



## MECHANICAL ENGINEERING TECHNOLOGY

DOI: 10.15587/2706-5448.2023.286262

## DEVELOPMENT OF A SCHEME FOR THE DISTRIBUTION OF CONTACT AREAS BETWEEN THE PLATE AND OFFSET CYLINDERS

pages 6–8

*Eldar Aliyev*, PhD, Associate Professor, Department of Mechatronics and Machine Design, Azerbaijan Technical University, Baku, Azerbaijan, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6409-1293>

*Shebnem Ismailova*, Postgraduate Student, Assistant, Department of Mechatronics and Machine Design, Azerbaijan Technical University, Baku, Azerbaijan, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6063-0096>, e-mail: [shebinem.ismayilova@aztu.edu.az](mailto:shebinem.ismayilova@aztu.edu.az)

The object of the research is the distribution of contact areas between the plate and offset cylinders. For printing impression in the offset printing process, it is necessary to ensure the transfer of printing ink from the ink unit to the printing plate, from the mold to the rubber-fabric material (deckel) of the offset cylinder and from the deckel to the printed material. At the same time, the quality of the prints is ensured by creating the necessary technological pressure between the plate, offset and printing cylinders, which also contributes to the deformation of the elastic deckel and the transfer of the ink layer in the contact zone. The transfer of illustrative and textual information from the form to the deckel of the offset cylinder occurs due to the actual touch area. Therefore, the study and calculation of the actual contact area is necessary to study the transfer of the paint layer in the contact zones. For this purpose, a review of some studies on contact problems was carried out, their advantages and disadvantages were discussed. Theoretical and experimental relations are given. It has been established that micro protrusions of the surface roughness of the printing plate significantly affect the deformation of the deckel. To study the influence of the surface roughness distribution of the printing plate on the actual deckel contact area in the contact zone, the interaction of micro protrusions of the surface roughness of the printing plate with the deckel surface, leading to additional displacements, was taken into account.

A method for calculating the number of roughness protrusions is proposed to further determine the actual deckel contact area and the actual pressure in the contact zone, taking into account the surface roughness of the printing plate. Based on the parameters calculated by the proposed method with known values of the surface roughness of the printing plate in the future it is possible to determine the actual deckel contact area and the actual contact pressure the optimal values of which are necessary to ensure the required ink transfer and print quality during printing. The data obtained also contribute to the determination of the modes of the printing process when printing the entire circulation, which leads to an increase in the circulation stability of printing forms. Increasing the circulation stability of printing plates allows to save the number of consumed printing plates. In the future, according to the results obtained, it is recommended to compile reference data, which are necessary when setting up and operating the printing machine.

**Keywords:** actual contact area, roughness, deckel, printing plate, contact zone, micro-protrusions surface roughness.

## References

1. Tiurin, A. A. (1980). *Pechatnye mashiny, avtomaty*. Moscow: Kniga, 416.
2. Wang, J. C., Xing, B. Q., Zhao, T. (2013). Finite Element Analysis on Real Contact Area Based on Fractal Characterization. *Key Engineering Materials*, 579-580, 517–522. doi: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/kem.579-580.517>
3. Suslov, M. V. (2010). Diapazon dopustimykh deformatcii teildirov pechatnogo apparata. *Izvestia vysshikh uchebnykh zavedenii. Problemy poligrafii i izdatelskogo dela*, 4, 41–47.
4. Kusaka, Y., Mizukami, M., Yamaguchi, T., Fukuda, N., Ushijima, H. (2019). Patterning defects in high-speed reverse offset printing: lessons from contact dynamics. *Journal of Micromechanics and Microengineering*, 29 (4). doi: <https://doi.org/10.1088/1361-6439/ab024b>
5. Kim, K., Kim, C. H., Kim, H.-Y., Kim, D.-S. (2010). Effects of Blanket Roller Deformation on Printing Qualities in Gravure-Offset Printing Method. *Japanese Journal of Applied Physics*, 49 (5S1). doi: <https://doi.org/10.1143/jjap.49.05ec04>
6. Buchner, B., Buchner, M., Buchmayr, B. (2009). Determination of the real contact area for numerical simulation. *Tribology International*, 42 (6), 897–901. doi: <https://doi.org/10.1016/j.triboint.2008.12.009>
7. Song, B., Yan, S. (2017). Relationship between the real contact area and contact force in pre-sliding regime. *Chinese Physics B*, 26 (7), 074601. doi: <https://doi.org/10.1088/1674-1056/26/7/074601>
8. Ao, L., Yongming, B., Qifan, C., Guangjun, L. (2019). Fractal Prediction Model for the Contact of Friction Surface and Simulation Analysis. *2019 8th International Conference on Industrial Technology and Management (ICITM)*, 189–195. doi: <https://doi.org/10.1109/icitm.2019.8710745>
9. Matlin, M. M., Mozgunova, A. I., Kazankina, E. N., Kazankin, V. A. (2014). Calculation of actual area in the contact of a single microasperity modeled by a cone with a smooth surface of the part. *Journal of Friction and Wear*, 35 (5), 443–447. doi: <https://doi.org/10.3103/s1068366614050110>
10. Matlin, M. M., Mozgunova, A. I., Kazankina, E. N., Kazankin, V. A. (2013). Calculating real area of contact of single microasperity modeled by a cylinder with smooth surface. *Journal of Friction and Wear*, 34 (5), 391–397. doi: <https://doi.org/10.3103/s1068366613050085>
11. Aliyev, E. A., Khalilov, I. A., Ismailova, Sh. V. (2023). Determination of the actual deckel contact area and the actual pressure in the printed area. *Bulletin of the South Ural State University Series «Mechanical Engineering Industry»*, 23 (1), 40–49. doi: <https://doi.org/10.14529/engin230104>
12. Torskaia, E. V. (2012). Numerical simulation of frictional interaction of a rough indenter and a two-layer elastic half-space. *Fizicheskaya mezomekhanika*, 15 (2), 31–36.
13. Demkin, N. B., Izmailov, V. V. (2010). Zavisimost ekspluatatsionnykh svoystv friktsionnogo kontakta ot mikrogeometrii kontaktiruiushchikh poverkhnostei. *Trenie i iznos*, 31 (1), 68–77.
14. Aliyev, E. A., Khalilov, I. A., Ismailova, Sh. V. (2022). Indirect ink transfer for offset printing, taking into account the roughness of the offset printing plate surface. *Machine Science. International scientific-technical journal*, 11 (2), 71–79.
15. Berkovich, I. I., Gromakovskii, D. G.; Gromakovskii, D. G. (Ed.) (2000). *Tribologiya. Fizicheskie osnovy, mekhanika i tekhnicheskie prilozheniya*. Samara, 268.
16. Kochetkov, A. V., Chvanov, A. V., Arzhanukhina, S. P. (2009). Nauchnye osnovy normirovaniia sherokhovatykh poverkhnostei dorozhnykh pokrytii. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitelstvo i arkhitektura*, 14 (33), 80–86.

## ELECTRICAL ENGINEERING AND INDUSTRIAL ELECTRONICS

DOI: 10.15587/2706-5448.2023.284037

### VIRTUAL DESIGN OF A MEASURING DEVICE INTEGRATED IN ELECTROACUPUNCTURE STIMULATOR ON ARDUINO

pages 9–15

**Gadir Gafarov**, Assistant, Department of Electronics and Automation, Azerbaijan State Oil and Industry University, Baku, Azerbaijan, e-mail: qafafrov1997@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2560-1147>

The object of research is the electrical conductivity of biologically active points. Biologically active points as a method of non-traditional medical procedures and diagnostics, as well as being used for therapeutic purposes. Although this method has become the subject of mass research, a complete theory of the method has not yet been formed. Based on research, it is possible to say that there are different approaches to explaining the mechanism of action. These independent studies suggest the existence of unique electrical properties in the areas of the skin where biologically active points are located. However, due to technical and methodological problems, it was not in the interest of the scientific community, and as a result of solving the problem mentioned in recent history, interest in research in this field has increased.

Nerve endings, called biologically active points or acupuncture points, are widely used in alternative medicine. The first step in electrostimulation of acupuncture points is the localization of the point. Localization is based on measuring the electrical conductivity of acupuncture points. The article discusses the virtual design of the measuring device, which is expected to be integrated with electrostimulators. As a result of the simulation, measurements were made and the accuracy class of the device was determined. Thus, it is possible to accurately measure electrical conductivity in biological objects through this device.

The proposed device is designed on the basis of a modern element base. The basic element of the device is Arduino. A voltage divider scheme was used to determine the electrical conductivity of Arduino-based biologically active points. The purpose of using a voltage divider circuit is to protect the Arduino's analog input from overvoltage. Based on the measurements, the accuracy class of the proposed device was determined. As a result of the simulations, it was determined that the absolute error of the device is 0.463056, the relative error is 0.005742, and the accuracy class is 0.0463056.

**Keywords:** electrical conductivity, biologically active points, electrostimulation, Arduino Uno, electroacupuncture, voltage divider scheme.

#### References

- Ulett, G. A., Parwatarikar, S. D., Stern, J. A., Brown, M. (1978). Acupuncture, Hypnosis And Experimental Pain – II. Study with Patients. *Acupuncture & Electro-Therapeutics Research*, 3 (3), 191–201. doi: <https://doi.org/10.3727/036012978817553131>
- Brown, M. L., Ulett, G. A., Stern, J. A. (1974). Acupuncture Loci: Techniques for Location. *The American Journal of Chinese Medicine*, 2 (1), 67–74. doi: <https://doi.org/10.1142/s0192415x74000080>
- Dvadcatilietie elektroakupunkturnoi diagnostiki* (2014). Available at: <http://www.eledia.ru/> Last accessed: 21.03.2019
- Zhang, Z.-J., Wang, X.-M., McAlonan, G. M. (2012). Neural Acupuncture Unit: A New Concept for Interpreting Effects and Mechanisms of Acupuncture. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2012, 1–23. doi: <https://doi.org/10.1155/2012/429412>
- Johnson, M. I. (1997). Transcutaneous electrical nerve stimulation in pain management. *British Journal of Midwifery*, 5 (7), 400–405. doi: <https://doi.org/10.12968/bjom.1997.5.7.400>
- Pope, G., Mockett, S., Wright, J. (1995). A Survey of Electrotherapeutic Modalities: Ownership and Use in the NHS in England. *Physiotherapy*, 81 (2), 82–91. doi: [https://doi.org/10.1016/s0031-9406\(05\)67050-2](https://doi.org/10.1016/s0031-9406(05)67050-2)
- Gafarov, G. A. (2020). Acupuncture research methods. *Journal of Applied Biotechnology and Bioengineering*, 7 (6), 276–278.
- Lupichev, N. L. (1990). *Elektropunkturnaia diagnostika. Gomeoterapiia i Fenomen Dalinodestivii*, 130.
- Pope, G., Mockett, S., Wright, J. (1995). A Survey of Electrotherapeutic Modalities: Ownership and Use in the NHS in England. *Physiotherapy*, 81 (2), 82–91. doi: [https://doi.org/10.1016/s0031-9406\(05\)67050-2](https://doi.org/10.1016/s0031-9406(05)67050-2)
- Kim, H.-S., Lee, E. S., Lee, Y. J., Lee, J. H., Lee, C.-T., Cho, Y.-J. (2015). Clinical Application of Bioelectrical Impedance Analysis and its Phase Angle for Nutritional Assessment of Critically Ill Patients. *Journal of Clinical Nutrition*, 7 (2), 54–61. doi: <https://doi.org/10.15747/jcn.2015.7.2.54>
- Barlea, N. M., Sibianu, H., Ciupa, R. V. (2000). Electrical detection of acupuncture points. *Acta Electrotech Napocensos*, 14, 59–61.
- Kim, M. S., Cho, Y.-C., Seo, S.-T., Son, C.-S., Kim, Y.-N. (2012). Analysis of Multifrequency Impedance of Biologic Active Points Using a Dry Electrode System. *The Journal of Alternative and Complementary Medicine*, 18 (9), 864–869. doi: <https://doi.org/10.1089/acm.2011.0095>
- Rahimov, R. M., Rustamova, D. F., Gafarov, G. A., Huseynov, F. H. (2023). Determination of the Bioimpedance of the Human Body Based on the Multi-Frequency Measurement Method. *European Chemical Bulletin*, 12 (3), 352–361.
- Bosy-Westphal, A., Danielzik, S., Dörhöfer, R.-P., Later, W., Wiese, S., Müller, M. J. (2006). Phase Angle From Bioelectrical Impedance Analysis: Population Reference Values by Age, Sex, and Body Mass Index. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*, 30 (4), 309–316. doi: <https://doi.org/10.1177/0148607106030004309>
- de França, N. A. G., Callegari, A., Gondo, F. F., Corrente, J. E., Mclellan, K. C. P., Burini, R. C., de Oliveira, E. P. (2016). Higher dietary quality and muscle mass decrease the odds of low phase angle in bioelectrical impedance analysis in Brazilian individuals. *Nutrition & Dietetics*, 73 (5), 474–481. doi: <https://doi.org/10.1111/1747-0080.12267>
- Pearson, S., Colbert, A. P., McNames, J., Baumgartner, M., Hamerschlag, R. (2007). Electrical Skin Impedance at Acupuncture Points. *The Journal of Alternative and Complementary Medicine*, 13 (4), 409–418. doi: <https://doi.org/10.1089/acm.2007.6258>
- Gafarov, G., Valehov, S. E. (2021). Design of stimulation device of biological active points using 555 timer. *Herald of the Azerbaijan Engineering Academy*, 13 (4), 113–120. doi: [https://doi.org/10.52171/2076-0515\\_2021\\_13\\_04\\_113\\_120](https://doi.org/10.52171/2076-0515_2021_13_04_113_120)

DOI: 10.15587/2706-5448.2023.285963

### ANALYSIS OF MODERN ATMOSPHERIC ELECTROSTATIC FIELD MEASURING INSTRUMENTS AND METHODS

pages 16–24

**Oleksandr Povschenko**, Postgraduate Student, Department of Information and Measurement Technologies, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine, e-mail: [scela2472@gmail.com](mailto:scela2472@gmail.com), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2998-5950>

**Viktor Bazhenov**, PhD, Associate Professor, Department of Automation and Non-Destructive Testing Systems, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8858-4412>

The object of research is the process of measuring the strength of the atmospheric electrostatic field. This paper is devoted to an analytical review and comparative analysis of modern methods and instruments for measuring atmospheric electrostatic field strength. The results of scientific research and modern practical technologies, which are used to develop technical means and increase the accuracy of measuring the strength of electrostatic fields, are considered.

In the work, the general functional requirements for the hardware of systems for measuring the atmospheric electrostatic field strength are formed and the main directions of research and practical tasks for its creation are defined. The design features and characteristics of existing measuring instruments are considered in detail. The advantages and disadvantages of electrometers, electrostatic field mills, microelectromechanical electrostatic field mills, and electric field imaging systems are determined given their portability, sensitivity, measuring frequency, accuracy, measurement range, linearity, and cost. The analysis of the state of modern methods and measuring instruments for the strength of the electrostatic field showed that one of the best solutions for measuring the electrostatic field strength of the atmosphere today is the use of an improved electrostatic field mill.

It was determined that one of the important problems for ensuring the development of methods and means of atmospheric electrostatic field strength measuring is the need to generalize the structure of the measuring instruments and calculate its metrological characteristics. It has been established that solving the problem of increasing the accuracy of atmospheric electrostatic field strength measurement requires a comprehensive approach based on improving the design of the sensor structure of the meter, increasing the accuracy of navigation and positioning, increasing the autonomy of work, improving communication and data transmission systems, as well as ensuring high stability and reliability of work under the influence of external factors. Improving the structure and improving the characteristics of electrostatic field mills in the future will ensure the necessary accuracy, compactness, and availability for measurement and its inclusion in the automated system of atmospheric electrostatic field monitoring and forecasting.

**Keywords:** electrostatic measurements, atmospheric electric field, electrostatic field, measuring instruments, electrostatic field mill.

#### References

- Whipple, F. J. W. (2007). Modern views on atmospheric electricity. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 64 (275), 199–222. doi: <https://doi.org/10.1002/qj.49706427502>
- Roble, R., Tzur, I. (1986). *The global atmospheric electrical circuit. The Earth's electrical environment*. Washington: National Academies Press, 206–231.
- Markson, R. (2007). The Global Circuit Intensity: Its Measurement and Variation over the Last 50 Years. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 88 (2), 223–242. doi: <https://doi.org/10.1175/bams-88-2-223>
- Liu, C., Williams, E. R., Zipser, E. J., Burns, G. (2010). Diurnal Variations of Global Thunderstorms and Electrified Shower Clouds and Their Contribution to the Global Electrical Circuit. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 67 (2), 309–323. doi: <https://doi.org/10.1175/2009jas3248.1>
- Blakeslee, R. J., Mach, D. M., Bateman, M. G., Bailey, J. C. (2014). Seasonal variations in the lightning diurnal cycle and implications for the global electric circuit. *Atmospheric Research*, 135–136, 228–243. doi: <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2012.09.023>
- Anisimov, S. V., Galichenko, S. V., Aphinogenov, K. V., Prokhorchuk, A. A. (2017). Evaluation of the Atmospheric Boundary-Layer Electrical Variability. *Boundary-Layer Meteorology*, 327–348. doi: <https://doi.org/10.1007/s10546-017-0328-0>
- Jacobson, E. A., Krider, E. P. (1976). Electrostatic Field Changes Produced by Florida Lightning. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 33 (1), 103–117. doi: [https://doi.org/10.1175/1520-0469\(1976\)033<0103:efcpbf>2.0.co;2](https://doi.org/10.1175/1520-0469(1976)033<0103:efcpbf>2.0.co;2)
- Koshak, W. J., Krider, E. P. (1989). Analysis of lightning field changes during active Florida thunderstorms. *Journal of Geophysical Research*, 94 (D1), 1165. doi: <https://doi.org/10.1029/jd094id01p01165>
- Koshak, W. J., Krider, E. P. (1994). A Linear Method for Analyzing Lightning Field Changes. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 51 (4), 473–488. doi: [https://doi.org/10.1175/1520-0469\(1994\)051<0473:almfal>2.0.co;2](https://doi.org/10.1175/1520-0469(1994)051<0473:almfal>2.0.co;2)
- Maier, L. M., Krider, E. P. (1986). The charges that are deposited by cloud-to-ground lightning in Florida. *Journal of Geophysical Research*, 91 (D12), 13275. doi: <https://doi.org/10.1029/jd091id12p13275>
- Murphy, M. J., Krider, E. P., Maier, M. W. (1996). Lightning charge analyses in small Convection and Precipitation Electrification (CaPE) experiment storms. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 101 (D23), 29615–29626. Portico. doi: <https://doi.org/10.1029/96jd01538>
- Chubb, J., Harbour, J. (2000). A system for the advance warning of risk of lightning. *Paper presented at the Electrostatics Society of America 'ESA 2000' meeting Niagara Falls*. Niagara Falls.
- Montanya, J., Bergas, J., Hermoso, B. (2004). Electric field measurements at ground level as a basis for lightning hazard warning. *Journal of Electrostatics*, 60 (2-4), 241–246. doi: <https://doi.org/10.1016/j.elstat.2004.01.009>
- Murphy, M. J., Holle, R. L., Demetriades, N. W. S. (2008). Cloud-to-ground lightning warnings using electric field mill and lightning observations. *20th International Lightning Detection Conference (ILDC)*. Tucson.
- 7 *Electrostatic Instrument Manufacturers in 2023*. Metoree. Available at: <https://us.metoree.com/categories/static-electricity-meter/>
- Electrostatic field measuring instrument max. ±30 kV | AD-1684A*. DirectIndustry. Available at: <https://www.directindustry.com/prod/d-company-limited/product-54946-1443153.html>
- GHRC: Lightning field campaigns, detection instruments, and research proposals*. Wayback Machine. Available at: <https://web.archive.org/web/20160307112621/http://thunder.msc.nasa.gov/validation/validation.html#Interp>
- Bateman, M. G., Stewart, M. E., Podgorny, S. J., Christian, H. J., Mach, D. M., Blakeslee, R. J. et al. (2007). A Low-Noise, Microprocessor-Controlled, Internally Digitizing Rotating-Vane Electric Field Mill for Airborne Platforms. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 24 (7), 1245–1255. doi: <https://doi.org/10.1175/jtech2039.1>
- Chauzy, S., Médale, J.-C., Prieur, S., Soula, S. (1991). Multilevel measurement of the electric field underneath a thundercloud: 1. A new system and the associated data processing. *Journal of Geophysical Research*, 96 (D12), 22319. doi: <https://doi.org/10.1029/91jd02031>
- Winn, W. P., Moore, C. B. (1971). Electric field measurements in thunderclouds using instrumented rockets. *Journal of Geophysical Research*, 76 (21), 5003–5017. doi: <https://doi.org/10.1029/jc076i021p05003>
- Ackermann, L., Bouwers, A., Carlsson, C., Dümmlin, K., Goering, U., Haxel, O. et al. (1968). *Encyclopedia of Medical Radiology*. Verlag Berlin Heidelberg.

22. Acharya, Y. B. (2000). A wide range linear electrometer. *Review of Scientific Instruments*, 71 (6), 2585–2588. doi: <https://doi.org/10.1063/1.1150653>
23. Harrison, R. G. (1997). An antenna electrometer system for atmospheric electrical measurements. *Review of Scientific Instruments*, 68 (3), 1599–1603. doi: <https://doi.org/10.1063/1.1147932>
24. Harrison, R. G., Marlton, G. J., Nicoll, K. A., Airey, M. W., Williams, P. D. (2017). A self-calibrating wide range electrometer for in-cloud measurements. *Review of Scientific Instruments*, 88 (12). doi: <https://doi.org/10.1063/1.5011177>
25. Antunes de Sá, A., Marshall, R., Sousa, A., Viets, A., Deierling, W. (2020). An Array of Low-Cost, High-Speed, Autonomous Electric Field Mills for Thunderstorm Research. *Earth and Space Science*, 7 (11). doi: <https://doi.org/10.1029/2020ea001309>
26. Cui, Y., Yuan, H., Song, X., Zhao, L., Liu, Y., Lin, L. (2018). Model, Design, and Testing of Field Mill Sensors for Measuring Electric Fields Under High-Voltage Direct-Current Power Lines. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 65 (1), 608–615. doi: <https://doi.org/10.1109/tie.2017.2719618>
27. Buguet, M., Lalande, P., Laroche, P., Blanchet, P., Bouchard, A., Chazottes, A. (2021). Thundercloud Electrostatic Field Measurements during the Inflight EXAEDRE Campaign and during Lightning Strike to the Aircraft. *Atmosphere*, 12 (12), 1645. doi: <https://doi.org/10.3390/atmos12121645>
28. Hsu, C. H., Muller, R. S. (1991). *Micromechanical electrostatic voltmeter. TRANSDUCERS'91: 1991 International Conference on Solid-State Sensors and Actuators*. Digest of Technical Papers. San Francisco. doi: <https://doi.org/10.1109/sensor.1991.148966>
29. Yong Zhu, Lee, J. E.-Y., Seshia, A. A. (2008). A Resonant Micromachined Electrostatic Charge Sensor. *IEEE Sensors Journal*, 8 (9), 1499–1505. doi: <https://doi.org/10.1109/jсен.2008.923597>
30. Peng, C., Chen, X., Bai, Q., Luo, L., Xia, S. (2006). A novel high performance micromechanical resonant electrostatic field sensor used in atmospheric electric field detection. *Proceedings of the IEEE International Conference on MICRO Electro Mechanical Systems*. Las Vegas. doi: <https://doi.org/10.1109/memsys.2006.1627895>
31. Chen, X., Peng, C., Xia, S. (2008). Design of a thermally driven resonant miniature electric field sensor with feedback control. *Proceedings of the IEEE International Conference on Nano/micro Engineered and Molecular Systems*. Sanya. doi: <https://doi.org/10.1109/nems.2008.4484329>
32. Riehl, P. S., Scott, K. L., Muller, R. S., Howe, R. T., Yasaitis, J. A. (2003). Electrostatic charge and field sensors based on micromechanical resonators. *Journal of Microelectromechanical Systems*, 12 (5), 577–589. doi: <https://doi.org/10.1109/jmems.2003.818066>
33. Gong, C., Tao, H., Peng, C., Bai, Q., Chen, S., Xia, S. (2005). A novel miniature interlacing vibrating electric field sensor. *Proceedings of the IEEE Sensors*. Irvine. doi: <https://doi.org/10.1109/icsens.2005.1597722>
34. Yang, P., Peng, C., Zhang, H., Liu, S., Fang, D., Xia, S. (2011). A high sensitivity SOI electric-field sensor with novel comb-shaped microelectrodes. *Proceedings of the 16th International Solid-State Sensors, Actuators and Microsystems Conference*. Beijing. doi: <https://doi.org/10.1109/transducers.2011.5969165>
35. Horenstein, M. N., Stone, P. R. (2001). A micro-aperture electrostatic field mill based on MEMS technology. *Journal of Electrostatics*, 51-52, 515–521. doi: [https://doi.org/10.1016/s0304-3886\(01\)00048-1](https://doi.org/10.1016/s0304-3886(01)00048-1)
36. Bahreyni, B., Wijeweera, G., Shafai, C., Rajapakse, A. (2007). Design and testing of a field-chopping electric field sensor using thermal actuators with mechanically amplified response. *Proceedings of the Solid-State Sensors, Actuators and Microsystems Conference*. Lyon. doi: <https://doi.org/10.1109/sensor.2007.4300404>
37. Bahreyni, B., Wijeweera, G., Shafai, C., Rajapakse, A. (2008). Analysis and Design of a Micromachined Electric-Field Sensor. *Journal of Microelectromechanical Systems*, 17 (1), 31–36. doi: <https://doi.org/10.1109/jmems.2007.911870>
38. Huang, J., Wu, X., Wang, X., Yan, X., Lin, L. (2015). A novel high-sensitivity electrostatic biased electric field sensor. *Journal of Micromechanics and Microengineering*, 25 (9), 095008. doi: <https://doi.org/10.1088/0960-1317/25/9/095008>
39. Wang, Y., Fang, D., Feng, K., Ren, R., Chen, B., Peng, C., Xia, S. (2015). A novel micro electric field sensor with X–Y dual axis sensitive differential structure. *Sensors and Actuators A: Physical*, 229, 1–7. doi: <https://doi.org/10.1016/j.sna.2015.03.013>
40. Ma, Q., Huang, K., Yu, Z., Wang, Z. (2017). An electric field sensor with double-layer floating structure for measurement of dc synthetic field coupled with ion flow. *Proceedings of the International Conference on Solid-State Sensors, Actuators and Microsystems*. Kaohsiung. doi: <https://doi.org/10.1109/transducers.2017.7994192>
41. Underwood, G. C. (2019). *A MEMS Dual Vertical Electrometer and Electric Field-Mill*. Available at: <https://scholar.afit.edu/etd/2288>
42. Ling, B., Wang, Y., Peng, C., Li, B., Chu, Z., Li, B., Xia, S. (2017). Single-chip 3D electric field microsensors. *Frontiers of Mechanical Engineering*, 12 (4), 581–590. doi: <https://doi.org/10.1007/s11465-017-0454-x>
43. Chu, Z., Peng, C., Ren, R., Ling, B., Zhang, Z., Lei, H., Xia, S. (2018). A High Sensitivity Electric Field Microsensor Based on Torsional Resonance. *Sensors*, 18 (1), 286. doi: <https://doi.org/10.3390/s18010286>
44. Smith, J. R. (1999). *Electric field imaging*. Massachusetts Institute of Technology.
45. Smith, J. R., Garcia, E., Wistort, R., Krishnamoorthy, G. (2007). Electric field imaging pretouch for robotic graspers. *2007 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, 676–683. doi: <https://doi.org/10.1109/iroso.2007.4399609>
46. *Electric Field Imaging System. T2 Portal*. NASA Technology Transfer Portal Home. Available at: <https://technology.nasa.gov/patent/LAR-TOPS-116> last accessed: 15.07.2023
47. Generazio, E. R. (2017). Electric potential and electric field imaging. *AIP Conference Proceedings*. AIP Publishing, 1806 (1). doi: <https://doi.org/10.1063/1.4974566>
48. Generazio, E. R. (2016). Pat. No. 9,279,719 USA. *Electric field quantitative measurement system and method*. 08.05.2016.
49. Generazio, E. R. (2017). Pat. No. 9,804,199 USA. *Ephemeral electric potential and electric field sensor*. 31.10.2017.
50. Generazio, E. R. (2017). Pat. No. 9,559,616 USA. *Quasi-static electric field generator*. 31.01.2017.
51. Generazio, E. R. (2020). Pat. No. 10,712,378 USA. *Dynamic multidimensional electric potential and electric field quantitative measurement system and method*. 14.07.2020.
52. Generazio, E. R. (2021). Pat. No. 10,900,930 USA. *Method for phonon assisted creation and annihilation of subsurface electric dipoles*. 26.01.2021.
53. Generazio, E. R. (2022). Pat. No. 11,293,964 USA. *Dynamic multidimensional electric potential and electric field quantitative measurement system and method*. 05.04.2022.
54. Generazio, E. R. (2022). Pat. No. 11,360,048 USA. *Method for phonon assisted creation and annihilation of subsurface electric dipoles*. 14.07.2022.
55. Mens, L. H. M. (2007). Advances in Cochlear Implant Telemetry: Evoked Neural Responses, Electrical Field Imaging, and Technical Integrity. *Trends in Amplification*, 11 (3), 143–159. doi: <https://doi.org/10.1177/1084713807304362>
56. *NASA Technical Reports Server (NTRS)*. Available at: <https://ntrs.nasa.gov/api/citations/20160008937/downloads/20160008937.pdf>
57. Generazio, E. R. (2019). Pat. No. 10,281,430 USA. *Identification and characterization of remote objects by electric charge tunneling, injection, and induction, and an erasable organic molecular memory*. 07.05.2019.

58. Generazio, E. R. (2020). Pat. No. 10,620,252 USA. *Electric field imaging system*. 14.04.2020.

DOI: 10.15587/2706-5448.2023.286193

**DETERMINATION OF SIGNAL LEVEL FOR PROTECTION OF INFORMATION IN CASE OF ITS INTERCEPTION BY TECHNICAL MEANS OF INTELLIGENCE**

pages 25–28

*Yevhen Pavlenko*, Postgraduate Student, Department of Applied Radioelectronics, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0451-3861>, e-mail: [sl1mvsshady@gmail.com](mailto:sl1mvsshady@gmail.com)

The object of the current paper is the protection of information in the conditions of its interception by technical means of intelligence. According to this goal, considered the existing mathematical model of signal interception using radio-technical intelligence. In course of investigation, for getting final results based existing mathematical model analyzed the optimal scheme of signal detection with the help of intelligence receiver. As a result of this activity occurs four potential cases of signal detection which compared with established threshold  $H$  and accompanied by one of two error types: incorrect decision about the signal absence or incorrect indication of its presence. On the basis of the given cases suggested one of the possible variant for protecting of signal that goes beyond the controlled zone.

Using such dependencies as: an expression of the power flux density of radio electronic device antenna on its distance to the receiver in the direction of maximum radiation, the formula of signal power at the input of the receiving antenna, the ratio of the antennas coefficient of amplification and its effective scattering area was obtained: the dependence for calculating the power of output signal sufficient for reception within the controlled zone, but insufficient for its interception by technical means beyond its borders. Also, obtained graphical dependencies of minimal coefficient of amplification of transmitter antenna from maximal coefficient of amplification of transmitter antenna, from wavelength of radiation and from distance between transmitter and receiver.

Based on research results formed the conclusion regarding proposed method of information protection based on the mathematical model of the information leakage channel applying for radio intelligence.

**Keywords:** telecommunication, radio engineering, technical protection of information, signal reduction, signal interception, radio intelligence.

**References**

1. Korjik, V., Yakovlev, V., Babkov, I. (1997). The wire-tap channel concept against eavesdropping of indoor radio telephone. *Proceedings of 8th International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications – PIMRC'97*. Helsinki, 2, 477–479. doi: <https://doi.org/10.1109/pimrc.1997.631047>
2. Zhao, J., Han, Z., Zhang, H., Liu, R. (2014). The design and implementation of invisible eavesdropping protection application. *2014 12th International Conference on Signal Processing (ICSP)*. Hangzhou, 2394–2397. doi: <https://doi.org/10.1109/icosp.2014.7015423>
3. Jiang, J., Li, Y., Ma, X., Zhang, P., Fan, Y., Hao, Q. (2017). Research on noise quality in anti-eavesdropping system based on acoustic masking. *2017 International Conference on Wireless Communications, Signal Processing and Networking (WiSPNET)*. Chennai, 823–827. doi: <https://doi.org/10.1109/wispnet.2017.8299876>
4. Lopez-Risueno, G., Grajal, J., Yeste-Jeda, O. A., Sanz-Osorio, A., Moreno, J. A. (2003). Two digital receivers based on time-frequency analysis for signal interception. *2003 Proceedings of the International Conference on Radar (IEEE Cat. No.03EX695)*. Adelaide, 394–399. doi: <https://doi.org/10.1109/radar.2003.1278774>
5. Yavorsky, B. (2004). Detection of low probability of interception signals in bases of almost periodical functions. *Proceedings of the International Conference Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science*. Lviv-Slavsko, 487–490.
6. Xu, X., Jing, T. (2019). Design of Strong Signal Masking Covert Communication Transmission Scheme Based on OFDM System. *2019 IEEE 19th International Conference on Communication Technology (ICCT)*. Xi'an, 169–173. doi: <https://doi.org/10.1109/icct46805.2019.8947096>
7. Yoon, S., Jeong, J., Jeong, H., Won, Y. (2008). Lawful Interception Scheme for Secure VoIP Communications Using TTP. *International Symposium on Computer Science and its Applications*. Hobart: TAS, 149–152. doi: <https://doi.org/10.1109/CSA.2008.31>
8. Serkov, A., Tkachenko, V., Kharchenko, V., Pevnev, V., Trubchaninova, K. (2020). A Method to Enhance the Bandwidth and Noise Immunity of IIoT When Exposed to Natural and Intentional Electromagnetic Interference. *2020 IEEE International Conference on Problems of Infocommunications. Science and Technology (PIC S&T)*. Kharkiv, 527–532. doi: <https://doi.org/10.1109/picst51311.2020.9467929>
9. Siahhaeva, O. O. (2012). *Doslidzhennia ta rozrobka matematychnoi modeli dzherela nebezpechnoho syhnalu vtraty informatsii v bankivskiykh systemakh*. Kharkiv, 24.
10. Stepanov, M., Boiko, J., Pavlenko, Y. (2023). Determining the required signal level and masking noise to protect information in the conditions of its interception by technical means. *Measuring and computing devices in technological processes*, 2, 21–27. doi: <https://doi.org/10.31891/2219-9365-2023-74-3>

**TECHNOLOGY AND SYSTEM OF POWER SUPPLY**

DOI: 10.15587/2706-5448.2023.286277

**DEVELOPMENT AND ANALYSIS OF THE LOADING CHARACTERISTIC OF ACCUMULATE FUEL INJECTION SYSTEM COMMON RAIL OF THE ENGINE SORT-FLEX**

pages 29–33

*Eduard Polovinka*, Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Ship Power Plants, Odesa Maritime Academy National University, Odesa, Ukraine, e-mail: [polovinkaem18@gmail.com](mailto:polovinkaem18@gmail.com), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6855-1269>

*Igor Tabulinsky*, Senior Lecturer, Department of Fleet Technical Operation, Odesa Maritime Academy National University, Odesa, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-5238-3969>

The object of research are hydrodynamical processes in fuel delivery system of marine diesel engine of type RT-flex with accumulate fuel injection system of type Common Rail. The problem, being solved, is maintenance of an effective operation of the specified diesel engines due to perfection work of their fuel equipment.

The results of simulation modeling of the injection process by accumulator fuel delivery system Common Rail of the 50RT-flex engine are presented. On the basis of the functional diagram of system, a calculation model has been compiled that provides a description of the operation of the systems main blocks.

The load characteristic of the fuel equipment is built in the traditional version – the dependence of the fuel delivery parameters from the engine load at a constant speed. For the system under consideration, the control element is the valve assembly connecting the injection control unit (ICU) with injectors. The parameters of the

load characteristic in this study are modes with a constant engine speed  $n=124$  rpm and a change in the opening angle of the control valve in the range  $\varphi_v=6.6-14.4$  °CA.

The parameters of the devices that largely determine the characteristics of the fuel delivery and the quality of the working processes of a diesel engine are considered in more details. Such an element of the system is ICU, the working body of which is the dosing piston. The main parameters of its operation when delivering fuel are the magnitude and speed of the stroke. For the load characteristics in the accepted range of the valve control valve opening angle  $\varphi_v$  from 6.6 to 14.4 °CA (2.18 times), the piston stroke was  $h_p=4.29-8.61$  mm (2.0 more). In this case, the dependence of  $h_p$  on  $\varphi_v$  is linear.

Area of use of the data received during research, ship crews and the shore services providing operation of vessels are. A material is applied in process of high school and is already used in various educational forms. The given researches are useful to developers and builders of marine diesel engines of a considered class.

**Keywords:** common rail system, load characteristics, fuel delivery parameters, control unit, kinematics of elements.

#### References

- Hummel, K., Boecking, F., Groß, J., Stein, J.-O., Dohle, U. (2004). 3. Generation Pkw-Common-Rail von Bosch mit Piezo-Inline-Injektoren. *MTZ – Motortechnische Zeitschrift*, 65 (3), 180–189. doi: <https://doi.org/10.1007/bf03227169>
- Egger, K., Warga, J., Klügl, W. (2002). Neues Common-Rail-Einspritzsystem mit Piezo-Aktorik für Pkw-Dieselmotoren. *MTZ – Motortechnische Zeitschrift*, 63 (9), 696–704. doi: <https://doi.org/10.1007/bf03226642>
- Grekhov, L. V., Ivashchenko, N. A., Markov, V. A. (2004). *Fuel equipment and diesel control systems: A textbook for universities*. Moscow: Legion-Avtodata, 344.
- Marchenko, A. P., Prokhorenko, A. A., Meshkov, D. V. (2006). Mathematical modeling of processes in the electro-hydraulic nozzle of the CR system in the matlab/simulink environment. *DVS*, 1, 98–102. Available at: [https://scholar.google.com/citations?view\\_op=view\\_citation&hl=ja&user=lf0WF-4AAAAJ&citation\\_for\\_view=lf0WF-4AAAAJ:IjCSPb-OGe4C](https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=ja&user=lf0WF-4AAAAJ&citation_for_view=lf0WF-4AAAAJ:IjCSPb-OGe4C)
- Bosch, R. (2002). *Dieselmotor- Management: vollständige überarbeitete und erweiterte Auflage*. GmbH, 443.
- Fomin, Yu. Ya., Nikonov, G. V., Ivanovsky, V. G. (1982). *Diesel fuel equipment*. Moscow: Mashinostroenie, 168.
- Ping, W., Chunjun, J., Bin, T., Xigeng, S. (2010). Effect of Common Rail System on Vehicle Engine Combustion Performance. *2010 International Conference on Optoelectronics and Image Processing*. doi: <https://doi.org/10.1109/icoip.2010.280>
- Xiao-Hui, Z., Wen-Xing, Q. (1999). The effect of fuel injection system parameters on combustion noise and performance. *Vehicle Engine*, 123 (5), 5–9.
- Kohketsu, S., Mori, K., Kato, T., Sakai, K. (1994). Technology for Low Emission, Combustion Noise and Fuel Consumption on Diesel Engine. *SAE Technical Paper Series*. doi: <https://doi.org/10.4271/940672>
- Wang, P., Xiao-Hui, Z., Wen-Xing, Q. (2006). Experimental Study on Diesel Engine by Electronically Controlled Common Rail Fuel Injection System. *Journal of Thermal Science and Technology*, 3 (5), 241–244.
- Yang, L., Fuel, B., Xiao, W. Y. (2004). Pilot Injection Control of High Pressure Common Rail Diesel Engine. *Diesel Engine*, 3, 1.
- Liu, Y., Zhang, Y., Tian, H., Qin, J. (2008). Research and applications for control strategy of high-pressure Common Rail injection system in diesel engine. *2008 IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference*. Harbin. doi: <https://doi.org/10.1109/vppc.2008.4677448>
- Gou, C., Cai, R., Hong, H. (2006). An Advanced Oxy-Fuel Power Cycle with High Efficiency. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part A: Journal of Power and Energy*, 220 (4), 315–325. doi: <https://doi.org/10.1243/09576509jpe215>

DOI: 10.15587/2706-5448.2023.286362

#### STUDY OF THE OPERATING PARAMETERS OF VIBRATIONS OF A VIBROSIEVE OF THE WASHING LIQUID PURIFICATION UNIT

pages 34–39

**Tetiana Surzhko**, Postgraduate Student, Department of Oil and Gas Engineering and Technologies, National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic», Poltava, Ukraine, e-mail: [tanja\\_woman@ukr.net](mailto:tanja_woman@ukr.net), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8095-3984>

**Maksym Knysh**, Postgraduate Student, Department of Oil and Gas Engineering and Technologies, National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic», Poltava, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3516-4852>

**Yurij Kuzub**, Postgraduate Student, Department of Mechanical Engineering and Mechatronics, National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic», Poltava, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-8463-3914>

**Oleksandr Kruchkov**, Postgraduate Student, Department of Mechanical Engineering and Mechatronics, National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic», Poltava, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-7707-2874>

**Vyacheslav Rubel**, Postgraduate Student, Department of Oil and Gas Engineering and Technologies, National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic», Poltava, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5418-5595>

The object of the research is elastic plates located across the movement of the solution on the vibrosieve. The problem of uniform distribution of material on the surface of the sieve is considered, which is solved with the help of the design proposed in the work.

Tensometry was used as a research method with subsequent processing of the results on an elector computer. In the course of the research, an analog-to-digital converter developed and manufactured at the Department of Mechanization of Construction Processes of the National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic» (Ukraine) was used. As well as a computer with a free COM-1 port, «PROGRAM.EXE» software and a spreadsheet editor, strain gauges in the form of strain gauges with two pasted tensor resistors connected by a half-bridge circuit.

The paper proposes a fundamentally new scheme of a vibrosieve with additional working bodies in the form of elastic plates located across the movement of the solution on the sieve. The elasticity and mass of the plates are selected in such a way that their oscillations during the operation of the vibrosieve exciter are close to resonance. At the same time, the mode of vibration of the vibrosieve itself is far beyond resonance. As a result, a higher-quality and energy-efficient cleaning of the washing liquid will be obtained. This is due to the fact that the proposed cleaning method has a number of features, in particular, dispersion of drilling fluid over the entire surface of the vibrosieve and maximum loading of the entire working surface of the sieve to avoid dead zones. Thanks to this, it is possible to obtain resonant oscillations. In comparison with known analogs that work in a resonant mode, this provides advantages in the cleaning of drilling mud. The amplitude of oscillations of elastic plates reaches 1.2–1.5 mm, which is significantly greater than the amplitude of oscillations of a vibrating table.

In practice, it will be possible to use the proposed fundamentally new scheme of a vibrosieve with additional working bodies in the form of elastic plates that work in a resonant mode, as a way of supplementing vibrosieves that are in use or new when manufactured at manufacturers' factories.

**Keywords:** vibrosieve, natural oscillation frequency, drilling fluid, drilled rock, working body, mechanical oscillations.

#### References

1. *Sito vibracionnoe LVS-1M, LVS-2M, LVS-3M*. Available at: <http://fluitech.com.ua/assets/files/odbu/lvs.pdf>
2. Chen, Y., Tong, X. (2010). Modeling screening efficiency with vibrational parameters based on DEM 3D simulation. *Mining Science and Technology (China)*, 20 (4), 615–620. doi: [https://doi.org/10.1016/s1674-5264\(09\)60254-4](https://doi.org/10.1016/s1674-5264(09)60254-4)
3. Dong, K., Esfandiary, A. H., Yu, A. B. (2017). Discrete particle simulation of particle flow and separation on a vibrating screen: Effect of aperture shape. *Powder Technology*, 314, 195–202. doi: <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2016.11.004>
4. Raja, V., Chase, G. G., Jones, B. N., Geehan, T., Swaco, M. (2012). *Computational modeling and experiments on shale shaker performance*. AADE-12-FTCE-58.
5. Nesterenko, M., Nazarenko, I., Molchanov, P. (2018). Cassette Installation with Active Working Body in the Separating Partition. *International Journal of Engineering & Technology*, 7 (3.2), 265–268. doi: <https://doi.org/10.14419/ijet.v7i3.2.14417>
6. Lyakh, M. M., Savyk, V. M., Molchanov, P. O. (2016). Improving the efficiency of foamgenerating devices of pump-circulative systems of drilling sets. *Rozrobka rodovysych korysnykh kopalyn. Naukovyi visnyk NHU*, 3, 23–30.
7. Liakh, M. M., Fedoliak, N. V., Reiti, O. O. (2016). Vyznachennia zhorstkosti vibroopor burovykh vibrosyt. *Aktualni zadachi suchasnykh tekhnolohii*. Ternopil: TNTU, 46–47.
8. Krot, O. Yu., Korobko, B. O., Krot, O. P., Virchenko, V. V. (2023). *Eksperymentalni metody doslidzhen*. Poltava: NUPP, 192.
9. Krot, A., Ruchka, A., Savchenko, A., Krot, O., Supryaga, D. (2018). Analytical Modeling of Oscillations of Movable Operating Elements of a Roll-Drum Activator. *International Journal of Engineering & Technology*, 7 (4.3), 58–63. doi: <https://doi.org/10.14419/ijet.v7i4.3.19552>
10. Nascentes, C. L., Murata, V. V., Oliveira-Lopes, L. C. (2022). Mathematical modeling of solids-drilling fluid separation in shale shakers in oil fields: A state of art review. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 208, 109270. doi: <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2021.109270>
11. Sivko, V. Ya., Scubok, E. O. (1998). Motion of a dynamic system taking into account the internal resistance of the medium. *Vibro-technology – 98. Treatment of dispersed materials and media. Theory, research. Technology and equipment*. Kyiv: NGO VOTUM, 16–21.
12. Banakh, L., Kempner, M. (2010). *Vibrations of Mechanical Systems with Regular Structure*. Berlin, Heidelberg: Springer. doi: <https://doi.org/10.1007/978-3-642-03126-7>
13. Nesterenko, M. P., Molchanov, P. O., Savyk, V. M., Nesterenko, M. M. (2019). Vibration platform for forming large-sized reinforced concrete products. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 5, 74–78. doi: <https://doi.org/10.29202/nvngu/2019-5/8>
14. Surzhko, T. O., Savyk, V. M., Molchanov, P. O., Kaliuzhnyi, A. P. (2020). Pidvyshchennia efektyvnosti roboty obladnannia bloku ochyshchennia promyvalnoi ridyny. *Zb. nauk. prats Natsionalnoho universytetu «Poltavska politehnika imeni Yurii Kondratiuka» (haluzeve mashynobuduvannia, budivnytstvo)*, 2 (55), 121–127.
15. Surzhko, T. O., Molchanov, P. O., Savyk, V. M., Aheicheva, O. O. (2020). Statychnyi rozrakhunok robochykh poverkhon obladnannia dlia ochystky burovoho rozchynu za metodom skinchennykh

elementiv. *XIII Mizhnarodnoi nauково-praktychnoi konferentsii «Akademichna y universytetska nauka – rezultaty ta perspektyvy»*. Poltava.

DOI: 10.15587/2706-5448.2023.286551

#### EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF MICROWAVE HEATING OF SOILS

pages 40–47

**Oksana Bondarenko**, Postgraduate Student, Department of Oil and Gas Technologies, Engineering and Heat Power Engineering, Odesa National Technological University, Odesa, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0111-0768>

**Iryna Boshkova**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Oil and Gas Technologies, Engineering and Heat Power Engineering, Odesa National Technological University, Odesa, Ukraine, e-mail: [boshkova.irina@gmail.com](mailto:boshkova.irina@gmail.com), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5989-9223>

One of the innovative directions of heat treatment of soil in the technologies of decontamination from pesticides, oil products and disinfection is heating in a microwave electromagnetic field. Numerical studies testify to the effectiveness of the microwave treatment method. This is due to the peculiarities of the interaction of the microwave field with dielectric materials. Unique effects arise, such as the possibility of local heating, volume heating of the material, unidirectionality of pressure and humidity gradients. This contributes to the intensification of transfer processes and the possibility of energy savings. However, the challenge at present is to determine the processing regimes, including load mass, specific microwave field power, electric field strength, material layer thickness, and processing time, under which the microwave method will be energy efficient. Conducting multifactorial experimental studies allows determining the conditions of energy feasibility of microwave soil treatment. Therefore, the object of research is the process of heating a dense layer of soil under the action of a microwave electromagnetic field.

The results of studies on the effect of microwave treatment of soil contaminated with organophosphorus pesticides, contaminated with petroleum products, and under what conditions the qualitative effect was obtained, as well as the results of the effect of the microwave field on the pathogenic microflora of the soil used for growing plants, were considered. The high quality of implementation of soil treatment technologies is determined. Energy efficiency was determined on the basis of data on temperature and moisture content, analysis of thermograms of microwave heating of chernozem and clay soil, analysis of the influence of material layer thickness, influence of dielectric properties and power of the microwave field. According to the results of thermal calculations, the values of the efficiency of the microwave chamber and the intensity of the electric field were determined, which are recommended as the basis for scaling in order to transfer the experimental results to industrial installations.

During the research, specific experimental methods of research under microwave heating conditions, analytical methods of thermal calculations, developed by the authors of the experimental research methodology were used. Experimental studies were carried out on the installation created by the authors. The results of the research are intended for the wide implementation into practice of technological calculations of microwave chambers for heat treatment of soils, intensification of disinfection processes under the conditions of energy efficiency of the transformation of the energy of the microwave field into the internal energy of the soil.

**Keywords:** disinfection technologies, experimental studies, energy efficiency, heat of transformation, thermal calculations, efficiency factor.

## References

- Pereira, I. S. M., Robinson, J. P., Kingman, S. W. (2011). Effect of Agglomerate Size on Oil Removal during Microwave Treatment of Oil Contaminated Drill Cuttings. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 50 (16), 9727–9734. doi: <https://doi.org/10.1021/ie200798x>
- Buttress, A. J., Binner, E., Yi, C., Palade, P., Robinson, J. P., Kingman, S. W. (2016). Development and evaluation of a continuous microwave processing system for hydrocarbon removal from solids. *Chemical Engineering Journal*, 283, 215–222. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2015.07.030>
- Robinson, J. P., Kingman, S. W., Snape, C. E., Shang, H., Barranco, R., Saeid, A. (2009). Separation of polyaromatic hydrocarbons from contaminated soils using microwave heating. *Separation and Purification Technology*, 69 (3), 249–254. doi: <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2009.07.024>
- Riser-Roberts, E. (2019). *Remediation of Petroleum Contaminated Soils*. Taylor&Francis Group.
- Horikoshi, S., Muratani, M., Miyabe, K., Ohmura, K., Hirowatari, T., Serpone, N., Abe, M. (2011). Influence of Humidity and of the Electric and Magnetic Microwave Radiation Fields on the Remediation of TCE-contaminated Natural Sandy Soils. *Journal of Oleo Science*, 60 (7), 375–383. doi: <https://doi.org/10.5650/jos.60.375>
- Ivica, K., Zeljka, Z., Aleksandra, P. (2017). Soil treatment engineering. *Physical Sciences Reviews*, 2 (11). doi: <https://doi.org/10.1515/psr-2016-0124>
- Buttress, A., Jones, A., Kingman, S. (2015). Microwave processing of cement and concrete materials – towards an industrial reality? *Cement and Concrete Research*, 68, 112–123. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2014.11.002>
- Robinson, J., Binner, E., Saeid, A., Al-Harashsheh, M., Kingman, S. (2014). Microwave processing of Oil Sands and contribution of clay minerals. *Fuel*, 135, 153–161. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2014.06.057>
- Wills' *Mineral Processing Technology* (2016). Elsevier. doi: <https://doi.org/10.1016/c2010-0-65478-2>
- Mutyala, S., Fairbridge, C., Paré, J. R. J., Bélanger, J. M. R., Ng, S., Hawkins, R. (2010). Microwave applications to oil sands and petroleum: A review. *Fuel Processing Technology*, 91 (2), 127–135. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2009.09.009>
- Kastanek, P., Kastanek, F., Hajek, M. (2010). Microwave-Enhanced Thermal Desorption of Polyhalogenated Biphenyls from Contaminated Soil. *Journal of Environmental Engineering*, 136 (3), 295–300. doi: [https://doi.org/10.1061/\(asce\)ee.1943-7870.0000153](https://doi.org/10.1061/(asce)ee.1943-7870.0000153)
- Acierno, D., Barba, A. A., d'Amore, M. (2003). Microwaves in soil remediation from VOCs. 1: Heat and mass transfer aspects. *AIChE Journal*, 49 (7), 1909–1921. doi: <https://doi.org/10.1002/aic.690490726>
- Shang, X., Liu, X., Ren, W., Huang, J., Zhou, Z., Lin, C. et al. (2023). Comparison of peroxodisulfate and peroxymonosulfate activated by microwave for degradation of chlorpyrifos in soil: Effects of microwaves, reaction mechanisms and degradation products. *Separation and Purification Technology*, 306, 122682. doi: <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2022.122682>
- Chen, X., Li, L., Zhang, Y., Gu, H. (2023). Microwave Heating Remediation of Light and Heavy Crude Oil-Contaminated Soil. *Energy & Fuels*, 37 (7), 5323–5330. doi: <https://doi.org/10.1021/acs.energyfuels.3c00078>
- Khan, M. J., Brodie, G., Cheng, L., Liu, W., Jhaji, R. (2019). Impact of Microwave Soil Heating on the Yield and Nutritive Value of Rice Crop. *Agriculture*, 9 (7), 134. doi: <https://doi.org/10.3390/agriculture9070134>
- Ferriss, R. S. (1984). Effects of Microwave Oven Treatment on Microorganisms in Soil. *Phytopathology*, 74 (1), 121. doi: <https://doi.org/10.1094/phyto-74-121>
- Brodie, G. I., McFarlane, D. J., Khan, M. J., Phung, V. B. G., Mattner, S. W. (2022). Microwave Soil Heating Promotes Strawberry Runner Production and Progeny Performance. *Energies*, 15 (10), 3508. doi: <https://doi.org/10.3390/en15103508>
- Oliveira, M. E. C., Franca, A. S. (2002). Microwave heating of food-stuffs. *Journal of Food Engineering*, 53 (4), 347–359. doi: [https://doi.org/10.1016/s0260-8774\(01\)00176-5](https://doi.org/10.1016/s0260-8774(01)00176-5)
- Robinson, J. P., Kingman, S. W., Onobrakpeya, O. (2008). Microwave-assisted stripping of oil contaminated drill cuttings. *Journal of Environmental Management*, 88 (2), 211–218. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2007.02.009>
- Kryvoruchko, Ya. S. (2011). Determination of effective dielectric permeability of heterogeneous media and estimation of moisture content in soils. *Poverkhnost*, 3 (18), 22–28. Available at: <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/82171>
- Basok, B. I., Vorobiov, L. Y., Mykhailyk, V. A., Lunina, A. O. (2008). Thermophysical properties of natural ground. *Promyshlennaia teplotekhnika*, 30 (4), 77–85. Available at: <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/61160>
- Chovniuk, Yu. V., Dikteruk, M. H., Cherednichenko, P. P., Sobolevska, T. H. (2018). Geological diagnostics of automobile roads: reinforcing of the calculated characteristics of the earth ground. *Suchasni problemy arkhitektury ta mistobuduvannia*, 51, 367–374. Available at: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Spam\\_2018\\_51\\_49](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Spam_2018_51_49)
- Ivakh, R., Stadnyk, B., Dominiuk, T. (2014). Dielkometriia: stan ta perspektyvy rozvytku. *Vymiriuvalna tekhnika ta metrolohiia*, 75, 24–26.
- Birchak, J. R., Gardner, C. G., Hipp, J. E., Victor, J. M. (1974). High dielectric constant microwave probes for sensing soil moisture. *Proceedings of the IEEE*, 62 (1), 93–98. doi: <https://doi.org/10.1109/proc.1974.9388>



**MECHANICAL ENGINEERING TECHNOLOGY**

DOI: 10.15587/2706-5448.2023.286262

**РОЗРОБКА СХЕМИ РОЗПОДІЛУ ПЛОЩАДОК КОНТАКТУ МІЖ ФОРМНИМ ТА ОФСЕТНИМ ЦИЛІНДРАМИ** сторінки 6–8**Eldar Aliyev, Shabnam Ismailova**

Об'єктом дослідження є розподіл площадок контакту між формним та офсетним циліндрами. Для друкування відбитків в офсетному друкованому процесі необхідно забезпечити передачу друкарської фарби з апарату з фарбами на друкарську форму, з форми на гумовотканинний матеріал (декель) офсетного циліндра, а з декеля на друкований матеріал. При цьому якість відбитків забезпечується створенням технологічного необхідного тиску між формним, офсетним та друкарським циліндрами, яке також сприяє деформації пружного декеля та передачі шару фарби в зоні контакту. Передача ілюстративної та текстової інформації із форми на декель офсетного циліндра відбувається за рахунок фактичної площі торкання. Тому вивчення та розрахунок фактичної площі контакту необхідне для дослідження передачі фарбового шару в контактних зонах. З цією метою було проведено огляд деяких досліджень, присвячених контактним завданням, обговорено їх переваги та недоліки. Наведено теоретичні та експериментальні співвідношення. Встановлено, що мікроступні шорсткості поверхні друкарської форми значно впливають на деформацію декеля. Для дослідження впливу розподілу шорсткості поверхні друкарської форми на фактичну площу контакту декеля в контактній зоні, враховано взаємодію мікроступів шорсткості поверхні друкарської форми з поверхнею декеля, що призводять до додаткових зсувів.

Запропоновано методикою розрахунку кількості виступів шорсткості, для подальшого визначення фактичної площі контакту декеля та фактичного тиску в зоні контакту, з урахуванням шорсткості поверхні друкарської форми. На основі параметрів, розрахованих за запропонованою методикою при відомих значеннях шорсткості поверхні друкарської форми, надалі можна визначити фактичну площу контакту декеля та фактичний контактний тиск, оптимальні значення яких є необхідними для забезпечення необхідного перенесення фарби та якості відбитків під час друку. Отримані дані також сприяють визначенню режимів друкованого процесу під час друку всього тиражу, що призводить до підвищення тиражу стійкості друкованих форм. Підвищення тиражу стійкості друкованих форм дозволяє економити кількість друкованих форм, що споживаються. Надалі, за отриманими результатами, рекомендується скласти довідкові дані, що є необхідними при налаштуванні та експлуатації друкарської машини.

**Ключові слова:** фактична площа контакту, шорсткість, декель, друкарська форма, зона контакту, шорсткість поверхні мікроступів.

**ELECTRICAL ENGINEERING AND INDUSTRIAL ELECTRONICS**

DOI: 10.15587/2706-5448.2023.284037

**ВІРТУАЛЬНИЙ ДИЗАЙН ВИМІРЮВАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ, ІНТЕГРОВАНОГО В ЕЛЕКТРОАКУПНКТУРНИЙ СТИМУЛЯТОР НА ARDUINO** сторінки 9–15**Gadir Gafarov**

Об'єктом дослідження є електропровідність біологічно активних точок. Біологічно активні точки використовуються як метод нетрадиційної медицини та діагностики, а також з лікувальною метою. Хоча цей метод став предметом масових досліджень, цілісна теорія методу ще не сформована. Виходячи з досліджень, можна сказати, що існують різні підходи до пояснення механізму дії. Ці незалежні дослідження свідчать про існування унікальних електричних властивостей у ділянках шкіри, де розташовані біологічно активні точки. Однак через технічні та методологічні проблеми це не було в інтересах наукової спільноти, а в результаті вирішення згаданої проблеми в новітній історії інтерес до досліджень у цій галузі зріс.

Нервові закінчення, які називають біологічно активними точками або точками акупунктури, широко використовуються в нетрадиційній медицині. Першим етапом електростимуляції акупунктурних точок є їх локалізація. Локалізація базується на вимірюванні електропровідності акупунктурних точок. У роботі розглянуто віртуальний дизайн вимірювального пристрою, який передбачається інтегрувати з електростимуляторами. В результаті моделювання були проведені вимірювання та визначено клас точності пристрою. Таким чином, за допомогою цього пристрою можна точно вимірювати електропровідність у біологічних об'єктах.

Запропонований пристрій розроблений на основі сучасної елементної бази. Базовим елементом пристрою є Arduino. Для визначення електропровідності біологічно активних точок на базі Arduino було використано схему дільника напруги. Метою використання схеми дільника напруги є захист аналогового входу Arduino від перенапруги. На основі проведених вимірювань було визначено клас точності запропонованого пристрою. В результаті моделювання було визначено, що абсолютна похибка пристрою становить 0,463056, відносна похибка – 0,005742, а клас точності – 0,0463056.

**Ключові слова:** електропровідність, біологічно активні точки, електростимуляція, Arduino Uno, електроакупунктура, схема дільника напруги.

DOI: 10.15587/2706-5448.2023.285963

**АНАЛІЗ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ НАПРУЖЕНОСТІ ЕЛЕКТРОСТАТИЧНИХ ПОЛІВ АТМОСФЕРИ** сторінки 16–24**Повщенко О. А., Баженів В. Г**

Об'єктом дослідження є процес вимірювання напруженості електростатичного поля атмосфери. Дана робота присвячена аналітичному огляду та порівняльному аналізу сучасних методів і приладів вимірювання напруженості електростатичного поля атмосфери. Розглянуто результати наукових досліджень та сучасні практичні технології, які використовуються для розробки технічних засобів та підвищення точності вимірювання напруженості електростатичних полів.

У роботі сформовано загальні функціональні вимоги до апаратного забезпечення систем вимірювання напруженості електростатичного поля атмосфери та визначено основні напрями досліджень і практичні завдання щодо його створення. Детально розгля-

нуто конструктивні особливості та характеристики існуючих засобів вимірювання. Визначено переваги та недоліки електрометрів, електростатичних польових млинів, мікроелектромеханічних електростатичних польових млинів, систем формування зображення електричного поля з огляду на їх мобільність, чутливість, частоту вимірювання, точність, діапазон вимірювання, лінійність і вартість. Аналіз стану сучасних методів і засобів вимірювання напруженості електростатичного поля показав, що одним із найкращих рішень для вимірювання напруженості електростатичного поля атмосфери на сьогоднішній день є використання вдосконаленого млина електростатичного поля.

Визначено, що однією з важливих проблем для забезпечення розробки методів і засобів вимірювання напруженості електростатичного поля атмосфери є необхідність узагальнення структури засобів вимірювання та розрахунку його метрологічних характеристик. Встановлено, що вирішення проблеми підвищення точності вимірювання напруженості електростатичного поля атмосфери потребує комплексного підходу, який базується на вдосконаленні конструкції сенсорної структури лічильника, підвищенні точності навігації та позиціонуванні, підвищенні автономності роботи, вдосконаленні систем зв'язку та передачі даних, а також забезпеченні високої стабільності та надійності роботи під впливом зовнішніх факторів. Удосконалення структури та підвищення характеристик млинів електростатичного поля в майбутньому забезпечить необхідну точність, компактність і доступність вимірювання та включення його в автоматизовану систему моніторингу та прогнозування електростатичного поля атмосфери.

**Ключові слова:** електростатичні вимірювання, електричне поле атмосфери, електростатичне поле, вимірювальні прилади, млин електростатичного поля.

DOI: 10.15587/2706-5448.2023.286193

### **ВИЗНАЧЕННЯ НЕОБХІДНОГО РІВНЯ СИГНАЛУ ДЛЯ ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ В УМОВАХ ЇЇ ПЕРЕХОПЛЕННЯ ТЕХНІЧНИМИ ЗАСОБАМИ РОЗВІДКИ** сторінки 25–28

**Павленко Є. В.**

Об'єктом даної роботи є захист інформації в умовах її перехоплення технічними засобами розвідки. Відповідно до поставленої мети, розглянуто існуючі математичні моделі перехоплення сигналів засобами радіотехнічної розвідки. В ході дослідження, для отримання кінцевих результатів, спираючись на існуючу математичну модель, було проаналізовано оптимальну схему виявлення сигналу за допомогою розвідувального приймача. В результаті виділено чотири можливих випадки виявлення сигналу, які порівнювалися з встановленим порогом  $H$  і супроводжувалися одним з двох типів помилок: помилковим рішенням про відсутність сигналу або помилковою індикацією його наявності. На основі наведених випадків запропоновано один з можливих варіантів захисту сигналу, що виходить за межі контрольованої зони.

Використовуючи наступні залежності: вираз для визначення щільності потоку потужності антени радіоелектронного засобу від відстані до приймача в напрямку максимального випромінювання, формулу потужності сигналу на вході приймальної антени, співвідношення коефіцієнта підсилення антени та її ефективної площі розсіювання, було отримано: залежність для розрахунку величини вихідного сигналу достатньої для прийому в межах контрольованої зони, але недостатньої для перехоплення технічними засобами за її межами. Також отримано графічні залежності мінімального коефіцієнта підсилення антени передавача від максимального коефіцієнта підсилення антени передавача, від довжини хвилі випромінювання та від відстані між передавачем і приймачем.

За результатами досліджень сформовано висновок щодо запропонованого методу захисту інформації на основі математичної моделі каналу витоку інформації, що застосовується для радіотехнічної розвідки.

**Ключові слова:** телекомунікації, радіотехніка, технічний захист інформації, ослаблення сигналу, перехоплення сигналу, радіотехнічна розвідка.

## **TECHNOLOGY AND SYSTEM OF POWER SUPPLY**

DOI: 10.15587/2706-5448.2023.286277

### **РОЗРОБКА Й АНАЛІЗ НАВАНТАЖУВАЛЬНОЇ ХАРАКТЕРИСТИКИ АКУМУЛЯТОРНОЇ СИСТЕМИ ВПОРСКУВАННЯ ПАЛИВА COMMON RAIL ДВИГУНА 50RT-FLEX** сторінки 29–33

**Половизка Е. М., Табулінський І. М.**

Об'єктом дослідження є гідродинамічні процеси в системі паливоподачі суднового малооборотного дизеля типу RT-flex з акумуляторною системою впорскування палива Common Rail. Проблемою, що вирішувалася, є забезпечення ефективного використання дизелів зазначеного типу за рахунок удосконалювання експлуатації їх паливної апаратури.

В роботі представлено результати імітаційного моделювання процесу впорскування акумуляторною системою подачі палива Common Rail двигуна 50RT-flex. На основі функціональної схеми системи складено розрахункову модель, яка надає опис роботи основних блоків системи.

Навантажувальна характеристика паливної апаратури побудована в традиційному варіанті – параметри паливоподачі залежать від навантаження двигуна при постійній частоті обертання. Для системи, що розглядається, керуючим елементом є клапанний вузол, що з'єднує блок керування впорскуванням (БКВ) з форсунками. Параметрами навантажувальної характеристики в даному дослідженні є режими з постійною частотою обертання двигуна  $n = 124$  об/хв і зміною кута відкриття регулюючого клапана в діапазоні –  $\varphi_v = 6,6 - 14,4$  °СА.

Більш детально розглянуто параметри пристроїв, які значною мірою визначають характеристики паливоподачі та якість робочих процесів дизельного двигуна. Таким елементом системи є блок керування впорскуванням БКВ, робочим органом якого є дозуючий поршень. Основними параметрами його роботи при подачі палива є величина та швидкість ходу. Для навантажувальних характеристик в прийнятному діапазоні кута відкриття клапана управління  $\varphi_v$  від 6,6 до 14,4 град. (в 2,18 рази різниця) хід поршня становив  $h_p = 4,29 - 8,61$  мм (в 2,0 рази більше). При цьому залежність  $h_p$  від  $\varphi_v$  є лінійною.

Областю використання даних, отриманих у ході дослідження, є суднові екіпажі й берегові служби, що забезпечують експлуатацію суден. Матеріали введено в практику й уже використовуються в різних формах навчального процесу вищого навчального закладу. Дані дослідження корисні розроблювачам і будівельникам суднових дизелів розглянутого класу.

**Ключові слова:** система Common Rail, навантажувальна характеристика, параметри подачі палива, блок керування, кінематика елементів.

DOI: 10.15587/2706-5448.2023.286362

**ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОЧИХ ПАРАМЕТРІВ КОЛИВАНЬ ВІБРОСИТА БЛОКУ ОЧИЩЕННЯ ПРОМИВАЛЬНОЇ РІДИНИ** сторінки 34–39

**Суржко Т. О., Киш М. І., Кузуб Ю. О., Крючков О. А., Рубель В. В.**

Об'єктом дослідження є пружні пластини, розташованих поперек руху розчина на віброситі. Розглянута проблема рівномірного розподілу матеріалу по поверхні сита, яка вирішується за допомогою запропонованої в роботі конструкції.

У якості метода дослідження використовувалася тензометрія з подальшою обробкою результатів на електронно-обчислювальній машині (ЕОМ). В ході дослідження використовувалися аналого-цифровий перетворювач, розроблений та виготовлений на кафедрі механізації будівельних процесів Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» (Україна). А також ЕОМ з вільним портом COM-1, програмне забезпечення «PROGRAM.EXE» та редактор електронних таблиць, тензодатчики у вигляді тензобалки з двома наклеєними тензорезисторами, з'єднаними напівмостовою схемою.

В роботі запропоновано принципово нову схему вібраційного сита з додатковим робочим органом у вигляді пружних пластин, розташованих поперек руху розчина на ситі. Пружність і маса пластин підібрані таким чином, щоб їх коливання в процесі роботи вібробуджувача сита були близькими до резонансу. При цьому режим вібрації самого вібраційного сита є далеко за резонансним. В результаті буде отримано більш якісне та енергоефективне очищення промивальної рідини. Це пов'язано з тим, що запропонований спосіб очистки має ряд особливостей, зокрема, розсіювання по всій поверхні вібраційного сита бурового розчина та максимальне навантаження всієї робочої поверхні сита для уникнення мертвих зон. Завдяки цьому забезпечується можливість отримання резонансних коливань. У порівнянні з відомими аналогами, які працюють в зарезонансному режимі, це забезпечує переваги в очистці бурового розчину. Амплітуда коливань пружних пластин сягає 1,2–1,5 мм, що суттєво більше амплітуди коливань вібростолу.

На практиці можливо буде використати запропоновану принципово нову схему вібраційного сита з додатковим робочим органом у вигляді пружних пластин, які працюють в резонансному режимі, способом доукомплектування вібраційних сит, що знаходяться у використанні або нових при виготовленні на заводах виробників.

**Ключові слова:** вібраційне сито, частота власних коливань, буровий розчин, вибурена порода, робочий орган, механічні коливання.

DOI: 10.15587/2706-5448.2023.286551

**ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ МІКРОХВИЛЬОВОГО НАГРІВУ ҐРУНТІВ** сторінки 40–47

**Бондаренко О. С., Бошкова І. Л.**

Одним з інноваційних напрямків термообробки ґрунту в технологіях знезараження від пестицидів, нафтопродуктів та дезінфекції є нагрівання в мікрохвильовому електромагнітному полі. Чисельні дослідження свідчать про ефективність мікрохвильового методу обробки. Це пов'язано з особливостям взаємодії мікрохвильового поля з діелектричними матеріалами. Виникають унікальні ефекти, такі як можливість локального нагрівання, об'ємне нагрівання матеріалу, односпрямованість градієнтів тиску та вологості. Це сприяє інтенсифікації процесів перенесення та можливості енергозаощадження. Проте на даний час проблемою є визначення режимів обробки, які включають масу завантаження, питому потужність мікрохвильового поля, напруженість електричного поля, товщину шару матеріалу та час обробки, за якими мікрохвильовий метод буде енергоефективним. Проведення багатофакторних експериментальних досліджень дозволяють визначити умови енергетичної доцільності мікрохвильової обробки ґрунтів. Отже, об'єктом дослідження є процес нагрівання щільного шару ґрунту при дії мікрохвильового електромагнітного поля.

Розглянуто результати досліджень впливу мікрохвильової обробки ґрунтів, забруднених фосфорорганічними пестицидами, забруднених нафтопродуктами, та за якими умовами отриманий якісний ефект, а також результати впливу мікрохвильового поля на патогенну мікрофлору ґрунту, який використовується для вирощування рослин. Визначена висока якість впровадження технологій обробки ґрунту. Енергетична ефективність визначалась на підставі даних за температурою та вологовмістом, аналізу термограм мікрохвильового нагрівання чорноземного та глинистого ґрунту, за аналізом впливу товщини шару матеріалу, впливу діелектричних властивостей та потужності мікрохвильового поля. За результатами теплових розрахунків визначені значення ККД мікрохвильової камери та напруженість електричного поля, що рекомендується як базова для масштабування з метою перенесення експериментальних результатів до установок промислового призначення.

Під час проведення досліджень використано специфічні експериментальні методи досліджень в умовах мікрохвильового нагрівання, аналітичні методи проведення теплових розрахунків, розроблені авторами методики обробки експериментальних досліджень. Експериментальні дослідження здійснені на створеній авторами установці. Результати досліджень передбачені для широкого впровадження у практику технологічних розрахунків мікрохвильових камер для термообробки ґрунтів, інтенсифікації процесів знезараження за умовами енергоефективності перетворення енергії мікрохвильового поля у внутрішню енергію ґрунту.

**Ключові слова:** технології знезараження, експериментальні дослідження, енергоефективність, теплота перетворення, теплові розрахунки, коефіцієнт корисної дії.