with a density of 1235–962 kg/m<sup>3</sup> is formed on the surface of the cargo tank;
- a layer with a density of 1283–1422 kg/m<sup>3</sup> is formed in the bottom part of the tank;
- sedimentation resistance decreases by 3.89–47.82 %.

A variant of modernization of the drilling fluid transportation system by installing additional circulation pumps providing forced circulation of the drilling fluid between cargo tanks is proposed. Additional circulation of the drilling fluid with an initial density of 1272 kg/m<sup>3</sup> for transportation within 6–48 hours ensures that the rheological characteristics are maintained in the following range:

- density on the surface of the cargo tank 1270–1232 kg/m<sup>3</sup>;
- density in the bottom of the tank 1288–1338 kg/m<sup>3</sup>;
- decrease in sedimentation resistance 1.42–7.92 %.

Similar results were established for drilling fluid with an initial density of 1323 kg/m<sup>3</sup> and 1188 kg/m<sup>3</sup>.

To reduce energy losses, the process of unloading the fluid onto the oil platform is proposed to be performed at the completion of the technological process of unloading the vessel. At the same time, due to a decrease in draft and an increase in the height of the freeboard of the vessel, the static component of the pressure and hydraulic losses of the cargo pump decrease.

A set of studies for drilling fluids with different initial density (1272 kg/m<sup>3</sup>, 1188 kg/m<sup>3</sup>, 1323 kg/m<sup>3</sup>) confirmed that when using additional X-shaped drilling fluid circulation:

- relative performance of cargo pumps increases from 37–57 % to 88–96 %;
- the time of pumping the drilling fluid from the vessel to the oil platform is reduced from 7.1–8.5 to 3.3–3.8 hours.

The presented results confirm the expediency of using additional X-shaped circulation of the drilling fluid to reduce energy losses during transportation by Platform Supply Vessels.

**Keywords:** Platform Supply Vessel, transportation system, drilling fluid density, sedimentation stability, energy losses.

### References

1. Aditya, N. D., Sandhya, K. G., Harikumar, R., Balakrishnan Nair, T. M. (2020). Development of small vessel advisory and forecast services system for safe navigation and operations at sea.

- Journal of Operational Oceanography*, 15 (1), 52–67. doi: <http://doi.org/10.1080/1755876x.2020.1846267>
2. Von Schuckmann, K., Le Traon, P.-Y., Smith, N., Pascual, A., Djavidnia, S., Gattuso, J.-P. et al. (2021). Copernicus Marine Service Ocean State Report, Issue 5. *Journal of Operational Oceanography*, 14 (sup1), 1–185. doi: <http://doi.org/10.1080/1755876x.2021.1946240>
  3. Fagerholt, K. (2000). Optimal policies for maintaining a supply service in the Norwegian Sea. *Omega*, 28 (3), 269–275. doi: [http://doi.org/10.1016/s0305-0483\(99\)00054-7](http://doi.org/10.1016/s0305-0483(99)00054-7)
  4. Barretto, M. R. P., Cruz, R. E., Mendes, A. B., Seixas, M. P., Brinati, M. A. (2013). *A Decision Support System for Allocating General Cargo in Platform Supply Vessels*. OTC Brasil. Rio de Janeiro: Offshore Technology Conference, 24433. doi: <http://doi.org/10.4043/24433-ms>
  5. Dvoynikov, M. V. (2017). Research on technical and technological parameters of inclined drilling. *Journal of Mining Institute*, 223, 86–92. doi: <http://doi.org/10.18454/PMI.2017.1.86>
  6. Karianskiy, S. A., Maryanov, D. M. (2020). Features of transportation of high-density technical liquids by marine specialized vessels. *Scientific research of the SCO countries: synergy and integration*. Beijing, 2, 150–153. doi: <http://doi.org/10.34660/INF.2020.24.53688>
  7. Maryanov, D. (2021). Development of a method for maintaining the performance of drilling fluids during transportation by Platform Supply Vessel. *Technology Audit and Production Reserves*, 5 (2 (61)), 15–20. doi: <http://doi.org/10.15587/2706-5448.2021.239437>
  8. Maryanov, D. M. (2021). Maintaining the efficiency of drilling fluids when they are transported by platform supply vessel class offshore vessels. *The Austrian Journal of Technical and Natural Sciences*, 7-8, 22–28. doi: <http://doi.org/10.29013/ajt-21-7.8-22-28>
  9. Sagin, S., Madey, V., Stoliaryk, T. (2021). Analysis of mechanical energy losses in marine diesels. *Technology Audit and Production Reserves*, 5 (2 (61)), 26–32. doi: <http://doi.org/10.15587/2706-5448.2021.239698>
  10. Popovskii, Yu. M., Sagin, S. V., Khanmamedov, S. A., Grebennyuk, M. N., Teregerya, V. V. (1996). Designing, calculation, testing and reliability of machines: influence of anisotropic fluids on the operation of frictional components. *Russian Engineering Research*, 16 (9), 1–7.
  11. Cherniak, L., Varshavets, P., Dorogan, N. (2017). Development of a mineral binding material with elevated content of red mud. *Technology Audit and Production Reserves*, 3 (3 (35)), 22–28. doi: <http://doi.org/10.15587/2312-8372.2017.105609>
  12. Sagin, S. V. (2018). Improving the performance parameters of systems fluids. *Austrian Journal of Technical and Natural Sciences*, 7-8, 55–59.
  13. Javadian, S., Sadrpoor, S. M. (2020). Demulsification of water in oil emulsion by surface modified SiO<sub>2</sub> nanoparticle. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 184, 106547. doi: <http://doi.org/10.1016/j.petrol.2019.106547>
  14. Liu, L., Zhang, Y., Lv, F., Yang, B., Meng, X. (2015). Effects of red mud on rheological, crystalline, and mechanical properties of red mud/PBAT composites. *Polymer Composites*, 37 (7), 2001–2007. doi: <http://doi.org/10.1002/pc.23378>
  15. Lipin, A. A., Kharlamov, Y. P., Timonin, V. V. (2013). Circulation system of a pneumatic drill with central drilling mud removal. *Journal of Mining Science*, 49 (2), 248–253. doi: <http://doi.org/10.1134/s1062739149020068>
  16. Li, X., Zhang, J., Tang, X., Mao, G., Wang, P. (2020). Study on wellbore temperature of riserless mud recovery system by CFD approach and numerical calculation. *Petroleum*, 6 (2), 163–169. doi: <http://doi.org/10.1016/j.petlm.2019.06.006>
  17. Sagin, S. V., Solodovnikov, V. G. (2017). Estimation of Operational Properties of Lubricant Coolant Liquids by Optical Methods. *International Journal of Applied Engineering Research*, 12 (19), 8380–8391.
  18. Baba Hamed, S., Belhadri, M. (2009). Rheological properties of biopolymers drilling fluids. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 67 (3-4), 84–90. doi: <http://doi.org/10.1016/j.petrol.2009.04.001>
  19. Madey, V. V. (2021). Usage of biodiesel in marine diesel engines. *Austrian Journal of Technical and Natural Sciences*, 7-8, 18–21. doi: <http://doi.org/10.29013/ajt-21-7.8-18-21>
  20. Sagin, S. V., Solodovnikov, V. G. (2015). Cavitation Treatment of High-Viscosity Marine Fuels for Medium-Speed Diesel Engines. *Modern Applied Science*, 9 (5), 269–278. doi: <http://doi.org/10.5539/mas.v9n5p269>
  21. Sagin, S. V., Semenov, O. V. (2016). Motor Oil Viscosity Stratification in Friction Units of Marine Diesel Motors. *American Journal of Applied Sciences*, 13 (2), 200–208. doi: <http://doi.org/10.3844/ajassp.2016.200.208>
  22. Zablotsky, Yu. V., Sagin, S. V. (2016). Maintaining Boundary and Hydrodynamic Lubrication Modes in Operating High-pressure Fuel Injection Pumps of Marine Diesel Engines. *Indian Journal of Science and Technology*, 9 (20), 208–216. doi: <http://doi.org/10.17485/ijst/2016/v9i20/94490>
  23. Sagin, S. V. (2020). Determination of the optimal recovery time of the rheological characteristics of marine diesel engine lubricating oils. *Process Management and Scientific Developments*. Birmingham, 4, 195–202. doi: <http://doi.org/10.34660/INF.2020.4.52991>
  24. Wanderley Neto, A. O., da Silva, V. L., Rodrigues, D. V., Ribeiro, L. S., Nunes da Silva, D. N., de Oliveira Freitas, J. C. (2020). A novel oil-in-water microemulsion as a cementation flushing fluid for removing non-aqueous filter cake. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 184, 106536. doi: <http://doi.org/10.1016/j.petrol.2019.106536>
  25. Sagin, S. V., Stoliaryk, T. O. (2021). Comparative assessment of marine diesel engine oils. *The Austrian Journal of Technical and Natural Sciences*, 7-8, 29–35. doi: <http://doi.org/10.29013/ajt-21-7.8-29-35>
  26. Zablotsky, Yu. V., Sagin, S. V. (2016). Enhancing Fuel Efficiency and Environmental Specifications of a Marine Diesel When using Fuel Additives. *Indian Journal of Science and Technology*, 9 (46), 353–362. doi: <http://doi.org/10.17485/ijst/2016/v9i46/107516>
  27. Zablotsky, Y. V. (2019). The use of chemical fuel processing to improve the economic and environmental performance of marine internal combustion engines. *Scientific research of the SCO countries: synergy and integration*. Beijing: PRC, 1, 131–138. doi: <http://doi.org/10.34660/INF.2019.15.36257>
  28. Akimova, O., Kravchenko, A. (2018). Development of the methodology of the choice of the route of work of platform supply vessels in the shelf of the seas. *Technology Audit and Production Reserves*, 5 (2 (43)), 30–35. doi: <http://doi.org/10.15587/2312-8372.2018.146322>
  29. Sagin, A. S., Zablotskiy, Y. V. (2021). Reliability maintenance of fuel equipment on marine and inland navigation vessels. *The Austrian Journal of Technical and Natural Sciences*, 7-8, 14–17. doi: <http://doi.org/10.29013/ajt-21-7.8-14-17>
  30. Maryanov, D. (2022). Control and regulation of the density of technical fluids during their transportation by sea specialized vessels. *Technology Audit and Production Reserves*, 1 (2 (63)), 19–25. doi: <http://doi.org/10.15587/2706-5448.2022.252336>



31. Sagin, S. V. (2019). Decrease in mechanical losses in high-pressure fuel equipment of marine diesel engines. *Scientific research of the SCO countries: synergy and integration*. Beijing: PRC, 139–145. Doi: <http://doi.org/10.34660/INF.2019.15.36258>
32. Kuropyatnyk, O. A., Sagin, S. V. (2019). Exhaust Gas Recirculation as a Major Technique Designed to Reduce NO<sub>x</sub> Emissions from Marine Diesel Engines. *Naše more*, 66 (1), 1–9.
33. Sagin, S. V., Kuropyatnyk, O. A., Zablotskyi, Yu. V., Gaichenia, O. V. (2022). Supplying of Marine Diesel Engine Ecological Parameters. *Naše more*, 69 (1), 53–61. doi: <http://doi.org/10.17818/nm/2022/1.7>
34. Sagin, S. V., Kuropyatnyk, O. A. (2021). Using exhaust gas bypass for achieving the environmental performance of marine diesel engines. *Austrian Journal of Technical and Natural Sciences*, 7-8, 36-43. doi: <http://doi.org/10.29013/ajt-21-7.8-36-43>
35. Sagin, S. V., Kuropyatnyk, O. A. (2018). The Use of Exhaust Gas Recirculation for Ensuring the Environmental Performance of Marine Diesel Engines. *Naše more*, 65 (2), 78–86. doi: <http://doi.org/10.17818/nm/2018/2.3>
36. Sagin, S. V., Semenov, O. V. (2016). Marine Slow-Speed Diesel Engine Diagnosis with View to Cylinder Oil Specification. *American Journal of Applied Sciences*, 13 (5), 618–627. doi: <http://doi.org/10.3844/ajassp.2016.618.627>

**MECHANICAL ENGINEERING TECHNOLOGY**

DOI: 10.15587/2706-5448.2022.257050

**РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ НАНЕСЕННЯ СУМІШІ НА ВЕРТИКАЛЬНУ ПОВЕРХНЮ** сторінки 6–10

Галушко В. О., Мехейлюк О. І., Петровский А. Ф., Уваров Д. Ю., Уварова А. С.

Об'єктом дослідження є технологія нанесення на вертикальну поверхню суміші за допомогою автоматизованого пристрою. Одним з найбільш проблемних місць є неякісне виконання робіт на висоті, та безпека, яка пов'язана з життєдіяльністю робітників. На даний час існує лише ручний та напівмеханізований спосіб нанесення суміші на вертикальну поверхню. При нанесенні штукатурки на вертикальну поверхню всередині будівлі деякі країни використовують робота-штукатур. У цьому випадку робота виконується якісно та обслуговуються двома робітниками. Тому при вивченні даного питання авторами було прийнято рішення розробити пристрій, за допомогою якого можливо виконувати роботи з нанесення на вертикальну поверхню із зовнішньої сторони будівлі якісно.

В ході дослідження використовувалися технологічні карти, на основі яких були розроблені кошториси, які показали, що впровадження нових технологій дозволяє отримати до 20 % економії витрат на роботи, обладнання та механізми. Отримано економічний ефект від розробленої технології. Це пов'язано з тим, що запропонована технологія дозволяє знизити вартість робіт за допомогою розробленого обладнання, так як обладнання обслуговує 3 робітника, а саме 1 оператор та 2 робітника, які обслуговують це обладнання. Запропоноване обладнання має ряд особливостей, що дозволяє додатково перемішувати суміш на виході, редагувати подачу суміші, наносити рівномірно необхідну товщину, зокрема, контролювати якість роботи. Завдяки цьому забезпечується можливість підібрати кут нахилу, товщину суміші, та отримати показники міцності суміші та кількості втрат. У порівнянні з аналогічними відомими способами суміш подається автоматизовано, це забезпечує такі переваги, як контроль якості, техніку безпеки та знижує ризик людських жертв.

**Ключові слова:** обладнання для нанесення суміші, вертикальна поверхня, кут нахилу сопла, товщина шару, техніка безпеки.

DOI: 10.15587/2706-5448.2022.257305

**АНАЛІТИЧНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ЕНЕРГОЕМНОСТІ КРИТИЧНОГЛИБИННОГО РІЗАННЯ ҐРУНТІВ БАГАТОСКРЕБКОВИМИ ТРАНШЕЙНИМИ ЕКСКАВАТОРАМИ** сторінки 11–16

Кравець С. В., Форсюк С. Л.

Об'єктом дослідження є процеси взаємодії різців робочого органу ланцюгового траншейного екскаватора на основі напівблокованого критичноглибинного режиму різання ґрунтів. Одним з найбільш проблемних місць є те, що відомі аналітично-експериментальні моделі взаємодії багатоскребкових ланцюгових траншейних екскаваторів з ґрунтом не визначають параметри та режими їх роботи на основі критичноглибинного різання ґрунтів. Тому проектування робочого обладнання для заданих умов на основі таких залежностей не забезпечує мінімальну енергоємність і максимальну продуктивність робочого процесу.

В ході дослідження використовувалися метод аналітичного розрахунку параметрів встановлення ґрунторозробних елементів та визначення енергетичних показників роботи багатоскребкового ланцюгового робочого органу траншейного екскаватора на основі блокованого та напівблокованого критичноглибинного режиму різання ґрунтів.

Запропонована методика розрахунку дозволяє визначити параметри встановлення робочого органу та розміщення ґрунторозробних елементів та кількісно оцінити енергетичні показники роботи багатоскребкового ланцюгового робочого органу траншейного екскаватора на основі блокованого та напівблокованого критичноглибинного режиму різання ґрунтів.

Отримана методика розрахунку, на відміну від існуючих емпіричних оцінок, дозволяє розробляти варіанти удосконалення параметрів багатоскребкового ланцюгового робочого органу. Як обґрунтування цього висновку, запропоновано концептуальний варіант технічної реалізації робочого обладнання, а саме, дозволяє довести доцільність вибору напівблокованої схеми розстановки різців критичноглибинного різання ґрунту робочого органу траншейного багатоскребкового екскаватора.

Проведений енергетичний аналіз показав, що більш доцільно використовувати багатоскребковий ланцюговий робочий орган траншейного екскаватора на основі напівблокованого критичноглибинного режиму різання ґрунтів. Так, наприклад, для ґрунту напівтверда глина при блокованому різанні, куті різання  $\alpha_p = 20-30^\circ$ , ширині різця  $b = 0,02$  м енергоємність робочого процесу змінюється в межах  $E = 191-233$  кДж/м<sup>3</sup>; для напівблокованого різання за тих же умов –  $E = 187-191$  кДж/м<sup>3</sup>, що на 2–18 % менше.

**Ключові слова:** екскаватор, ланцюгово-скребковий робочий орган, критичноглибинне різання ґрунтів, сила різання, енергоємність.

**MECHANICS**

DOI: 10.15587/2706-5448.2022.256569

**РОЗРОБКА СТАТИСТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК МІЦНОСТІ МАТЕРІАЛІВ, ЯКА ВРАХОВУЄ ОСОБЛИВОСТІ ЇХ КРИХКОГО РУЙНУВАННЯ** сторінки 17–23

Квіт Р. І.

Об'єктом дослідження є алгоритм визначення знаходження найімовірнішого, середнього значення дисперсії та коефіцієнта варіації руйнівного навантаження стохастично дефектної пластини за умов усебічного розтягу-стиску. Матеріал пластини розглядаємо як суцільне середовище, в якому рівномірно розподілені дефекти типу прямолінійних тріщин, які не взаємодіють між собою. Він є ізотропним і має однакову тріщиностійкість. Вважаємо, що пластинка складається з первинних елементів, кожен з яких може бути ослаблений одним дефектом.

Для прогнозування міцності та умов руйнування пластин з такого матеріалу природньо використовувати, з одної сторони, результати теорії про граничну рівновагу окремих детермінованих дефектів і їх розвиток, а з іншої сторони – ймовірно-статис-

тичні методи, які дозволяють врахувати властивість випадковості дефектів. Такий комплексний підхід дає можливість розрахунку статистичних характеристик міцності та руйнування, виходячи з даних про структуру дефектності матеріалу та його опору зародження та розвитку тріщин.

Основним змістом даної роботи є алгоритм розрахунку та дослідження статистичних характеристик міцності стохастично дефектних пластинчатих елементів конструкцій з врахуванням деяких детерміністичних особливостей їх крихкого руйнування. На основі детерміністичного критерію руйнування, який враховує початковий напрямок поширення тріщини, отримано співвідношення для знаходження найімовірнішого, середнього значення дисперсії та коефіцієнта варіації руйнівного навантаження. Досліджено залежності вказаних статистичних характеристик міцності від виду прикладеного навантаження, кількості дефектів (розмірів тіла) та структурної неоднорідності матеріалу, а також вплив врахування початкового напрямку поширення тріщин.

Отримані результати дозволяють адекватніше провести оцінку надійності конструкційних матеріалів за умов складного напруженого стану з врахуванням стохастичності їх структури. Це пов'язано з тим, що використання підходу для визначення граничних прикладених напружень, який враховує початковий напрямок поширення тріщини, покращує алгоритм знаходження статистичних характеристик міцності.

**Ключові слова:** пластина, ізотропний матеріал, прямолінійна тріщина, щільність розподілу, руйнівне навантаження, статистичні характеристики міцності.

## METALLURGICAL TECHNOLOGY

DOI: 10.15587/2706-5448.2022.256751

**РОЗКИСЛЕННЯ ТА МОДИФІКУВАННЯ СТАЛЕЙ ЗІ ЗНИЖЕНИМ ВМІСТОМ КРЕМНІЮ** сторінки 24–27

Полішко С. О.

Об'єктом дослідження є процеси, що впливають на механічні характеристики сталей після обробки розплавів безкремнієвими комплексними лігатурами за існуючими технологіями. Одним з найбільш проблемних місць є негативний вплив кремнію на зварюваність низьколегованої сталі, що різко збільшує неоднорідність зварних швів по сірці та фосфору, та підвищує їх схильність до гарячих тріщин. Циклічна міцність зварних сполук при збільшенні концентрації кремнію сталі помітно знижується. Також в даному випадку впливає загроза утворення монооксиду кремнію, що значно підвищує крихкість готової сталевих продукції. Також сталі, що обробляються лігатурами, які містять кремній, схильні до обезуглерожування, утворення поверхневих дефектів при гарячій обробці та графітуотворення, що знижує їх граничну витривалість.

В ході дослідження доведено, що використання при виплавці безкремнієвих комплексних лігатур (БКЛ) дозволило отримати підвищення (в 2–3 рази) всього комплексу механічних та експлуатаційних властивостей, особливо пластичності, ударної в'язкості при звичайній та негативній температурах випробувань (холодостійкості), втомної міцності. У ряді випадків рівень властивостей литого металу досягає деформованого варіанту його виготовлення, наприклад, прокату та навіть металу, отриманого електрошлаковим переплавом. Обробка розплаву різних сталей БКЛ при випуску з печі в розливний ківш замість алюмінієвих лігатур, силікокальцію та фероцерію (за чинною технологією) забезпечила необхідний рівень та високу стабільність механічних властивостей сталі 20ГМЛ. Також завдяки використанню БКЛ вдалося знизити витрати лігатур та розкислювачів на 4,2 кг на тону рідкого металу, збільшити вихід, знизити брак за ливарними дефектами на 6–10 %. В роботі встановлено, що обробка БКЛ призводить до стабілізації хімічного складу, подрібнення зернової структури сталей, а також до підвищення її дисперсності та рівня механічних характеристик.

**Ключові слова:** безкремнієві комплексні лігатури, хімічний склад, механічні характеристики, леговані сталі.

## ELECTRICAL ENGINEERING AND INDUSTRIAL ELECTRONICS

DOI: 10.15587/2706-5448.2022.256564

**ВПЛИВ ВАКУУМНОГО СУШІННЯ ІЗОЛЯЦІЙНОГО КАРТОНУ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ЧАСТКОВИХ РОЗЯРДІВ В УМОВАХ ПУЛЬСАЦІЇ НАПРУГИ** сторінки 28–33

Троценко Є. О., Перетятко Ю. В., Проценко О. Р., Mandar Madhukar Dixit

Об'єктом дослідження є часткові розряди, що виникають у зразку ізоляційного картону. У більшості сучасних схем високовольтних передач постійного струму на основі перетворювачів напруги використовуються шестімпульсні або дванадцятімпульсні перетворювачі. Форма сигналу на стороні постійного струму у високовольтній передачі постійного струму не представляє собою чисту постійну напругу, а має змінну компоненту. Оскільки активність часткових розрядів при спотвореній напрузі сильно відрізняється від такої при постійній напрузі, пульсації напруги та гармоніки напруги є предметом різноманітних досліджень.

У цій роботі досліджується вплив вакуумного сушіння ізоляційного картону на характеристики часткових розрядів при пульсації постійної напруги. Ізоляційний картон пройшов сушіння у вакуумній камері при залишковому тиску 1 мм рт. ст.

Серед усіх характеристик часткового розряду основну увагу було приділено уявному заряду часткового розряду. Чим більше величина уявного заряду, тим сильніший руйнівний вплив на високовольтну ізоляцію. Показано, що сушіння ізоляції у вакуумній камері має найбільший вплив на зниження уявного заряду часткового розряду при напрузі постійного струму, ніж при напрузі змінного струму. Після сушіння ізоляції у вакуумній камері амплітуда імпульсів часткового розряду зменшилась на 99,3 % при напрузі постійного струму порівняно із зволженим зразком. Після вакуумного сушіння, при напрузі постійного струму, були зафіксовані лише рідкісні часткові розряди дуже малої величини.

Проведені дослідження сприяють розробці методів виявлення часткових розрядів в умовах нестандартної напруги.

**Ключові слова:** частковий розряд, пульсація напруги, ізоляційний картон, вакуумне сушіння.

**TECHNOLOGY AND SYSTEM OF POWER SUPPLY**

DOI: 10.15587/2706-5448.2022.255959

**ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ БІОПАЛИВА ПІД ЧАС ЕКСПЛУАТАЦІЇ СУДНОВИХ ДИЗЕЛІВ** сторінки 34–41

Мадей В. В.

Об'єктом дослідження є процес експлуатації суднових дизелів під час використання біодизельного палива. Предметом дослідження є процес експериментального визначення оптимальної концентрації біодизельного палива у суміші з паливом нафтового походження. При цьому має бути забезпечене одночасне максимальне збільшення екологічних та мінімальне зниження економічних параметрів роботи суднового дизеля.

Дослідження виконувалися на суднових дизелях 5Н17/28 Hyundai Heavy Industries. Три подібні дизелі входили до складу енергетичної установки спеціалізованого морського судна дедвейтом 9600 тонн. Дослідження було направлено на визначення концентрації біопалива в його суміші з дизельним паливом, за якої забезпечуються найкращі екологічні показники роботи дизеля. Контур подачі палива до першого дизеля не змінювався та дизель експлуатувався на паливі RMB30. Два інших дизеля експлуатувалися на паливній суміші – палива RMB30 та біопалива B99.9 FAME. Вміст біопалива в суміші змінювався в інтервалі 5–20 %. Основними величинами, які вимірювалися під час проведення експерименту, були концентрація оксидів азоту та об'ємний вміст оксиду вуглецю в випускних газах, а також питома ефективна витрата палива. Шляхом перемикання груп споживачів експлуатація дизелів виконувалася на однаковому навантаженні, підтримка якого вимагалась під час проведення експерименту. Навантаження на дизелі під час проведення експериментів змінювалося в інтервалі 55–85 % від номінального значення. Робота дизелів на кожному з досліджуваних режимів проходила не менше 1,5–2 годин, протягом яких виконувалось вимірювання основних параметрів та усереднення отриманих значень.

Встановлено, що використання біопалива підвищує екологічність роботи суднового дизеля:

- на 7,6–26,61 % (залежно від навантаження дизеля та вмісту біопалива у паливній суміші) знижується емісія оксидів азоту з випускними газами;
- на 3,8–23,6 % (залежно від навантаження дизеля та вмісту біопалива у паливній суміші) знижується емісія оксидів вуглецю з випускними газами.

Також визначено, що під час використання біопалива відбувається збільшення питомої ефективної витрати палива на 0,5–8,65 %, що знижує економічність роботи дизеля.

Запропоновано оптимальний склад паливної суміші, що містить біопаливо, визначати експериментально для кожного навантаження дизеля з урахуванням його екологічних та економічних показників.

**Ключові слова:** судновий дизель, паливо біологічного походження, паливна суміш, емісія оксидів азоту, емісія оксидів вуглецю.

DOI: 10.15587/2706-5448.2022.256473

**ЗНИЖЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ВТРАТ ПІД ЧАС ТРАНСПОРТУВАННЯ БУРИЛЬНИХ СУСПЕНЗІЙ СУДНАМИ КЛАСУ PLATFORM SUPPLY VESSEL** сторінки 42–50

Мар'янов Д. М.

Об'єктом дослідження є процес транспортування бурильної суспензії суднами класу Platform Supply Vessels. Предметом дослідження є енергетичні втрати під час перекачування бурильної суспензії з борту судна класу Platform Supply Vessels на нафтовидобувну платформу. Дослідження виконувалися на судні дедвейтом 3840 тонн. Експериментально встановлено, що для бурильної суспензії з початковою густиною 1272 кг/м<sup>3</sup> для транспортування протягом 6–48 год відбуваються наступні зміни реологічних характеристик:

- на поверхні вантажного танка утворюється шар із густиною 1235–962 кг/м<sup>3</sup>;
- у донній частині танка утворюється шар із густиною 1283–1422 кг/м<sup>3</sup>;
- седиментаційна стійкість знижується на 3,89–47,82 %.

Запропоновано варіант модернізації системи транспортування бурильної суспензії шляхом встановлення додаткових циркуляційних насосів, що забезпечують примусову циркуляцію бурильної суспензії між вантажними танками. Додаткова циркуляція бурильної суспензії з початковою густиною 1272 кг/м<sup>3</sup> для транспортування протягом 6–48 год. забезпечує підтримання реологічних характеристик в наступному діапазоні:

- густина на поверхні вантажного танка 1270–1232 кг/м<sup>3</sup>;
- густина у донній частині танка 1288–1338 кг/м<sup>3</sup>;
- зниження седиментаційної стійкості 1,42–7,92 %.

Аналогічні результати встановлені для бурильної суспензії з початковою густиною 1323 кг/м<sup>3</sup> та 1188 кг/м<sup>3</sup>.

Для зниження енергетичних втрат запропоновано процес вивантаження бурильної суспензії на нафтовидобувну платформу виконувати під час завершення технологічного процесу розвантаження судна. При цьому за рахунок зменшення осадки та збільшення висоти надводного борту судна зменшуються статична складова напору та гідравлічні втрати вантажного насоса.

Комплекс проведених досліджень для бурильних суспензій з різною початковою густиною (1272 кг/м<sup>3</sup>, 1188 кг/м<sup>3</sup>, 1323 кг/м<sup>3</sup>) підтвердив, що під час використання додаткової Х-подібної циркуляції бурильної суспензії:

- відносна продуктивність вантажних насосів збільшується від 37–57 % до 88–96 %;
- час викачування бурильної суспензії з борту судна на нафтовидобувну платформу знижується з 7,1–8,5 до 3,3–3,8 годин.

Наведені результати підтверджують доцільність використання додаткової Х-подібної циркуляції бурильної суспензії для зниження енергетичних втрат під час її транспортування суднами класу Platform Supply Vessel.

**Ключові слова:** судно класу Platform Supply Vessel, система транспортування, густина суспензії бурильної, седиментаційна стійкість, енергетичні втрати.