

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.274686

THE USE OF TECHNOLOGIES FOR STABILIZING THE ELECTROPHYSICAL CHARACTERISTICS OF SENSOR STRUCTURES USED IN THE DEVELOPMENT AND MANUFACTURE OF MEASURING TRANSDUCERS

(p. 6–16)

Assem KabdoldinaAl-Farabi Kazakh National University, Almaty,
Republic of KazakhstanORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6416-1979>**Zhomart Ualiyev**

Satbayev University, Almaty, Republic of Kazakhstan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5021-2154>**Sayat Ibrayev**U. A. Joldasbekov Institute of Mechanics and Engineering, Almaty,
Republic of KazakhstanORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6265-5745>**Nutpulla Jamalov**Al-Farabi Kazakh National University, Almaty,
Republic of KazakhstanORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6524-1070>**Arman Ibrayeva**Al-Farabi Kazakh National University, Almaty,
Republic of KazakhstanORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8887-9640>**Yerkebulan Tuleshov**

Satbayev University, Almaty, Republic of Kazakhstan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9146-7137>**Azhar Analieva**Kazakhstan University of Innovative and Telecommunication Systems,
Oral, Republic of KazakhstanORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7462-675X>**Dinara Arinova**

Auezov University, Shymkent, Republic of Kazakhstan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7074-9904>**Askar Khikmetov**

International IT University, Almaty, Republic of Kazakhstan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3045-7592>**Bolat Uaissov**Academy of Logistics and Transport, Almaty,
Republic of KazakhstanORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7920-6540>

The object of the study is the design, manufacturing technology and methods of stabilizing the electrophysical characteristics of measuring transducers. The problem solved in the research is the creation of methods and design and technological solutions to ensure stability used in the development and manufacture of measuring transducers. As a result of the conducted research, designs and technologies for manufacturing and stabilizing the electrophysical characteristics of measuring transducers were developed. The features of the developed designs of measuring transducers are increased in comparison with the known time stability with a basic error of no more than 0.1 %/year. Technologies for stabilizing the parameters of measuring transducers, in contrast to the known ones, differ in their versatility, since most elas-

tic elements that perceive mechanical magnitude are membranes and beams, on which thermocompensating films are easily applied. The stabilization of the parameters of the entire measuring transducer, unlike the known ones, is carried out after the removal of internal mechanical stresses of each element and part of the measuring transducer through the integrated use of current and vibration dynamic loads. Thus, the use of complex compensation due to the application of a new method of compensation of internal mechanical stresses in the structure, based on the use of multilayer film compositions formed on sensitive elements, followed by thermal and vibration stabilization of measuring transducers. In addition, reducing the measurement error and increasing the time and parametric stability of the measuring transducers is achieved through the use of specialized heat treatment modes, training resonant vibration and current loads. When developing structures and stabilization methods, previously developed engineering mathematical models were used, including constructive, informational, dimensional, technological and circuit engineering. At the same time, depending on the adopted design and the technology used, engineering models were modified by including known coefficients and dependencies. This method has significantly reduced the cost and complexity of development.

Keywords: physical model, stabilization method, thermal training, polyfilm compensation, shock cycles, temporary stability.

References

- Samakalev, S. S. (2021). Elastic sensing elements with improved metrological characteristics. *Innovations and investments*, 10, 86–89. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/uprugie-chuvstvitelnye-elementy-s-uluchshennymi-metrologicheskimi-harakteristikami>
- Kalinkina, M. E., Kozlov, A. S., Labkovskaya, R. Ya., Pirozhnikova, O. I., Tkalic, V. L. (2019). Calculation of angular rigidity of elastic element for micromechanical accelerometer. *Izvestiia Vysshih Uchebnyh Zavedenij. Priborostroenie*, 62 (6), 534–541. doi: <https://doi.org/10.17586/0021-3454-2019-62-6-534-541>
- Mechanical Behavior of Materials (2009). Cambridge University Press. Available at: <https://ceimusb.files.wordpress.com/2015/04/mechanicalbehaviormeyers.pdf>
- Mishra, S. R., Hassani Fard, S., Sheikh, T., Behdinin, K. (2022). Electromechanical Performance of Biocompatible Piezoelectric Thin-Films. *Actuators*, 11 (6), 171. doi: <https://doi.org/10.3390/act11060171>
- Bezzubceva, M. M., Volkov, V. S. (2015). Analytical review of the package of application programs for modeling of energy processes of consumer energy systems agroindustrial complex. *International Journal of Applied and Fundamental Research*, 6-2, 191–195. Available at: <https://s.applied-research.ru/pdf/2015/6-2/6869.pdf>
- Tulaev, A. T., Styazhkina, A.V., Kozlov, A. S., Belyaev, Ya. V. (2021). Micromechanical sensors design method based on system-level modeling. *JCSTCS*, 14 (2), 79–92. Available at: <https://infocom.spbstu.ru/userfiles/files/articles/2021/2/79-92.pdf>
- Schulz, P., Khimchenko, I. (2018). Trends in modeling and simulation of sensors. *International Research Conference. Dortmund*. Available at: https://www.researchgate.net/publication/328175605_TRENDS_IN_MODELING_AND_SIMULATION_OF_SENSORS
- Mikhaylov, P. G., Kassimov, A. O. (2017). Microelectronic Sensors for the Aircraft and Space-Rated Equipment. *International Journal of Advanced Biotechnology and Research (IJBR)*, 8 (4), 152–157.
- Abdali, L. M., Issa, H. A., Ali, Q. A., Kuvshinov, V. V., Bekirov, E. A. (2021). Analysis and simulation off-grid PV panels by using matlab/simulink environment. *Construction and Industrial Safety*, 21 (73), 97–105. doi: <https://doi.org/10.37279/2413-1873-2021-21-97-105>

10. Mikhajlov, P. G., Slesarev, Yu. N., Chulkov, V. A. (2016). Mathematical Modeling of Combined Sensor Information - Measuring Systems. *International Journal of Applied Engineering Research*, 11 (20), 10332–10337.
11. Mikhailov, P., Ualiyev, Z. (2020). Sensor stability assurance problems and their relationship with the overall problems of providing system performance quality. *MATEC Web of Conferences*, 329, 03032. doi: <https://doi.org/10.1051/mateconf/202032903032>
12. Song, P., Ma, Z., Ma, J., Yang, L., Wei, J., Zhao, Y. et al. (2020). Recent Progress of Miniature MEMS Pressure Sensors. *Micromachines*, 11 (1), 56. doi: <https://doi.org/10.3390/mi11010056>
13. Kalinkina, M. E., Korobeynikov, A. G. et al. (2019). Analysis of parameters of built-in pressure sensors with a thermostable sensing element. *Scientific and Technical Bulletin of the Volga region*, 1, 81–83.
14. Meng, Q., Lu, Y., Wang, J., Chen, D., Chen, J. (2021). A Piezoresistive Pressure Sensor with Optimized Positions and Thickness of Piezoresistors. *Micromachines*, 12 (9), 1095. doi: <https://doi.org/10.3390/mi12091095>
15. Parameswaran, C., Gupta, D. (2019). Large area flexible pressure/strain sensors and arrays using nanomaterials and printing techniques. *Nano Convergence*, 6 (1). doi: <https://doi.org/10.1186/s40580-019-0198-x>
16. Mikhailov, P., Baktybayev, M., Bayasilova, Z. et al. (2018). Multifunctional sensors for control systems and monitoring. *International Journal of Mechanical Engineering & Technology*, 9 (13), 959–967. Available at: https://iaeme.com/MasterAdmin/Journal_uploads/IJMET/VOLUME_9_ISSUE_13/IJMET_09_13_101.pdf
17. Zhukova, S. A., Novikov, E. A., Obizhaev, D. Yu. et al. (2021). Features of the technology of forming sensitive elements of inertial sensors based on structures “silicon above the cavity” sealed at the plate level. *Nanoindustry*, 14 (7s), 491–493.
18. Plane section hypothesis (Bernoulli's hypothesis). Available at: <https://sopromato.ru/rastyazhenie-i-szhatie/gipoteza-ploskih-secheniy>
19. Jackson, R. G. (2007). *The latest sensors*. Moscow: Technosphere, 380.
20. Mikhailov, P. G., Ualiyev, Z., Kabdoldina, A., Sokolov, A. V. (2020). Control and optimization of technological processes for forming nanoscale films for sensitive sensor elements. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 971 (4), 042086. doi: <https://doi.org/10.1088/1757-899x/971/4/042086>
21. Mikhailov, P. G., Chuvykin, B. V., Mikhailov, A. P. (2019). Questions of Control of Electrophysical Properties of Materials and Structures of Microelectronic Sensors. 2019 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon). doi: <https://doi.org/10.1109/foreastcon.2019.8934894>
22. Mikhailov, P., Ualiyev, Z., Kabdoldina, A., Smailov, N., Khikmetov, A., Malikova, F. (2021). Multifunctional fiber-optic sensors for space infrastructure. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (5 (113)), 80–89. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.242995>
23. Kabdoldina, A., Ualiyev, Z., Smailov, N., Malikova, F., Oralkanova, K., Baktybayev, M. et al. (2022). Development of the design and technology for manufacturing a combined fiber-optic sensor used for extreme operating conditions. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (5 (119)), 34–43. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.266359>
24. Mikhailov, P. G., Ualiyev, Z. (2020). Issues of Ensuring the Stability of Thin-Film Heterostructures of Multifunctional Sensors of Information-Measuring Systems. 2020 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon). doi: <https://doi.org/10.1109/foreastcon50210.2020.9271540>
25. Mikhailov, P. G., Ualiyev, Zh., Kabdoldina, A. (2020). Issues of Development of Capacitive Pressure Sensors Operable under Extreme Operating Conditions. 2020 International Russian Automation Conference (RusAutoCon). doi: <https://doi.org/10.1109/rusautocon49822.2020.9208125>

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.273299
COMPUTER ANALYSIS OF MULTIPLE MEASUREMENTS WITH THE SENSOR'S QUADRATIC TRANSFORMATION FUNCTION (p. 17–25)

Volodymyr Shcherban'

Kyiv National University of Technologies and Design, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4274-4425>

Hanna Korohod

Kyiv National University of Technologies and Design, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1670-3125>

Nataliia Chuprynka

Kyiv National University of Technologies and Design, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8952-7567>

Oksana Kolysko

Kyiv National University of Technologies and Design, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4043-1238>

Yury Shcherban'

State Higher Educational Establishment “Kyiv College of Light

Industry”, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5024-8387>

Ganna Shchutska

State Higher Educational Establishment “Kyiv College of Light

Industry”, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7182-8556>

The object of research is multiple measurements. The research aims to improve the accuracy of multiple measurements with a non-linear and unstable sensor transformation function. It is proved that the redundant measurement equation ensures the independence of the measurement result from the parameters of the transformation function and their deviations from the nominal values. It was found that the result of redundant measurements is affected by the reproduction errors of normalized temperatures T_1 and T_2 . It is shown that the best accuracy results are obtained with a reproduction error of normalized temperature T_2 within $\pm 1.0\%$ and temperature T_1 within $\pm 0.1\%$. This makes it possible to reduce the accuracy requirements for the source of reproduction of normalized temperature T_2 .

The possibility of processing the results of multiple measurements by two approaches is presented. Computer modeling using the first approach found that with a reproduction error of normalized temperature T_2 within $\pm 0.5\%$, the relative measurement error is 0.003% . When modeling the second approach, the relative error is 0.05% . It was also found that with an increase in the reproduction error of normalized temperature T_2 to $\pm 1.0\%$, the value of the relative error is 0.04% . Due to this, when applying the second approach, it becomes possible to choose a non-high-precision source of reproduction of normalized temperature T_2 . In addition, the sensitivity of the second approach to the digit range of measuring devices was found, which leads to the dependence of the measurement result on their accuracy.

There are reasons to assert the possibility of increasing the accuracy of multiple measurements by processing the results of intermediate measurements according to redundant measurement equations using two approaches.

Keywords: redundancy, multiple measurements, quadratic transformation function, function parameters, accuracy improvement.

References

1. Rishan, O. Y., Matviienko, N. V. (2014). Strukturni metody pidvyshchennia tochnosti vymiriuvan v avtomatychnykh systemakh dozuvannia sypkykh materialiv z vykorystanniam mahnitoprzhnykh pervynnykh vymiriualnykh peretvoriuvachiv zusyillia. *Naukovo-*

- tekhnichna informatsiya, 4, 47–51. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/NTI_2014_4_11
2. Shcherban', V., Kolysko, O., Melnyk, G., Sholudko, M., Shcherban', Y., Shchutska, G. (2020). Determining tension of yarns when interacting with guides and operative parts of textile machinery having the torus form. *Fibres and Textiles*, 4, 87–95. Available at: http://vat.ft.tul.cz/2020/4/VaT_2020_4_12.pdf
 3. Vdovichenko, A., Tuz, J. (2018). Accuracy enhancement of active power measurement with significant reactive load by creation of the shunt middle point. *Measuring Equipment and Metrology*, 79 (1), 76–81. doi: <https://doi.org/10.23939/istcmtm2018.01.076>
 4. Horbatiy, I. V. (2017). Improving measuring accuracy of inharmonic signal voltage under the additive noise condition. *Tehnologiya i konstruirovaniya v elektronnoy apparature*, 1-2, 7–15. doi: <https://doi.org/10.15222/kea2017.1-2.07>
 5. Pan, D., Jiang, Z., Gui, W., Yang, C., Xie, Y., Jiang, K. (2018). A method for improving the accuracy of infrared thermometry under the influence of dust. *IFAC-PapersOnLine*, 51 (21), 246–250. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.09.426>
 6. Zhang, Y., Chen, Y., Fu, X., Luo, C. (2016). A method for reducing the influence of measuring distance on infrared thermal imager temperature measurement accuracy. *Applied Thermal Engineering*, 100, 1095–1101. doi: <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2016.02.119>
 7. Lewis, G., Merken, P., Vandewal, M. (2018). Enhanced Accuracy of CMOS Smart Temperature Sensors by Nonlinear Curvature Correction. *Sensors*, 18 (12), 4087. doi: <https://doi.org/10.3390/s18124087>
 8. Koritsoglou, K., Christou, V., Ntritsos, G., Tsoumanis, G., Tsiouras, M. G., Giannakeas, N., Tzallas, A. T. (2020). Improving the Accuracy of Low-Cost Sensor Measurements for Freezer Automation. *Sensors*, 20 (21), 6389. doi: <https://doi.org/10.3390/s20216389>
 9. Koestoeer, R. A., Saleh, Y. A., Roihan, I., Harinaldi (2019). A simple method for calibration of temperature sensor DS18B20 waterproof in oil bath based on Arduino data acquisition system. *AIP Conference Proceedings*. doi: <https://doi.org/10.1063/1.5086553>
 10. Chen, C.-C., Chen, C.-L., Lin, Y. (2016). All-Digital Time-Domain CMOS Smart Temperature Sensor with On-Chip Linearity Enhancement. *Sensors*, 16 (2), 176. doi: <https://doi.org/10.3390/s16020176>
 11. Su, J., Roshchupkina, N., Kochan, V., Roshchupkin, O., Sachenko, A. (2016). Methods for improving the accuracy of sensors with a significant influence of non-informative factors. *2016 IEEE Sensors Applications Symposium (SAS)*. doi: <https://doi.org/10.1109/sas.2016.7479894>
 12. Dorozinska, H. V. (2020). Evaluation Numerical Methods Effectiveness for Processing of Measurement Results by Improved SPR-Sensor. *Visnyk of Vinnytsia Politechnical Institute*, 2, 7–13. doi: <https://doi.org/10.31649/1997-9266-2020-149-2-7-13>
 13. Bedenik, G., Souza, M., Carvalho, E. A. N., Molina, L., Montalvao, J., Freire, R. (2022). Analysis of Parameters Influence in a MOX Gas Sensor Model. *2022 IEEE International Instrumentation and Measurement Technology Conference (I2MTC)*. doi: <https://doi.org/10.1109/i2mtc48687.2022.9806695>
 14. Kondratov, V. T. (2014). The problems solved by methods of redundant measurements. *Vymiriuvalna ta obchysliuvalna tekhnika v tekhnolohichnykh protsesakh – 2014 (VOTTP-14 2014)*. Odessa, 26–30. Available at: <https://biblio.suitt.edu.ua/bitstream/handle/123456789/1990/vottp-2014-konf.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
 15. Kondratov, V. T. (2010). Metody izbytochnykh izmereniy: osnovnyye opredeleniya i klassifikatsiya. *Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu*, 3, 220–232. Available at: http://journals.khnu.km.ua/vestnik/pdf/tech/2010_3/47konf.pdf
 16. Kondratov, V. T. (2009). Teoriya izbytochnykh izmereniy: universal'noe uravnenie izmereniy. *Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu*, 5, 116–129. Available at: http://journals.khnu.km.ua/vestnik/pdf/tech/2009_5/zmist.files/23konf.pdf
 17. Shcherban', V., Korogod, G., Chaban, V., Kolysko, O., Shcherban', Y., Shchutska, G. (2019). Computer simulation methods of redundant measurements with the nonlinear transformation function. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (5 (98)), 16–22. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.160830>
 18. Shcherban', V., Korogod, G., Kolysko, O., Kolysko, M., Shcherban', Y., Shchutska, G. (2020). Computer simulation of multiple measurements of logarithmic transformation function by two approaches. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (4 (108)), 6–13. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.218517>
 19. Shcherban', V., Korogod, G., Kolysko, O., Kolysko, M., Shcherban', Y., Shchutska, G. (2021). Computer simulation of logarithmic transformation function to expand the range of high-precision measurements. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (9 (110)), 27–36. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.227984>
 20. Shcherban', V., Korogod, G., Kolysko, O., Volivach, A., Shcherban', Y., Shchutska, G. (2022). Computer modeling in the study of the effect of normalized quantities on the measurement accuracy of the quadratic transformation function. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (5 (116)), 6–16. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.254337>
 21. Boyko, O., Barylo, G., Holyaka, R., Hotra, Z., Ilkanych, K. (2018). Development of signal converter of thermal sensors based on combination of thermal and capacity research methods. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (9 (94)), 36–42. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.139763>

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.273972
FORMING AN ELLIPTICAL DIRECTIONAL DIAGRAM OF THE SECTORAL HORN ANTENNA FOR FLOW IRRADIATION OF SUGAR BEET SEEDS BY ELECTROMAGNETIC FIELD (p. 26–37)

Natalia Kosulina

State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4055-8087>

Maksym Sorokin

State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7524-7687>

Yuri Handola

State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9158-2955>

Stanislav Kosulin

Kharkiv Medical Academy of Postgraduate Education,
 Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0791-0034>

Kostiantyn Korshunov

State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4993-3800>

The object of research is the process that forms an elliptical directional diagram of the H-sector horn antenna for flow irradiation of seeds with the electromagnetic field.

The emitter of electromagnetic energy is presented as one of the main elements of installations for irradiating seeds with an electromagnetic field before sowing. This parameter was investigated by taking into account the values of the biotropic parameters of the low-energy electromagnetic field under the conditions of flow processing.

This paper reports a study into the parameters of the H-sector horn emitter for irradiation of sugar beet seeds with a low-energy electromagnetic field at a frequency of 73...75 GHz in continuous flow. Thus, one should use the H-sectoral horn emitter with the fol-

lowing parameters: aperture width $a_a=20$ mm; horn length $R_H=35$ mm; $b=1.8$ mm. It is determined that in order to irradiate sugar beet seeds on the conveyor plane with a power flow density of $P=100 \mu\text{W}/\text{cm}^2$, it is necessary to place two horns 1200 mm above the conveyor at a distance of 2540 mm from each other. It was checked that the treatment of sugar beet seeds with electromagnetic radiation in a continuous flow with a capacity of 300 kg/h is possible with a power of up to 2 W supplied to two horn antennas; the speed of the conveyor is 15 cm/s.

The parameters of the sectoral horn for an elliptical directional diagram were studied by dividing the main task into internal and external.

According to the results of the research, it is possible to build a base of geometric presets for adjusting installations for different types of seeds, the desired performance, the structural features of installations, as well as existing emitters.

Keywords: low-energy electromagnetic radiation, electromagnetic field emitter, horn antenna, H-sectoral antenna, directional diagram, sugar beet seeds, presowing treatment.

References

- Huyghe, C., Desprez, B., Laudinat, V. (2020). Sugar beet. *Quae*. doi: <https://doi.org/10.35690/978-2-7592-3185-0>
- Hruzynska, I., Smahina, A., Airapetov, M., Zhyhadlo, V. (2018). Zelena knyha «Rehulivannia rynku tsukru». Ofis efektyvnoho rehulivannia. Available at: https://issuu.com/office_brdo/docs/?utm_medium=referral&utm_source=regulation.gov.ua
- Abbott, G. C. (2020). *Sugar*. Routledge, 414. doi: <https://doi.org/10.4324/9781003292203>
- Fyliuk, G., Sytenko, D. (2014). Causes of crisis situation in Ukraine sugar industry enterprises and their solutions. *Bulletin of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Economics*, 158, 6–11. Available at: http://bulletin-econom.univ.kiev.ua/wp-content/uploads/2015/11/158_6-11.pdf
- Smit, A. B., Jongeneel, R. A., Prins, H., Jager, J. H., Hennen, W. H. G. J. (2017). Impact of coupled EU support for sugar beet growing: more production, lower prices. *Wageningen Economic Research*. doi: <https://doi.org/10.18174/430039>
- Mitchell, D. (2004). *Sugar Policies: Opportunity for Change*. Washington.
- Kosulina, N. G., Cherenkov, A. D. (2008). Low-energy electromagnetic technologies are in plantgrower. *Svitlotekhnika ta elektroenerhetyka*, 4, 80–85. Available at: <http://eprints.kname.edu.ua/8430/1/80-85.pdf>
- Chernaya, M. A., Kosulina, N. G., Avrunin, O. G. (2013). Analiz problem predposevnoy obrabotki semyan na osnove elektromagnitnykh tekhnologiy. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho tekhnichnoho univ versytetu silskoho hospodarstva im. Petra Vasylenka*, 141, 93–94.
- Tanaš, J., Cherenkov, A. D., Kosulina, N. G., Yaroslavskyy, Y. I., Titova, N. V., Aizhanova, A. (2018). Justification of the electromagnetic impulse method destruction of insect pests in gardens. *Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High-Energy Physics Experiments 2018*. doi: <https://doi.org/10.1117/12.2501665>
- Mykhaylova, L., Ryd, A., Potapski, P., Kosulina, N., Cherenkov, A. (2018). Determining the electromagnetic field parameters to kill flies at livestock facilities. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (5 (94)), 53–60. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.137600>
- Kosulina, N., Kosulin, S. (2022). Determination of biotropic parameters of a pulsed electric field for increasing immunoglobulins in cow coloster. *Sciences of Europe*, 103, 90–93.
- Kosulina, N., Kosulin, S. (2022). Application of low-energy radio-wave emissions in medicine and animal husbandry. *The scientific heritage*, 99, 22–25. Available at: <https://ru.calameo.com/read/00505976992f912ada90e>
- Uğurlu, B. T. (2022). On the wave nature of particles. *Physics Essays*, 35 (2), 171–174. doi: <https://doi.org/10.4006/0836-1398-35.2.171>
- Rossing, T. D., Chiaverina, C. J. (2019). The Wave Nature of Light. *Light Science*, 25–49. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-27103-9_2
- Kuchin, L. F., Cherenkov, A. D., Kosulina, N. G. (2002). Znachenie strukturnoy organizatsii bioobektov pri vzaimodeystvii s nizkoenergeticheskimi polarizovannymi elektromagnitnymi polyami. *Pratsi. Tavriyska derzhavna ahrotekhnichna akademiya*, 6, 26–29.
- Kosulina, N. H. (2003). Vykorystannia mikrokhvylovykh tekhnologiy u silskomu hospodarstvi. *Pratsi. Tavriyska derzhavna ahrotekhnichna akademiya*, 15, 141–148.
- Cherenkov, A. D., Kosulina, N. G. (2005). Primenenie informatsionnykh elektromagnitnykh poley v tekhnologicheskikh protsessakh sel'skogo khozyaystva. *Svitlotekhnika ta elektroenerhetyka*, 5, 77–80.
- Kosulina, N. H., Cherenkov, O. D. (2005). Doslidzhennia vplyvu elektromagnitnoho polia na nasinnia soi. *Visnyk Kharkivskoho derzhavnogo tekhnichnoho univ ersytetu silskoho hospodarstva*, 37 (1), 152–160.
- Kosulina, N. G. (2006). Opredelenie diapazona izmeneniy parametrov elektromagnitnogo polya, vozdeystvuyuschikh na semena soi. *Tavriyska derzhavna ahrotekhnichna akademiya. Pratsi*, 35, 102–105.
- Popriadukhin, V., Popova, I., Kosulina, N., Cherenkov, A., Chorna, M. (2017). Analysis of the electromagnetic field of multilayered biological objects for their irradiation in a waveguide system. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (5 (90)), 58–65. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.118159>
- Konstantinov, I. S., Mamatov, A. V., Sapryka, V. A., Sapryka, A. V., Kosulina, N. G. (2015). Theoretical analysis of electromagnetic field electric tension distribution in the seeds of cereals. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, 6 (6), 1686–1694.
- Olenyuk, A. A. (2013). Calculation of EMF resonance frequency for presowing processing of sugar beet seeds. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (9 (61)), 13–16. Available at: <http://journals.uran.ua/eejet/article/view/9494>
- Olenyuk, A. A. (2012). Opredelenie rezonansnoy chastoty EMP dlya vozdeystviya na semena sfericheskoy formy. *Visnyk natsionalnoho tekhnichnoho univ ersytetu «KhPI»*, 66 (972), 173–177.
- Cherenkov, A. D., Kosulina, N. G., Sereda, A. I. (2004). Analiz rozpodilu elektromagnitnoho polia formovanoho antenyamy prystroiamy dlia vplyvu na biolohichni obiekty. *Visnyk Kharkivskoho derzhavnogo tekhnichnoho univ ersytetu silskoho hospodarstva*, 27 (1), 238–245.
- Josefson, L., Rengarajan, S. (Eds.) (2018). *Slotted waveguide array antennas: theory, analysis and design*. The Institution of Engineering and Technology, 400.
- Yang, F., Rahmat-Samii, Y. (2008). Surface wave antennas. *Electromagnetic Band Gap Structures in Antenna Engineering*, 203–237. doi: <https://doi.org/10.1017/cbo9780511754531.008>
- Kobayashi, H. (2020). Horn Antenna. *Analyzing the Physics of Radio Telescopes and Radio Astronomy*, 144–177. doi: <https://doi.org/10.4018/978-1-7998-2381-0.ch008>
- Kosulina, N. G., Korshunov, K. S. (2021). Calculation of a specialized antenna for biological research. *Engineering of nature management*, 22, 99–103. Available at: <https://repo.btu.kharkov.ua/bitstream/123456789/1211/1/16.pdf>
- Volakis, J. L. (2019). *Antenna engineering handbook*. McGraw Hill, 1424.
- Waterhouse, R. B. (2005). *Traveling Wave Antennas*. *Encyclopedia of RF and Microwave Engineering*. doi: <https://doi.org/10.1002/0471654507.eme466>
- Chand, R. K., Raghavendra, M. V., Sathyavathi, K. (2013). Radiation Analysis and Design of Pyramidal Horn Antenna. *International Journal Of Engineering Research & Technology (IJERT)*, 2 (10). Available at: <https://www.ijert.org/research/radiation-analysis-and-design-of-pyramidal-horn-antenna-IJERTV2IS100033.pdf>
- Hirokawa, J., Zhang, M. (2015). *Waveguide Slot Array Antennas*. *Handbook of Antenna Technologies*, 1–21. doi: https://doi.org/10.1007/978-981-4560-75-7_51-1

33. Balanis, C. A. (2016). *Antenna Theory: Analysis and Design*. Hoboken. John Wiley and Sons, 1104.
34. Kildal, P.-S. (2015). *Foundations of antenna engineering: a unified approach for line-of-sight and multipath*. Artech.
35. Olver, A. D. (1992). *Microwave and Optical Transmission*. Wiley, 400.
36. Kong, J. A. (1994). *Electromagnetic Wave Theory*. Wiley.
37. Towne, D. H. (1998). *Wave Phenomena*. Dover Publications.
38. Elmore, W. C., Heald, M. A. (1995). *Physics of Waves*. Dover Publications.
39. Wiegelhofer, W. S., Lakhtakia, A. (Eds.) (2003). *Introduction to Complex Mediums for Optics and Electromagnetics*. SPIE. doi: <https://doi.org/10.1117/3.504610>
40. Yanke, E. (1994). *Spetsial'nye funktsii (Formuly, grafiki, tablitsy)*. Kyiv: Naukova dumka, 344.
41. Dass, H. K. (2007). *Advanced Engineering Mathematics*. S Chand & Co Ltd, 1136.
42. Godon Webster, A. (2016). *Partial Differential Equations of Mathematical Physics*. Dover Publications, 464.
43. Riley, K. F., Hobson, M., P. Bence, S. J. (2012). *Mathematical Methods for Physics and Engineering*. Cambridge University Press, 1333. doi: <https://doi.org/10.1017/cbo9781139164979>
44. Freeden, W., Gutting, M. (2013). *Special Functions of Mathematical (Geo-)Physics*. Springer, 501. doi: <https://doi.org/10.1007/978-3-0348-0563-6>
45. Kalinin, L. H., Moiseev, V. F., Malinovskyi, V. V. (2006). Pat. No. 19550 UA. Microwave device for presowing seed treatment. No. u200607446; declared: 04.07.2006; published: 15.12.2006. Available at: <https://uapatents.com/2-19550-mikrokhvilovijj-pristrijj-peredposivno-obrobki-nasinnya.html>
46. Dziuba, V. P., Kalinin, L. H., Tuchnyi, V. P., Tokovenko, O. M. (2003). Pat. No. 53954 UA. Microwave device for presowing seed treatment. No. 2002032451; declared: 28.03.2002; published: 17.02.2003. Available at: <https://uapatents.com/2-53954-mikrokhvilovijj-pristrijj-doposivno-obrobki-nasinnya.html>
47. Sydoruk, Y. K. (2011). Pat. No. 65629 UA. Microwave device for presowing seed treatment, drying grain and other loose materials. No. u201106351; declared: 20.05.2011; published: 12.12.2011. Available at: <https://uapatents.com/4-65629-mikrokhvilovijj-pristrijj-dlya-peredposivno-obrobki-nasinnya-sushinnya-zerna-ta-inshikh-sipuchikh-materialiv.html>

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.274699

IMPROVEMENT OF CLEANING PARAMETERS OF PIPELINE ELEMENTS BASED ON SIMULATION OF MOVEMENT OF SOLID MAGNETITE PARTICLES IN ELECTRICALLY CONDUCTIVE LIQUID (p. 38–46)

Andrii Rogovyi

National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute”,
Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6057-4845>

Natalia Chernetska-Biletska

Volodymyr Dahl East Ukrainian National University,
Severodonetsk, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7782-4003>

Mariia Miroshnykova

Volodymyr Dahl East Ukrainian National University,
Severodonetsk, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8370-6724>

Ihor Baranov

Volodymyr Dahl East Ukrainian National University,
Severodonetsk, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1551-0973>

Yevhen Polupan

Volodymyr Dahl East Ukrainian National University,
Severodonetsk, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3594-1858>

The unique properties of liquids that can interact with electric and magnetic fields are used in mechanical engineering, technology and medicine. The possibility of the influence of the magnetic field on the solid particles of the liquid in the pipeline allows cleaning of the solid walls of the pipeline, which is the object of the study. Magnetic liquids are solutions of ferromagnets in a liquid, and their physical properties in a magnetic field cause structural transformations in such liquids.

The treatment of electrically conductive liquids in a magnetic field and their use for cleaning water from oil or oil residues are considered. On the basis of numerical modeling, the movement of solid particles of magnetite, which is part of an electrically conductive liquid, was investigated by jointly solving the equations of Reynolds, Maxwell, non-discontinuity and the turbulence model. The physical phenomena of the movement of solid particles of magnetite-based conductive liquid in various elements of the pipeline were determined, which improved the parameters of cleaning liquids contaminated with oil and oil. The magnetic particles of the electrically conductive liquid quite nicely fill the boundaries of the intersection if there is a flow reversal, as it happens in radiators. An increase in the intensity of the magnetic field leads to a change in the velocity profile of the conductive liquid, which prevents magnetite particles from penetrating close to the wall. An increase in the power of the magnetic field makes it possible to detach the contamination from the walls of the pipeline together with the solid particle of magnetite. A 73 % increase in wear in certain sections of the pipeline is due to the effect of the centrifugal force acting on the particle during rotation.

The sudden expansion of the flow makes it difficult for particles to reach the pipe surfaces, which worsens the cleaning conditions. The number of particles on the surface is 82 % less compared to the absence of sudden expansion.

Keywords: conductive liquid, magnetic field, purification of liquids, numerical calculation, local resistances.

References

1. Frank, M., Barleon, L., Müller, U. (2001). Visual analysis of two-dimensional magnetohydrodynamics. *Physics of Fluids*, 13 (8), 2287–2295. doi: <https://doi.org/10.1063/1.1383785>
2. Kim, S. (2021). Hydrodynamics of Anisotropic Liquid Crystals in an Applied Magnetic Field. *SIAM Journal on Mathematical Analysis*, 53 (3), 3123–3157. doi: <https://doi.org/10.1137/19m1310062>
3. Khan, M. A., Kosel, J. (2021). Integrated Magnetohydrodynamic Pump with Magnetic Composite Substrate and Laser-Induced Graphene Electrodes. *Polymers*, 13 (7), 1113. doi: <https://doi.org/10.3390/polym13071113>
4. West, D., Taylor, J. A., Krupenkin, T. (2020). Alternating current liquid metal vortex magnetohydrodynamic generator. *Energy Conversion and Management*, 223, 113223. doi: <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2020.113223>
5. Lu, P., Fang, R., Ye, Q., Huang, H. (2020). Numerical Research on the Flow Fields in the Power Generation Channel of a Liquid Metal Magnetohydrodynamic System. *ACS Omega*, 5 (48), 31164–31170. doi: <https://doi.org/10.1021/acsomega.0c04379>
6. Ko, S., Kim, E. S., Park, S., Daigle, H., Milner, T. E., Huh, C. et al. (2017). RETRACTED ARTICLE: Amine functionalized magnetic nanoparticles for removal of oil droplets from produced water and accelerated magnetic separation. *Journal of Nanoparticle Research*, 19 (4). doi: <https://doi.org/10.1007/s11051-017-3826-6>
7. Ko, S., Kim, E. S., Park, S., Daigle, H., Milner, T. E., Huh, C. et al. (2016). Oil Droplet Removal from Produced Water Using Nanoparticles and Their Magnetic Separation. *SPE Annual Technical Conference and Exhibition*. doi: <https://doi.org/10.2118/181893-ms>

8. Hartmann, J., Lazarus, F. (1937). Hg-dynamics II. Experimental investigations on the flow of mercury in a homogeneous magnetic field. København. Available at: <http://gymarkiv.sdu.dk/MFM/kdvs/mfm%2010-19/mfm-15-7.pdf>
9. Alfvén, H. (1958). Magnetohydrodynamics and the thermonuclear problem. Proceedings of the Second Nations International Conference. Available at: http://www-naweb.iaea.org/napc/physics/2ndgenconf/data/Proceedings%201958/papers%20Vol31/Paper01_Vol31.pdf
10. Davidson, P. A. (1999). Magnetohydrodynamics in materials processing. *Annual Review of Fluid Mechanics*, 31 (1), 273–300. doi: <https://doi.org/10.1146/annurev.fluid.31.1.273>
11. Narasimha, R., Sreenivasan, K. R. (1979). Relaminarization of Fluid Flows. *Advances in Applied Mechanics*, 221–309. doi: [https://doi.org/10.1016/s0065-2156\(08\)70311-9](https://doi.org/10.1016/s0065-2156(08)70311-9)
12. Rogovyi, A., Neskorozenyi, A., Krasnikov, S., Tynyanova, I., Khovanskyi, S. (2022). Improvement of Vortex Chamber Supercharger Performances Using Slotted Rectangular Channel. *Advanced Manufacturing Processes IV*, 552–561. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-031-16651-8_52
13. Azimi, N., Rahimi, M., Zangenehmehr, P. (2021). Numerical Study of Mixing and Mass Transfer in a Micromixer by Stimulation of Magnetic Nanoparticles in a Magnetic Field. *Chemical Engineering & Technology*, 44 (6), 1084–1093. doi: <https://doi.org/10.1002/ceat.202000030>
14. Andrenko, P., Rogovyi, A., Hrechka, I., Khovanskyi, S., Svyarenko, M. (2021). The Influence of the Gas Content in the Working Fluid on Parameters of the the Hydraulic Motor's Axial Piston. *Advances in Design, Simulation and Manufacturing IV*, 97–106. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-77823-1_10
15. Chernetskaya-Beletskaya, N., Rogovyi, A., Shvornikova, A., Baranov, I., Miroschnikova, M., Bragin, N. (2018). Study on the Coal-Water Fuel Pipeline Transportation Taking Into Account the Granulometric Composition Parameters. *International Journal of Engineering & Technology*, 7 (4.3), 240. doi: <https://doi.org/10.14419/ijet.v7i4.3.19794>
16. Widlund, O. (2000). Implementation of MHD model equations in CFX 4.3. Stockholm. Available at: http://ola.widlund.free.fr/doc/TRITA_CFX.pdf
17. Chernetskaya-Beletskaya, N., Rogovyi, A., Miroschnikova, M., Shtykov, A. (2021). Verification of electrically conductive fluid flow calculation in circular pipes. *Collected Scientific Works of Ukrainian State University of Railway Transport*, 196, 87–98. doi: <https://doi.org/10.18664/1994-7852.196.2021.242076>
18. Ahangar Zonouzi, S., Khodabandeh, R., Safarzadeh, H., Aminfar, H., Trushkina, Y., Mohammadpourfard, M. et al. (2018). Experimental investigation of the flow and heat transfer of magnetic nanofluid in a vertical tube in the presence of magnetic quadrupole field. *Experimental Thermal and Fluid Science*, 91, 155–165. doi: <https://doi.org/10.1016/j.expthermflusc.2017.10.013>
19. Andrenko, P., Rogovyi, A., Hrechka, I., Khovanskyi, S., Svyarenko, M. (2021). Characteristics improvement of labyrinth screw pump using design modification in screw. *Journal of Physics: Conference Series*, 1741 (1), 012024. doi: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1741/1/012024>
20. Pianykh, A. A., Arkhipov, G. V., Tretyakov, Ya. A. (2020). Mathematical Model of Magnetic Hydrodynamics and Heat Transfer in an Aluminum Reduction Cell. *Russian Journal of Non-Ferrous Metals*, 61 (1), 65–73. doi: <https://doi.org/10.3103/s1067821220010125>
21. Rogovyi, A., Korohodskiy, V., Khovanskyi, S., Hrechka, I., Medvediev, Y. (2021). Optimal design of vortex chamber pump. *Journal of Physics: Conference Series*, 1741 (1), 012018. doi: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1741/1/012018>
22. Luo, Y., Fan, X., Kim, C. N. (2021). MHD flows in a U-channel under the influence of the spatially different channel-wall electric conductivity and of the magnetic field orientation. *Journal of Mechanical Science and Technology*, 35 (10), 4477–4487. doi: <https://doi.org/10.1007/s12206-021-0918-0>
23. Sommerfeld, M., Sgrott, O. L., Taborda, M. A., Koullapis, P., Bauer, K., Kassinos, S. (2021). Analysis of flow field and turbulence predictions in a lung model applying RANS and implications for particle deposition. *European Journal of Pharmaceutical Sciences*, 166, 105959. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ejps.2021.105959>
24. Ansys CFX. Available at: <https://www.ansys.com/products/fluids/ansys-cfx>
25. Rogovyi, A., Korohodskiy, V., Neskorozenyi, A., Hrechka, I., Khovanskyi, S. (2022). Reduction of Granular Material Losses in a Vortex Chamber Supercharger Drainage Channel. *Advances in Design, Simulation and Manufacturing V*, 218–226. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-031-06044-1_21
26. Appadurai, A., Raghavan, V. (2019). Numerical investigations on particle separation in dynamic separators. *International Journal of Numerical Methods for Heat & Fluid Flow*, 30 (4), 1677–1688. doi: <https://doi.org/10.1108/hff-10-2018-0567>
27. Su, W., Shi, X., Wu, Y., Gao, J., Lan, X. (2020). Simulation on the effect of particle on flow hydrodynamics in a slurry bed. *Powder Technology*, 361, 1006–1020. doi: <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2019.10.096>
28. Hutchings, I. M. (1979). Mechanical and metallurgical aspects of the erosion of metals. *Proceedings of the International Conference on Corrosion-Erosion of Coal Conversion System Materials*. National Association of Corrosion Engineers, 393–428.
29. Dosanjh, S., Humphrey, J. A. C. (1985). The influence of turbulence on erosion by a particle-laden fluid jet. *Wear*, 102 (4), 309–330. doi: [https://doi.org/10.1016/0043-1648\(85\)90175-9](https://doi.org/10.1016/0043-1648(85)90175-9)
30. Rogovyi, A., Khovanskyi, S., Hrechka, I., Pitel, J. (2019). The Wall Erosion in a Vortex Chamber Supercharger Due to Pumping Abrasive Mediums. *Advances in Design, Simulation and Manufacturing II*, 682–691. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-22365-6_68
31. Voloshina, A., Panchenko, A., Titova, O., Panchenko, I. (2021). Changes in the dynamics of the output characteristics of mechatronic systems with planetary hydraulic motors. *Journal of Physics: Conference Series*, 1741 (1), 012045. doi: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1741/1/012045>
32. Andrenko, P., Hrechka, I., Khovanskyi, S., Rogovyi, A., Svyarenko, M. (2021). Improving the Technical Level of Hydraulic Machines, Hydraulic Units and Hydraulic Devices using a Definitive Assessment Criterion at the Design Stage. *Journal of Mechanical Engineering*, 18 (3), 57–76. doi: <https://doi.org/10.24191/jmeche.v18i3.15414>
33. Syomin, D., Rogovyi, A. (2012). Features of a Working Process and Characteristics of Irrotational Centrifugal Pumps. *Procedia Engineering*, 39, 231–237. doi: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.07.029>
34. Sokolov, V., Porkuian, O., Krol, O., Stepanova, O. (2021). Design Calculation of Automatic Rotary Motion Electrohydraulic Drive for Technological Equipment. *Advances in Design, Simulation and Manufacturing IV*, 133–142. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-77719-7_14
35. Panchenko, A., Voloshina, A., Luzan, P., Panchenko, I., Volkov, S. (2021). Kinematics of motion of rotors of an orbital hydraulic machine. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1021 (1), 012045. doi: <https://doi.org/10.1088/1757-899x/1021/1/012045>
36. Takeuchi, J., Satake, S., Morley, N. B., Kunugi, T., Yokomine, T., Abdou, M. A. (2008). Experimental study of MHD effects on turbulent flow of Flibe simulant fluid in circular pipe. *Fusion Engineering and Design*, 83 (7-9), 1082–1086. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fusengdes.2008.08.050>

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.274686

ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ СТАБІЛІЗАЦІЇ ЕЛЕКТРОФІЗИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СЕНСОРНИХ КОНСТРУКЦІЙ ПРИ РОЗРОБЦІ ТА ВИРОБНИЦТВІ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ (с. 6–16)

Assem Kabdoldina, Zhomart Ualiyev, Sayat Ibrayev, Nutpulla Jamalov, Arman Ibraeva, Yerkebulan Tuleshov, Azhar Analieva, Dinara Arinova, Askar Khikmetov, Bolat Uaissov

Об'єктом дослідження є конструкція, технологія виготовлення та методи стабілізації електрофізичних характеристик вимірювальних перетворювачів. Завданням, що вирішується в дослідженнях, є створення методів і конструкторсько-технологічних рішень для забезпечення стійкості, що використовуються при розробці та виготовленні вимірювальних перетворювачів. В результаті проведених досліджень розроблено конструкції та технології виготовлення та стабілізації електрофізичних характеристик вимірювальних перетворювачів. Особливості розроблених конструкцій вимірювальних перетворювачів підвищено в порівнянні з відомими стабільністю в часі з основною похибкою не більше 0,1 %/рік. Технології стабілізації параметрів вимірювальних перетворювачів, на відміну від відомих, відрізняються своєю універсальністю, оскільки більшість пружних елементів, що сприймають механічні величини, це мембрани та балки, на які легко наносяться термокомпенсуючі плівки. Стабілізація параметрів всього вимірювального перетворювача, на відміну від відомих, здійснюється після зняття внутрішніх механічних напружень кожного елемента і частини вимірювального перетворювача шляхом комплексного використання струмових і вібродинамічних навантажень. Таким чином, використання комплексної компенсації обумовлено застосуванням нового методу компенсації внутрішніх механічних напружень у конструкції, заснованого на застосуванні багатопшарових плівкових композицій, сформованих на чутливих елементах, з наступною термо- та вібраційною стабілізацією вимірювальних перетворювачів. Крім того, зниження похибки вимірювання та підвищення часової та параметричної стабільності вимірювальних перетворювачів досягається за рахунок використання спеціалізованих режимів термообробки, тренування резонансної вібрації та струмових навантажень. При розробці конструкцій і методів стабілізації використовувалися раніше розроблені інженерні математичні моделі, у тому числі конструктивні, інформаційні, розмірні, технологічні та схемотехнічні. У той же час, в залежності від прийнятого дизайну і використовуваної технології, інженерні моделі були модифіковані шляхом включення відомих коефіцієнтів і залежностей. Такий метод значно здешевив і трудомісткість розробки.

Ключові слова: фізична модель, метод стабілізації, термічна підготовка, поліплівкова компенсація, ударні цикли, тимчасова стійкість.

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.273299

КОМП'ЮТЕРНИЙ АНАЛІЗ БАГАТОКРАТНИХ ВИМІРЮВАНЬ ПРИ КВАДРАТИЧНІЙ ФУНКЦІЇ ПЕРЕТВОРЕННЯ СЕНСОРА (с. 17–25)

В. Ю. Щербань, Г. О. Корогод, Н. В. Чупринка, О. З. Колиско, Ю. Ю. Щербань, Г. В. Щуцька

Об'єктом дослідження є багатократні вимірювання. Дослідження спрямовані на підвищення точності багатократних вимірювань при нелінійній і нестабільній функції перетворення сенсора. Доведено, що завдяки рівнянню надлишкових вимірювань забезпечується незалежність результату вимірювань від параметрів функції перетворення та їх відхилень від номінальних значень. Встановлено, що на результат надлишкових вимірювань мають вплив похибки відтворення нормованих за значенням температур T_1 та T_2 . Показано, що найкращі результати по точності отримують при похибці відтворення нормованої за значенням температури T_2 в межах $\pm 1,0$ %, а температури T_1 в межах $\pm 0,1$ %. Завдяки цьому стає можливим знизити вимоги по точності до джерела відтворення нормованої за значенням температури T_2 .

Представлена можливість обробки результатів багатократних вимірювань за двома підходами. Проведеним комп'ютерним моделюванням за першим підходом встановлено, що при похибці відтворення нормованої за значенням температури T_2 в межах $\pm 0,5$ % відносна похибка вимірювання становитиме 0,003 %. При моделюванні другого підходу відносна похибка буде складати 0,05 %. З'ясовано також, що при збільшенні похибки відтворення нормованої за значенням температури T_2 до $\pm 1,0$ % значення відносної похибки становитиме 0,04 %. Завдяки цьому при застосуванні другого підходу стає можливим обирати невисокоточне джерело відтворення нормованої за значенням температури T_2 . Крім того, встановлено чутливість другого підходу до розрядності вимірювальних пристроїв, що призводить до залежності результату вимірювання від їх точності.

Є підстави стверджувати про можливість підвищення точності багатократних вимірювань за рахунок обробки результатів проміжних вимірювань за рівняннями надлишкових вимірювань за двома підходами.

Ключові слова: надлишковість, багатократні вимірювання, квадратична функція перетворення, параметри функції, підвищення точності.

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.273972

ФОРМУВАННЯ ЕЛІПТИЧНОЇ ДІАГРАМИ СПРЯМОВАНОСТІ СЕКТОРІАЛЬНОЇ РУПОРНОЇ АНТЕНИ ДЛЯ ПОТОКОВОГО ОПРОМІНЕННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИМ ПОЛЕМ НАСІННЯ ЦУКРОВОГО БУРЯКА (с. 26–37)

Н. Г. Косуліна, М. С. Сорокін, Ю. М. Хандола, С. В. Косулін, К. С. Коршунов

Об'єктом дослідження є процес формування еліптичної діаграми спрямованості Н-секторіальної рупорної антени для потокового опромінення електромагнітним полем насіння.

Представлено випромінювач електромагнітної енергії, як одим із основних елементів установок для опромінення насіння електромагнітним полем перед посівом. Дослідження його параметрів проведено з урахуванням значень біотропних параметрів низькоенергетичного електромагнітного поля за умов потокового обробітку.

Наведено дослідження параметрів Н-секторіального рупорного випромінювача для опромінення низькоенергетичним електромагнітним полем насіння цукрового буряку з частотою 73...75 ГГц в безперервному потоці. Так, слід використовувати Н-секторіальний рупорний випромінювач з параметрами: ширина розкриву $a_p=20$ мм; довжина рупору $R_H=35$ мм; $b=1,8$ мм. Визначено, що для опромінення насіння цукрового буряку на площині транспортера щільністю потоку потужності $P=100$ мкВт/см² необхідно над транспортером на висоті 1200 мм розташувати два рупора на відстані один від одного 2540 мм. Перевірено, що обробка насіння цукрового буряку електромагнітним випромінюванням в безперервному потоці з продуктивністю 300 кг/год можлива з потужністю до 2 Вт, що підведена до двох рупорних антен, швидкість руху транспортеру 15 см/с.

Дослідження параметрів секторіального рупору для еліптичної діаграми спрямованості проводилось розподілом основного завдання на внутрішнє та зовнішнє.

За результатами досліджень можливе створення бази з пресетів геометричних розмірів для налаштування установок під різні типи насіння, бажаної продуктивності, конструкційних особливостей установок, наявних випромінювачів.

Ключові слова: низькоенергетичне електромагнітне випромінювання, випромінювач електромагнітного поля, рупорна антена, Н-секторіальна антена, діаграма спрямованості, насіння цукрового буряку, передпосівна обробка.

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.274699

ПОКРАЩЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ОЧИЩЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ТРУБОПРОВОДУ НА ОСНОВІ МОДЕЛЮВАННЯ РУХУ ТВЕРДИХ ЧАСТИНОК МАГНЕТИТУ В ЕЛЕКТРОПРОВІДНІЙ РІДИНІ (с. 38–46)

А. С. Роговий, Н. Б. Чернецька-Білецька, М. В. Мірошникова, І. О. Баранов, Є. В. Полупан

Унікальні властивості рідин, що можуть взаємодіяти з електричними та магнітними полями використовують у машинобудуванні, техніці та медицині. Можливість впливу магнітного поля на тверді частинки рідини у трубопроводі дозволяє проводити очищення твердих стінок трубопроводу, що є об'єктом дослідження. Магнітні рідини представляють собою розчини феромагнетиків у рідині й їх фізичні властивості у магнітному полі викликають структурні перетворення у таких рідинах.

Розглянуто поведінку електропровідних рідин у магнітному полі та використання їх для очищення води від залишків нафти або олії. На основі числового моделювання шляхом сумісного вирішення рівнянь Рейнольдса, Максвелла, нерозривності та моделі турбулентності досліджено рух твердих частинок магнетиту, що входить до складу електропровідної рідини. Визначено фізичні явища руху твердих частинок електропровідної рідини на основі магнетиту в різних елементах трубопроводу, що покращило параметри очищення забруднених нафтою та олією рідин. Магнітні частинки електропровідної рідини досить гарно заповнюють границі перетину, якщо є поворот потоку, як це відбувається у радіаторах. Збільшення інтенсивності магнітного поля приводить до зміни епюри швидкості електропровідної рідини, що заважає частинкам магнетиту проникнути близько до стінки. Збільшення потужності магнітного поля дозволяє відірвати забруднення від стінок трубопроводу разом з твердою частинкою магнетиту. Збільшення зношування в окремих ділянках трубопроводу на 73 % пов'язане з впливом відцентрової сили, що діє на частинку під час повороту.

Раптове розширення потоку ускладнює умови потрапляння частинок до поверхонь труби, що погіршує умови очищення. Кількість частинок на поверхні менше на 82 % у порівнянні з відсутністю раптового розширення.

Ключові слова: електропровідна рідина, магнітне поле, очищення рідин, числовий розрахунок, місцеві опори.