



MECHANICS

DOI: 10.15587/2706-5448.2023.293498

CONSIDERATION OF THE PROBLEM OF MOTION CUEING ALONG ANGULAR DEGREES OF FREEDOM ON FLIGHT SIMULATORS

pages 6–12

Volodymyr Kabanyachyi, Doctor of Technical Sciences, Department of Aircraft and Rocket Engineering, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0170-3923>

Beycan Ibrahimoglu, Postgraduate Student, Department of Aircraft and Rocket Engineering, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine, e-mail: beycanibrahimoglu@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-1368-0498>

The object of research is motion cueing along angular degrees of freedom on flight simulators of non-maneuvering aircraft. One of the most problematic places is lack of statement and effective solution of the problem to ensure high-quality motion cues along angular degrees of freedom on flight simulators, which would correspond to motion cues along angular degrees of freedom in real flight with the same control actions. In the course of the research, on the basis of the peculiarities of human movement perception, a set of characteristic attributes of perception of motion cues is determined: character, direction, duration, intensity and time of motion perception (according to Gibson's perception theory). Based on the system approach principles, the mathematical formulation of the solution to the problem of motion cueing along angular degrees of freedom on flight simulators of non-maneuvering aircraft is used. Such approach made it possible, taking into account the existing constructive resource of flight simulator motion system, to bring as close as possible motion cueing along angular degrees of freedom on flight simulators of non-maneuvering aircraft to motion cues along angular degrees of freedom in real flight with the same control actions. Due to this the character and direction of motion cues fully correspond to the real motion cues, the difference between the perception time of motion cues on airplane and simulator is minimal and meets the current requirements. The duration and intensity of the motion cue perception on simulator are proportional duration and intensity of motion cue perception on airplane.

Such approach significantly improves the quality of training and retraining of pilots on flight simulators. Implementation of the developed problem formulation on aircraft simulators, in particular on An-74TK-200, showed its high efficiency. In the future, the proposed approach can be used on flight simulators of aircraft developed in Ukraine and modernization of operated flight simulators.

Keywords: flight simulator, motion system, motion cueing, character, direction, duration, intensity and time of motion perception.

References

1. *Predvaritelnaia otsenka vlianiia podevzhnosti aviatsionnogo protsess pilotirovaniia i analiz sposobov upravleniia dvizheniem otseka* (1970). Otchet NII/TcAGI, No. GR 015110-1, inv. No. 655. Moscow, 34.
2. Aleksandrov, V. V., Sadovnichii, V. A., Chugunov, O. D. (1986). *Matematicheskie problemy dinamicheskogo modelirovaniia poleta*. Moscow: MGU, 181.
3. Bussolari, S., Young, L., Lee, A. (1989). The use of vestibular models for design and evaluation of flight simulator motion. *Flight Simulation Technologies Conference and Exhibit*. Washington, 86–93. doi: <https://doi.org/10.2514/6.1989-3274>
4. Hall, J. R. (1989). *The Need for Platform Motion in Modern Piloted Flight Training Simulators*. Tech Memo FM 35. Royal Aerospace Establishment. Bedford, 16.
5. Heintzman, R. J. (1996). *Determination of Force Cueing Requirements for Tactical Combat Flight Training Devices*. SIMTEC, Inc., ASC-TR-97-5001, 153.
6. 14 CFR Part 60 (2016). NSP Consolidated Version, 639.
7. Davison, P. J. (2018). *Motion in Flight Simulators – A story of Evolution. Suite D, 6/F*. Ho Lee Commercial Building, 17.
8. Chesebrough, D. (2000). *The Link Flight Trainer*. Binghamton, 12.
9. Bürki-Cohen, J., Go, T. H. (2005). The Effect of Simulator Motion Cues on Initial Training of Airline Pilots. *AIAA Modeling and Simulation Technologies Conference*. AIAA-2005-6109. doi: <https://doi.org/10.2514/6.2005-6109>
10. Longbridge, T., Burki-Cohen, J., Go, T. (2001). Flight Simulator Fidelity Considerations for Total Airline Training and Evaluation. *AIAA Modeling and Simulation Technologies Conference*. AIAA-2001-4425. doi: <https://doi.org/10.2514/6.2001-4425>
11. White, A. D. (1994). *The Impact of Cue Fidelity on Pilot Behavior and Performance*. FDS Dept., Defence Research Agency. Bedford.

MECHANICAL ENGINEERING TECHNOLOGY

DOI: 10.15587/2706-5448.2023.293642

ESTABLISHING THERMAL BALANCE DURING THE COOLING SYSTEM IMPROVEMENT OF AN AIR-COOLED ENGINE

pages 13–20

Abdessalem Mekroud, PhD, Institute of Applied Sciences and Techniques, Mentouri Brothers University Constantine, Constantine, Algeria, ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-3979-6574>

Lyas Bidi, PhD, Institute of Applied Sciences and Techniques, Mentouri Brothers University Constantine, Constantine, Algeria, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0621-1274>

Salim Boukebbab, Professor, Department of Transport Engineering, Laboratory of Transports and Environment Engineering, Mentouri Brothers University Constantine, Constantine, Algeria, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8997-989X>

Mohamed Salah Boulahlib, Professor, Department of Transport Engineering, Laboratory of Transports and Environment Engineering, Mentouri Brothers University Constantine, Constantine, Algeria, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3590-6745>

Rachid Chaib, Professor, Department of Transport Engineering, Laboratory of Transports and Environment Engineering, Mentouri Brothers University Constantine, Constantine, Algeria, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8680-1906>, e-mail: r3chaib@yahoo.fr

The object of research is the air-cooling system, for F4L912 direct injection diesel engine (mounted on the bench), manufactured by the Motor Enterprise (EMO). It is a naturally aspirated inline 4-cylinder engine. Maximum engine power is 49 kW obtained at maximum speed rotation of 2300 rpm. Air cooling is a critical aspect of engine performance, and studying it experimentally can provide

valuable insights into the engine's thermal behaviour and efficiency. One of the most problematic places is the high local temperature of the 4th cylinders sleeves. An innovative improvement of the cooling system is proposed. It is based on increasing the cooling air flow. It consists in the installation of new driving pulleys of the blowing turbine with different diameters. The use of these new pulleys allowed moderating the wall temperature of the liner and the cylinder head of the 4th cylinder and the thermal rebalancing of the engine. Significant improvements have been noted in cylinder wall temperature, exhaust gas temperature, and lubricating oil temperature. Drawing up the heat balance enabled us to quantify the useful work, the heat lost in the cooling water, the heat lost through the exhaust gases, the heat carried away by the lubricating oil and other losses (losses not accounted for). It is clear from the results that the high temperature in the engine has indeed been reduced and the cooling performance of the whole engine has been improved. The results show that the increase in airflow produced an improvement in cooling conditions as well as a reduction in exhaust gas temperatures which will have a significant impact on reducing NOx emissions. In future work, it is planned to improve the cooling system of the Emo F4L912 engine, by studying the effects of the geometry, number, and inclination of the turbine blades on the air flow supplied.

Keywords: diesel engine, F4L912, air cooling, piston seizure, airflow, hot climate.

References

- Lawrence, N., Kortekaas, H. Y. P. (2001). DECSIM – A PC-based Diesel Engine Cycle and cooling system simulation program. *Mathematical and Computer Modelling*, 33 (6-7), 565–575. doi: [https://doi.org/10.1016/s0895-7177\(00\)00262-4](https://doi.org/10.1016/s0895-7177(00)00262-4)
- Kajiwara, H., Fujioka, Y., Suzuki, T., Negishi, H. (2002). An analytical approach for prediction of piston temperature distribution in diesel engines. *JSAE Review*, 23 (4), 429–434. doi: [https://doi.org/10.1016/s0389-4304\(02\)00234-5](https://doi.org/10.1016/s0389-4304(02)00234-5)
- Yoshida, M., Ishihara, S., Murakami, Y., Nakashima, K., Yamamoto, M. (2006). Optimum Fin Layout of Air-Cooled Engine Cylinder in AirStream. *SAE Transactions, Journal of Passenger Cars- Mechanical Systems*, 1141–1149. doi: <https://doi.org/10.4271/2006-01-1229>
- Brusiani, F., Falfari, S., Forte, C., Cazzoli, G., Verziagi, P., Ferrari, M., Catanese, D. (2015). Definition of a CFD Methodology to Evaluate the Cylinder Temperature Distribution in Two-Stroke Air Cooled Engines. *Energy Procedia*, 81, 765–774. doi: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.12.082>
- Trujillo, E. C., Jiménez-Espadafor, F. J., Villanueva, J. A. B., García, M. T. (2011). Methodology for the estimation of cylinder inner surface temperature in an air-cooled engine. *Applied Thermal Engineering*, 31 (8-9), 1474–1481. doi: <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2011.01.025>
- Dasore, A., Rajak, U., Konijeti, R., Balijepalli, R., Rao, K. P., Ganteda, C. K., Verma, T. N. (2022). Comparative numerical investigation of rectangular and elliptical fins for air cooled IC engines. *Materials Today: Proceedings*, 49, 481–485. doi: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.02.739>
- Mueller, A. C., Chiou, J. P. (1988). Review of various Types of Flow Maldistribution in Heat Exchangers. *Heat Transfer Engineering*, 9 (2), 36–50. doi: <https://doi.org/10.1080/01457638808939664>
- Ranganayakulu, Ch., Seetharamu, K. N. (1999). The combined effects of longitudinal heat conduction, flow nonuniformity and temperature nonuniformity in crossflow plate-fin heat exchangers. *International Communications in Heat and Mass Transfer*, 26 (5), 669–678. doi: [https://doi.org/10.1016/s0735-1933\(99\)00053-6](https://doi.org/10.1016/s0735-1933(99)00053-6)
- Sachar, S., Parvez, Y., Khurana, T., Chaubey, H. (2023). Heat transfer enhancement of the air-cooled engine fins through geometrical and material analysis: A review. *Materials Today: Proceedings*. doi: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.03.447>
- Ajav, E. A., Singh, B., Bhattacharya, T. K. (2000). Thermal balance of a single cylinder diesel engine operating on alternative fuels. *Energy Conversion and Management*, 41 (14), 1533–1541. doi: [https://doi.org/10.1016/s0196-8904\(99\)00175-2](https://doi.org/10.1016/s0196-8904(99)00175-2)
- Rakopoulos, C. D., Mavropoulos, G. C. (2000). Experimental instantaneous heat fluxes in the cylinder head and exhaust manifold of an air-cooled diesel engine. *Energy Conversion and Management*, 41 (12), 1265–1281. doi: [https://doi.org/10.1016/s0196-8904\(99\)00179-x](https://doi.org/10.1016/s0196-8904(99)00179-x)
- Boulahlib, M. S., Boukebbab, S., Gaci, F., Kholai, O. (2009). *Experimental Study of Energy Balance for Air-Cooled DI Diesel Engines Operating in Hot Climates*. SAE Technical Paper Series. doi: <https://doi.org/10.4271/2009-01-1974>
- Tang, G. Z., Du, B. C., Deng, T. (2017). Improvement of the air-cooled system on an engine cylinder head and its analysis. *Advances in Mechanical Engineering*, 9 (6). doi: <https://doi.org/10.1177/1687814017704358>
- Biermann, A. E., Pinkel, B. (1934). *Heat transfer from finned metal cylinders in an air stream*. Rep No 4-88, 251–70. Washington, 22.
- Gokhale, A., Karthikeyan, N. (2012). Optimization of Engine Cooling Through Conjugate Heat Transfer Simulation and Analysis of Fins. *SAE Technical Paper Series*, 4 (4). doi: <https://doi.org/10.4271/2012-32-0054>
- Shahril, K., Kasim, N. B. M., Sabri, M. (2013). Heat transfer simulation of motorcycle fins under varying velocity using CFD method. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 50, 012043. doi: <https://doi.org/10.1088/1757-899x/50/1/012043>
- Saini, S., Dhruvin, K. (2016). Comparison of CFD Analysis of Heat Transfer Augmentation & Surface Heat Transfer Co-efficient of I. C. Engine Fins at Different wind Velocities with Experimental Investigation. *International Journal for Scientific Research & Development*, 4 (3), 1919–1929.

ELECTRICAL ENGINEERING AND INDUSTRIAL ELECTRONICS

DOI: 10.15587/2706-5448.2023.292919

INCREASING SENSITIVITY OF THE ELECTROSTATIC FIELD MILL SENSOR BY DETERMINING ITS OPTIMAL CONFIGURATION

pages 21–27

Oleksandr Povschenko, Postgraduate Student, Department of Informational Measuring Equipment, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine, e-mail: scela2472@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2998-5950>

Olha Pazdrii, Assistant, Department of Computer-Integrated Optical and Navigation Systems, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8970-5079>

The object of research is the process of measuring the strength of the electrostatic field for a low dynamic range (from 0 to 1 kV/m). This study is aimed at increasing the sensitivity of the sensor of the electrostatic field mill (EF) by determining its optimal geometric configuration, which will reduce the error of measuring the electrostatic field strength.

To establish the actual value of the induced current, a computer model was built and simulation modeling of the EF sensor was carried out. On the basis of the constructed computer model, studies of the EF sensor were carried out to determine the numerical value of the induced current. As a result, it was established that the occurrence of edge effects leads to the appearance of methodological error, which occurs due to the fact that the average induced current is smaller compared to the calculated value. As a result of computer modeling of the EF sensor to determine the value of the optimal number of sectors, it was established that for the proposed design of the EF sensor, the optimal number of sectors is six. It was established that the optimal value of the distance between the sensitive plates and the shielded rotor should be in the range of 2.5–3 mm to ensure the maximum sensitivity of the EF sensor and its safe use.

The determined optimal parameters of the EF geometric configuration will allow to form the necessary requirements for the construction of improved electrostatic field strength meters in a low dynamic range (from 0 to 1 kV/m). A promising direction of application of such devices in production will be the development of an additional system for monitoring the strength of the electrostatic field, which will allow to prevent the occurrence of a dangerous situation.

Keywords: electrostatic fields, electrostatic discharge, electrostatic field mill, measurement, sensor sensitivity.

References

1. ESDA/JEDEC Joint Standard For Electrostatic Discharge Sensitivity Testing – Charged Device Model (CDM) – Device Level, JS-002-2022. ANSI/ESDA/JEDEC (2022). Rome, New York.
2. ESDA/JEDEC Joint Standard For Electrostatic Discharge Sensitivity Testing – Human Body Model (HBM) – Component Level, JS-001-2023. ANSI/ESDA/JEDEC (2023). Rome, New York.
3. Voldman, S. H. (2021). *ESD Handbook*. John Wiley & Sons, Ltd. doi: <https://doi.org/10.1002/9781119233091>
4. Smallwood, J. (2023). *A Guide to ESD*. EMC Information Centre. Available at: https://www.nutwooduk.co.uk/archive/old_archive/030923.htm Last accessed: 19.11.2023
5. *Fundamentals of Electrostatic Discharge. Part One – An Introduction to ESD* (2020). EOS/ESD Association, Inc. Available at: <https://www.esda.org/esd-overview/esd-fundamentals/part-1-an-introduction-to-esd/> Last accessed: 19.11.2023
6. Pan, S., Zhang, Z. (2018). Fundamental theories and basic principles of triboelectric effect: A review. *Friction*, 7 (1), 2–17. doi: <https://doi.org/10.1007/s40544-018-0217-7>
7. Ruffat, F., Caignet, F., Boyer, A., Escudié, F., Mejecaze, G., Puybaret, F. (2022). New measurement method to investigated service life of protection networks exposed to ESD. *Microelectronics Reliability*, 138, 114661. doi: <https://doi.org/10.1016/j.microrel.2022.114661>
8. Gao, Y., Cai, X., Han, Z., Zeng, C., Xia, R., Tang, Y., Gao, M., Li, B. (2023). Design of compact-diode-SCR with low-trigger voltage for full-chip ESD protection. *Microelectronics Reliability*, 140, 114860. doi: <https://doi.org/10.1016/j.microrel.2022.114860>
9. *Protection Of Electrical And Electronic Parts, Assemblies And Equipment (Excluding Electrically Initiated Explosive Devices), S20.20-2021*, ANSI/ESD (2021). Rome, New York.
10. *Electrostatics – Part 5-2: Protection of Electronic Devices from Electrostatic Phenomena – User Guide, TR 61340-5-2:2018* (2018). IEC.
11. *ESD Association Advisory for Electrostatic Discharge Terminology – Glossary, ADV1.0-2017* (2017). ESD.
12. Righter, A., Carn, B. (2017). A Look at the New ANSI/ESDA/JEDEC JS-002 CDM Test Standard. *Analog Dialogue*, 51 (4), 11–15. Available at: <https://www.analog.com/en/analog-dialogue/articles/a-look-at-the-new-ansi-esda-jedec-js-002-cdm-test-standard.html>
13. Ponnle, A. A. (2022). Measurement and Assessment of Exposure to 50 Hz Magnetic Fields from Common Home Electrical Appliances. *European Journal of Engineering and Technology Research*, 7 (3), 119–127. doi: <https://doi.org/10.24018/ejeng.2022.7.3.2832>
14. Xiao, D., Ma, Q., Xie, Y., Zheng, Q., Zhang, Z. (2018). A Power-Frequency Electric Field Sensor for Portable Measurement. *Sensors*, 18 (4), 1053. doi: <https://doi.org/10.3390/s18041053>
15. Oltean, M. N., Fagarasan, T., Florea, G., Munteanu, C., Pop, A. (2017). Electromagnetic field measurement on high voltage overhead lines. *2017 12th International Conference on Live Maintenance (ICOLIM)*. doi: <https://doi.org/10.1109/icolim.2017.7964148>
16. Povchenko, O., Bazhenov, V. (2023). Analysis of modern atmospheric electrostatic field measuring instruments and methods. *Technology Audit and Production Reserves*, 4 (1 (72)), 16–24. doi: <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2023.285963>
17. Swenson, J. A., Beasley, W. H., Byerley, L. G., Bogoev, I. G. (2017). Pat. US 7.256,572 USA. *Electric-field meter having current compensation*. published: 14.08.2007. Available at: <https://patents.google.com/patent/US7256572B2/en?q=US+7.256%2c572>
18. Chester, D. S. (1976). Pat. US 4'095'221 USA. *Electrical storm forecast system*. published: 13.07.1976. Available at: <https://patents.google.com/patent/US4095221A/en?q=US+4%27095%27221>
19. Wells, T. J., Elliott, R. S. (2005). Pat. US 6'982'549 USA. *Micro-electrometer*. published: 05.12.2005. Available at: <https://patents.google.com/patent/US6982549B1/en?q=US+6%27982%27549>
20. Bazhenov, V., Povchenko, O. (2023). Methodological features of calculating errors in the measurement of electrostatic field strength. *Bulletin of Kyiv Polytechnic Institute. Series Instrument Making*, 65 (1), 65–72. doi: [https://doi.org/10.20535/1970.65\(1\).2023.283358](https://doi.org/10.20535/1970.65(1).2023.283358)
21. 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>

TECHNOLOGY AND SYSTEM OF POWER SUPPLY

DOI: 10.15587/2706-5448.2023.291973

LABORATORY STUDIES OF INDUCTION OF FLOW USING VIBRATORY WAVE DRAINING IN CARBONATE LOW-PERMEABILITY RESERVOIRS

pages 28–33

Victoria Rubel, PhD, Associate Professor, Department of Oil and Gas Engineering and Technology, National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic», Poltava, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6053-9337>, e-mail: veca.rubel@gmail.com

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

The object of the study is a laboratory unit for inducing flow to the well using vibration wave draining in carbonate low-permeability reservoirs. Vibratory wave draining is a method used to stimulate flow draining to the well. The method is based on the fact that

mechanical waves generated in the soil can cause the opening of microcracks and pores, which leads to an increase in the fluid flow. Vibratory wave scouring can be effectively used to increase fluid flow in low-permeability carbonate reservoirs. Carbonate reservoirs are a common type of reservoir in the oil and gas industry. They often have low permeability, which makes it difficult to extract fluid.

With the help of the plunger device developed in the work, a fluid disturbance was created, thereby creating elastic waves in the conventional well (plastic pipe), which were measured using a manual contact vibrometer. This demonstrated the effectiveness of the vibratory method to increase the well productivity and helped to improve the permeability of the rocks, providing better access to challenge the influx of hydrocarbon products.

It is shown that with a significant decrease in the permeability of the formation well zone (FWZ), the flow induction should be started only after the restoration works. Otherwise, the well will be significantly hydrodynamically imperfect due to the quality of the reservoir opening, and the flow of production into the well will occur only through a few separate areas of the reservoir with relatively high permeability, which will lead to uneven production of the reservoir and low return of hydrocarbons. Therefore, it is advisable to use the developed method of influencing the productive layer in low-permeability rocks, such as carbonates with layers of clay, siltstones, argillites, and others, with low formation pressures.

The obtained results are based on the generation of vibrations that are transmitted to the wellbore. These vibrations can help break up contaminants and fines in carbonate rocks, facilitating the release of hydrocarbon products and improving permeability.

Keywords: oil and gas industry, laboratory unit, well, permeability, oscillation amplitude, loam, vibration waves, fluid production.

References

1. Akulshyn, O. O., Shtaiden, B. B., Nemyrovska, L. V. (2008). Tekhnolohiia hidroimpul'sno-reahentnoho vplyvu dlia stymulatsii roboty sverdlodyn. *Naftova i hazova promyslovis't, 3*, 36–37.
2. Kvietnyi, R. N. (2001). *Metody komp'yuternykh obchyslen.* Vinnytsia: VDTU, 148.
3. Petruniak, M., Rubel, V., Chevhanova, V., Kulakova, S. (2021). Application of grout slurries with the defecate addition for effective well cementing. *Mining of Mineral Deposits, 15 (1)*, 59–65. doi: <https://doi.org/10.33271/mining15.01.059>
4. Rubel, V., Rubel, V., Ziaja, J., Yaremychuk, R. (2022). Development of a mathematical model of the operation of the swab generator valve. *Technology Audit and Production Reserves, 5 (1 (67))*, 6–10. doi: <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2022.265815>
5. Romatschke, P., Romatschke, U. (2019). *Relativistic fluid dynamics in and out of equilibrium.* Cambridge Monographs on Mathematical Physics. doi: <https://doi.org/10.1017/9781108651998>
6. Gee, R., Hanley, C., Hussain, R., Canuel, L., Martinez, J. (2015). Axial oscillation tools vs. lateral vibration tools for friction reduction – what's the best way to shake the pipe? *Proceedings of the SPE/IADC Drilling Conference and Exhibition, Society of Petroleum Engineers.* London. doi: <https://doi.org/10.2118/173024-ms>
7. Cheng, X., Meng, B., Han, M., Chen, H., Zhang, H. (2015). A high-efficiency transparent electrification-based generator for harvesting droplet energy. *2015 Transducers – 2015 18th International Conference on Solid-State Sensors, Actuators and Microsystems (TRANSDUCERS)*, 62–65. doi: <https://doi.org/10.1109/transducers.2015.7180861>
8. Li, B. (2014). Development and pilot test of hydro-oscillator. *Petroleum Drilling Techniques, 42 (1)*, 111–113.
9. Guan, Z., Zhang, H., Zhang, W., Liu, Y., Liang, D. (2014). Equipment and technique for improving penetration rate by the transformation of drill string vibration to hydraulic pulsating jet. *Petroleum Exploration and Development, 41 (5)*, 678–683. doi: [https://doi.org/10.1016/s1876-3804\(14\)60081-1](https://doi.org/10.1016/s1876-3804(14)60081-1)
10. *Derzhavni sanitarni normy vyrobnychoi zahalnoi ta lokalnoi vibratsii* DSN 3.3.6.039-99 (1999). Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va039282-99#Text>

DOI: 10.15587/2706-5448.2023.293005

FORCE EFFECT OF A CIRCULAR ROTATING MAGNETIC FIELD OF A CYLINDRICAL ELECTRIC INDUCTOR ON A FERROMAGNETIC PARTICLE IN PROCESS REACTORS

pages 34–40

Henrikh Polshchikov, Head of the Electromagnetic Devices Sector (retired), Department of Vortex Mixing Apparatus, Private Joint Stock Company «Research and Development Institute of Enamelled Chemical Equipment and New Technologies Kolan», Poltava, Ukraine, e-mail: genrikharonovich@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-2197-2373>

Pavlo Zhukov, Electrician Engineer (retired), Private Joint Stock Company «Research and Development Institute of Enamelled Chemical Equipment and New Technologies Kolan», Poltava, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-5661-0275>

The object of research is the force effect of a circular magnetic field of cylindrical inductors with alternating current windings on the actuator element of technological reactors – a ferromagnetic particle. Technologies using a rotating magnetic field and ferromagnetic particles (RMF and FP) are increasingly used in industry, in devices for fine and ultra-fine grinding, mixing and activation, in the construction and chemical industries, in energy-saving and environmental systems.

In previous studies, the authors proposed a method for calculating the force effect on ferromagnetic particles (FP) of an elliptical rotating magnetic field (RMF) of an external cylindrical inductor with a symmetrical alternating current winding. In this work, based on this technique, formulas for the force effect on the FP of the fundamental harmonic of RMF of cylindrical inductors with different numbers of pole pairs are derived and analyzed.

It is shown that for a hard magnetic and saturated magnetically soft (soft-magnetic) particle in a circular field of a cylindrical inductor with the number of pole pairs greater than one, the magnitude of the magnetic displacement force does not depend on the orientation of the magnetic moment of the ferromagnetic particle, and the direction of action of this force is determined by the angle between the circular field induction vector and the magnetic moment of the particle. While maintaining the similarity of the inductors and the equality of the amplitude of the magnetic induction on the surface of the inductor bore, the magnetic displacement force does not retain the similarity, in particular, while maintaining the values of the magnetic moment of the particle, this force is inversely proportional to the radius of the bore of the cylindrical inductor.

Examples are given of the use of formulas for calculating the ratio of displacement forces to the weight of a particle and the calculation of forces for an unsaturated soft-magnetic particle, where, due to the dependence of the magnetic moment on the field strength, the calculation formulas are modified and take on a slightly different form than the formulas for a particle with a constant modulus magnetic moment.

The research results will be useful for engineers and researchers involved in the research, development, design and operation of reactors with RMF and FP technologies.

Keywords: electromagnetic mills, circular field, cylindrical magnetic field inductor, ferromagnetic particles, magnetization, magnetic forces.

References

1. Moerland, C. P., van IJzendoorn, L. J., Prins, M. W. J. (2019). Rotating magnetic particles for lab-on-chip applications – a comprehensive review. *Lab on a Chip*, 19 (6), 919–933. doi: <https://doi.org/10.1039/c8lc01323c>
2. Logvinenko, D. D., Shelyakov, O. P., Pol'shchikov, G. A. (1974). Determination of the main parameters of vortex bed apparatus. *Chemical and Petroleum Engineering*, 10 (1), 15–17. doi: <https://doi.org/10.1007/bf01146127>
3. *GlobeCore Transformer Oil Purification Equipment, Bitumen Equipment*. Available at: <https://globecore.com/> Last accessed: 22.09.2023
4. Oberemok, V. M. (2010). *Elektromagnitni aparaty z ferromagnitnymi robochymy elementamy. Osoblyvosti zastosuvannia*. Poltava: RVV PUSKU, 201. Available at: <http://dspace.puet.edu.ua/handle/123456789/6536>
5. Ogonowski, S. (2021). On-Line Optimization of Energy Consumption in Electromagnetic Mill Installation. *Energies*, 14 (9), 2380. doi: <https://doi.org/10.3390/en14092380>
6. May, F. (2017). Electromagnetic Intensification of Heavy Metal Removal and Wastewater Decontamination. *Water Today*, 32–38.
7. Styła, S. (2017). A New Grinding Technology Using an Electromagnetic Mill – Testing the Efficiency of the Process Econtechmod. *An International Quarterly Journal*, 6 (1), 81–88.
8. Litinas, A., Geivanidis, S., Faliakis, A., Courouclis, Y., Samaras, Z., Keder, A. et al. (2020). Biodiesel production from high FFA feedstocks with a novel chemical multifunctional process intensifier. *Biofuel Research Journal*, 7 (2), 1170–1177. doi: <https://doi.org/10.18331/brj2020.7.2.5>
9. Kazak, O., Halbedel, B. (2023). Correlation of the Vector Gradient of a Magnetic Field with the Kinetic Energy of Hard Magnetic Milling Beads in Electromechanical Mills. *Chemie Ingenieur Technik*, 95 (10), 1615–1622. doi: <https://doi.org/10.1002/cite.202200183>
10. Polshchikov, G. A., Logvinenko, D. D., Zhukov, P. B. (1975). Nekotorye voprosy rascheta i proektirovaniia apparatov s vikhrevym sloem. NIIKhimMASH. *Oborudovanie s ispolzovaniem razlichnykh metodov intensifikatsii protsessov*. Moscow, 71, 128–141.
11. Makarchuk, O., Calus, D., Moroz, V. (2021). Mathematical model to calculate the trajectories of electromagnetic mill operating elements. *Tekhnichna Elektrodynamika*, 2021 (2), 26–34. doi: <https://doi.org/10.15407/techned2021.02.026>
12. Całus, D. (2023). Experimental Research into the Efficiency of an Electromagnetic Mill. *Applied Sciences*, 13 (15), 8717. doi: <https://doi.org/10.3390/app13158717>
13. Polshchikov, G. A., Zhukov, P. B. (1975). O dvizhenii magnitnoi chastitcy v aparate s vikhrevym sloem. *Khimicheskoe mashinostroenie (respublikanskii mezhvedomstvennyi nauchno-tekhnicheskii sbornik)*. Kyiv: Tekhnika, 22.
14. Keskiula, V. F., Ristkhein, E. M. (1965). Vozmozhnye sistemy magnitoprovoda i obmotok indukcionnykh vrashchatelei. *Trudy Tallinskogo politekhnicheskogo instituta. Seriya A*, 231, 69–85.
15. Polivanov, K. M., Levitan, S. A. (1966). Ob odnoi zadache rascheta vrashchaiushchegosia magnitnogo polia. *Elektrotehnika*, 12, 5–7.
16. Levitan, S. A., Syrkin, V. G., Tolmasskii, I. S. (1969). Primenenie vrashchaiushchegosia magnitnogo polia dlia ulavlivaniia vysokodispersnogo ferromagnitnogo poroshka. *Elektronnaia obrabotka materialov*, 2 (26), 55–59.
17. Koniaev, A. Iu., Bagin, D. N. (2021). Modelirovanie i issledovanie elektromagnitnykh smesitelei poroshkovykh materialov. *Vestnik PNIPU. Elektrotehnika, informatsionnye tekhnologii, sistemy upravleniia*, 38, 129–147.
18. Polivanov, K. M. (1969). *Teoreticheskie osnovy elektrotehniki, ch. 3*. Moscow, 352.
19. Polivanov, K. M. (1957). *Ferromagnetiki*. Moscow, Leningrad: Gosenergoizdat, 256.
20. Logvinenko, D. D., Sheliakov, O. P. (1976). *Intensifikatsiia tekhnologicheskikh protsessov v apparatakh s vikhrevym sloem*. Kyiv: Tekhnika, 144.

DOI: 10.15587/2706-5448.2023.293663

JUSTIFICATION OF THE NEED TO MODERNIZE THE EXISTING CENTRAL HEATING POINTS IN UKRAINE

pages 41–46

Igor Neolyudov, Doctor of Technical Science, Professor, Department of Computer-Integrated Technologies, Automation and Robotics, Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9837-2309>

Leonid Ivanov, PhD, Department of Computer-Integrated Technologies, Automation and Robotics, Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, Ukraine, e-mail: leonid.ivanov@nure.ua, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4235-2982>

Dmytro Yanushkevich, PhD, Senior Research Fellow, Department of Computer-Integrated Technologies, Automation and Robotics, Kharkiv National University of Radio Electronics, Kharkiv, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3684-518X>

Oleh Hutsa, PhD, Associate Professor, Department of Software Engineering and Intelligent Management Technologies, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0194-0315>

Yuriy Opryshko, Limited Liability Company «Mercury Plus-2007» LLC, Kharkiv, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-6475-448X>

The object of the research is central heating points (CTP) in Ukraine. The problem that is being solved in the work is the need to modernize and automate existing CTPs. The importance of the problem is the presence of a large number of CTPs in Ukraine, which require urgent modernization of morally outdated equipment and automation of management of their work modes, which must be carried out in stages without removing them from operational status.

The need for modernization and further automation of the existing CTPs in Ukraine is substantiated, which is that this will allow increasing the efficiency of the CTPs through the use of modern technical equipment, software and trained specialists in the automated management of the process of heat supply to consumers. And it will also allow to reduce the cost of heat supply tariffs due to the reduction of non-production costs and to reduce the number of service personnel who manage work modes in manual mode. During the martial law, the timely resolution of problems with high-quality heat supply of the population acquires special importance.

The result of the conducted research is a theoretical analysis of the quality work of CTPs in the EU countries, realization of their capabilities and prospects for further use in order to transfer their experience to Ukraine. A theoretical analysis of the number and modern technical equipment of CTPs in Ukraine at the present time was also conducted.

As a result of the research conducted on the existing CTPs in Ukraine, a survey of their technical condition was carried out, specific directions for the phased modernization and automation of their equipment were developed and proposed, and additional measures were taken regarding the thermal modernization of main pipelines and modern thermal insulation of buildings and structures.

The possibility of practical implementation – step-by-step modernization and automation of the CTP, increasing the technical and technological capabilities of the equipment and reducing the tariffs for heat and water supply for consumers.

Keywords: central heating point, obsolete equipment, modernization, automation, water supply, heat energy, electricity, consumers.

References

- Fahl, U., Dobbins, A. (2017). *District Heating in Europe. Europe's Energy Transition – Insights for Policy Making*. Elsevier Inc., 249–259. doi: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-809806-6.00029-8>
- Koral, R. L. (2019). *District heating*. AccessScience. McGraw-Hill Professional. doi: <https://doi.org/10.1036/1097-8542.201700>
- Nuorkivi, A. (2016). District heating and cooling policies worldwide. *Advanced District Heating and Cooling (DHC) Systems*. Elsevier Ltd., 17–41. doi: <https://doi.org/10.1016/b978-1-78242-374-4.00002-1>
- Bourtsalass, A. C., Wei, J. (2023). Exhaust steam utilization in waste-to-energy strategies: From district heating to desalination. *Journal of Cleaner Production*, 428, 139389. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.139389>
- Zarubizhnyi dosvid rozvytku system tsentralizovanoho ta avtonomnoho teploty ta elektropostachannia (2016). Kyiv. Available at: <https://ua.energy/wp-content/uploads/2018/01/5.-TSentralizovane-ta-avtonomne-teplozabezpechennya.pdf>
- Redkin, K., Ivanov, L. (2021). Vprovadzhenia systemy upravlinnia yakistiu v haluzi nadannia posluh naselenniu shchodo zabezpechennia teplopostachannia. *Vyrobnystvo & Mekhatronni Systemy 2021*. Kharkiv, 159–161.
- Ivanov, L., Kovalov, I. (2021). Yakist nadannia posluh opalennia naselenniu. *Vyrobnystvo & Mekhatronni Systemy 2021*. Kharkiv, 171–174.
- Dekilka krain YeS ne vidmovlysia vid tsentralizovanoho opalennia. Chomu? (2021). *Yevropeiskii pravdi*. Available at: <https://www.euro-integration.com.ua/news/2021/11/5/7129897/>
- Klasyfikatsiia typpio TsTP. Available at: <https://izocom.com.ua/klasifikatsiya-tipiv-tstp/>
- Zinchenko, A. (2021). Na porozh katastrofy: chomu Yevropa ne stala vidmovliatysia vid tsentralizovanoho opalennia. *Yevropeiska pravda*. Available at: <https://www.eurointegration.com.ua/articles/2021/11/5/7129412/>
- Oliinyk, S. (2022). Yaku systemu teplopostachannia obraty mistam i vyzhyty. *Ukrainska enerhetyka*. Available at: <https://ua-energy.org/uk/posts/yaku-systemu-teplopostachannia-obraty-mistam-i-vyzhyty>
- Ivanov, L., Kyrpota, F. (2021). Perevahy ta nedoliky v roboti isnuuichykh avtomatyzovanykh teplovykh punktiv. *Vyrobnystvo & Mekhatronni Systemy 2021*. Kharkiv, 199–212.
- Kozlova, I. Yu., Lysenko, L. I. (2013). Pidvyshchennia efektyvnosti teplopostachannia sportyvnoho kompleksu NTU «KhPI». *Visnyk NTU «KhPI». Seriya: Enerhetyka: nadiinist ta enerhoefektyvnist*, 59 (1032), 92–100.
- DSTU ISO 9001:2015 «Systemy upravlinnia yakistiu. Vymohy» (2016). Kyiv: DP «UkrNDNTs», 30.
- Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (recast) (2010). Available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32010L0031>

DOI: 10.15587/2706-5448.2023.294081

DEVELOPMENT OF OIL EXTRACTION SCREENING METHODOLOGY TAKING INTO ACCOUNT INNOVATIVE METHODS USING THE EXAMPLE OF THE UKRAINIAN FIELD

pages 47–53

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

Branimir Cvetkovic, PhD, Professor, Head of Department of Oil and Gas Engineering and Technologies, National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic», Poltava, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-5144-0366>

The object of research in the paper is the process of fluid transfer through the pore space of the reservoir rock. The traditional method of estimating oil recovery by flooding has a large number of uncertainties. In this study, to address limitations of the current approach to determining oil production, let's introduce a systematic algorithm aimed at enhancing result precision.

The methodology for calculating the oil recovery coefficient for determining the amount of oil that can be extracted by flooding is presented. In this work, the step-by-step process of determining the oil recovery coefficient was analytically established, which achieves a certain degree of accuracy due to the inclusion of a number of methods of calculation of scientists from different countries of the world. In particular, the lithofacies distribution of the reservoir using the kriging method, the use of a representative elementary volume (REV) to increase the accuracy of determining the irreducible water saturation of each facies, and the use of the Buckley-Leverett equation in the calculation of the oil recovery coefficient are proposed. The number of facies (sandstone, argillaceous sandstone, siltstone) was determined on the example of the B-16n horizon of the «Ukrainian deposit» and the oil recovery coefficients were calculated for each separately (0.53, 0.47, 0.29). Further determination of the average oil recovery coefficient is described in the researched and requires close integration of the obtained data in three-dimensional space, as it allows to calculate the fraction of facies content in the reservoir volume.

The use of the proposed action algorithm will help to build a more reliable three-dimensional hydrodynamic model, will lead to a much lower degree of uncertainty of reservoir properties, and in particular irreducible water saturation, as well as more accurate distribution of lithological properties using kriging. Also, this methodology for calculating the oil recovery coefficient involves the use of the Buckley-Leverett equation and fractional flow curves, the data of which are based on relative permeabilities and depend on the irreducible water saturation determined in the laboratory for each lithofacies.

These techniques justify the collection of additional core material, the importance of lithofacies dismemberment of the formation and are closely integrated in the three-dimensional space, which makes it possible to simulate the existing processes, reproduce the proposed methodology and perform the forecast.

Keywords: irreducible water saturation, representative elementary volume, kriging, relative permeability, fractional flow curves, oil recovery coefficient.

References

- Cvetkovic, B. (2009). *Well Production Decline*. Available at: <https://www.semanticscholar.org/paper/Well-Production-Decline-Cvetkovic/C4%87/7a541f814c78fa6579b510db902cb958b9a3eab0>
- Blunt, M. J. (2017). *Multiphase flow in permeable media: A pore-scale perspective*. Cambridge university press. doi: <https://doi.org/10.1017/9781316145098>
- Ringrose, P., Bentley, M. (2014). *Upscaling Flow Properties*. Reservoir Model Design. Berlin: Springer, 115–149. doi: https://doi.org/10.1007/978-94-007-5497-3_4
- Martus, O., Petras, O. (2022). Improved methodology development for assessing the reservoir collector properties by the quantitative reservoir characterization tools. *Technology Audit and Production Reserves*, 4 (1 (66)), 42–46. doi: <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2022.263640>

5. Martus, O., Agarkov, V. (2022). Development of improved method for evaluation of reservoir properties of formation. *Technology Audit and Production Reserves*, 5 (1 (67)), 33–37. doi: <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2022.266572>
6. Hilfer, R., Lemmer, A. (2015). Differential porosimetry and permeametry for random porous media. *Physical Review E*, 92 (1). doi: <https://doi.org/10.1103/physreve.92.013305>
7. Bear, J. (2013). *Dynamics of fluids in porous media*. Courier Corporation.
8. Lyons, W. (2010). *Working guide to reservoir engineering*. Gulf professional publishing. doi: <https://doi.org/10.1016/c2009-0-30573-5>
9. Leverett, M. C. (1941). Capillary Behavior in Porous Solids. *Transactions of the AIME*, 142 (1), 152–169. doi: <https://doi.org/10.2118/941152-g>
10. Buckley, S. E., Leverett, M. C. (1942). Mechanism of Fluid Displacement in Sands. *Transactions of the AIME*, 146 (1), 107–116. doi: <https://doi.org/10.2118/942107-g>
11. Willhite, G. P. (1986). *Waterflooding*. Richardson. doi: <https://doi.org/10.2118/9781555630058>
12. Singh, S. P., Kiel, O. G. (1982). Waterflood design (pattern, rate, and timing). *SPE International Oil and Gas Conference and Exhibition in China*, SPE-10024. doi: <https://doi.org/10.2118/10024-ms>
13. Forrest, F., Craig, J. (1971). *The reservoir engineering aspects of waterflooding*. Society of Petroleum.
14. Langnes, G. L., Robertson Jr, J. O., Chilingar, G. V. (1972). *Secondary recovery and carbonate reservoirs*. New York, 305.
15. *Improved Oil Recovery* (1983). Interstate Oil Compact Commission.
16. Welge, H. J. (1952). A Simplified Method for Computing Oil Recovery by Gas or Water Drive. *Journal of Petroleum Technology*, 4 (4), 91–98. doi: <https://doi.org/10.2118/124-g>
17. Lis-Śledziona, A., Stadtmüller, M. (2019). Determining irreducible water saturation based on well log data and laboratory measurements. *Nafta-Gaz*, 75 (5), 239–246. doi: <https://doi.org/10.18668/ng.2019.05.01>
18. Iske, A., Randen, T. (Eds.) (2006). *Mathematical methods and modeling in hydrocarbon exploration and production*. Vol. 7. Springer Science & Business Media, 452. doi: <https://doi.org/10.1007/b137702>
19. Kirilov, A. S., Zakrevskii, K. E. (2014). *Praktikum po seismicheskoi interpretacii v PETREL*. Moscow.
20. Babasafari, A. A., Ghosh, D. P., Ratnam, T., Rezaei, S., Sambo, C. (2022). *Geological reservoir modeling and seismic reservoir monitoring. Seismic Imaging Methods and Applications for Oil and Gas Exploration*. Elsevier, 179–285. doi: <https://doi.org/10.1016/b978-0-323-91946-3.00002-x>
21. Cosentino, L. (2001). *Integrated reservoir studies*. Editions Technip, 336.
22. Galli, A., Beucher, H., Le Loc'h, G., Doligez, B., Group, H. (1994). The Pros and Cons of the Truncated Gaussian Method. *Quantitative Geology and Geostatistics*. Springer, 217–233. doi: https://doi.org/10.1007/978-94-015-8267-4_18
23. Cornish, B. E., King, G. A. (1988). *Combined interactive analysis and stochastic inversion for high-resolution reservoir modeling*. 50th Mtg. European Assn. Expl. Geophys.
24. Hansen, K. M. (1992). *The use of sequential indicator simulation to characterize geostatistical uncertainty* (No. SAND--91-0758). Sandia National Labs.
25. Matheron, G. (1963). Principles of geostatistics. *Economic Geology*, 58 (8), 1246–1266. doi: <https://doi.org/10.2113/gsecongeo.58.8.1246>
26. Bohling, G. (2005). Introduction to geostatistics and variogram analysis. *Kansas geological survey*, 1 (10), 1–20.
27. Isaaks, E. H., Srivastava, R. M. (1990). *An Introduction to Applied Geostatistics*. Oxford University Press, 592.
28. Pyrcz, M. J., Deutsch, C. V. (2014). *Geostatistical reservoir modeling*. Oxford University Press.
29. Cressie, N. (2015). *Statistics for spatial data*. John Wiley & Sons.



MECHANICS

DOI: 10.15587/2706-5448.2023.293498

РОЗГЛЯД ПРОБЛЕМИ ІМІТАЦІЇ АКСЕЛЕРАЦІЙНИХ ДІЙ ЗА КУТОВИМИ СТУПЕНЯМИ ВІЛЬНОСТІ НА АВІАЦІЙНИХ ТРЕНАЖАРАХ (стор. 6–12)

Кабанячий В. В., Ібрагімоглу Б.

Об'єктом дослідження є імітація акселераційних дій за кутовими ступенями вільності на авіаційних тренажерах неманеврених повітряних суден. Однією з найбільших проблем є відсутність постановки та ефективного вирішення проблеми забезпечення якісної імітації акселераційних дій за кутовими ступенями вільності на авіаційних тренажерах, які б відповідали акселераційним діям за кутовими ступенями вільності в реальному польоті з однаковим керуванням. У ході дослідження на основі особливостей сприйняття рухів людиною визначено набір характерних ознак сприйняття руху: характер, напрямок, тривалість, інтенсивність і час сприйняття руху (згідно з теорією сприйняття Гібсона). На основі принципів системного підходу використано математичну постановку розв'язку задачі імітації акселераційних дій за кутовими ступенями вільності на авіаційних тренажерах неманеврених повітряних суден. Такий підхід дозволив, враховуючи наявний конструктивний ресурс динамічних стендів авіаційних тренажерів, максимально наблизити акселераційні дії за кутовими ступенями вільності на авіаційних тренажерах неманевреного літака до акселераційних дій за кутовими ступенями вільності в реальних умовах польоту з тими ж керуваними діями. Завдяки цьому характер і напрямок акселераційних дій повністю відповідають реальним акселераційним діям, різниця між часом сприйняття акселераційних дій на літаку та на тренажері мінімальна, та відповідає сучасним вимогам. Тривалість і інтенсивність сприйняття акселераційних дій на тренажері пропорційні тривалості та інтенсивності сприйняття акселераційних дій на літаку. Такий підхід значно підвищує якість підготовки та перепідготовки пілотів на авіаційних тренажерах. Реалізація розробленої постановки задачі на авіаційних тренажерах, зокрема на Ан-74ТК-200, показала її високу ефективність. У перспективі запропонований підхід може бути використаний на тренажерах літаків, розроблених в Україні, та модернізації експлуатованих тренажерів.

Ключові слова: авіаційний тренажер, динамічний стенд, імітація акселераційних дій, характер, напрямок, тривалість, інтенсивність і час сприйняття руху.

MECHANICAL ENGINEERING TECHNOLOGY

DOI: 10.15587/2706-5448.2023.293642

ВСТАНОВЛЕННЯ ТЕПЛООВОГО БАЛАНСУ ПРИ ВДОСКОНАЛЕННІ СИСТЕМИ ОХОЛОДЖЕННЯ ДВИГУНА З ПОВІТРЯНИМ ОХОЛОДЖЕННЯМ (стор. 13–20)

Abdessalem Mekroud, Lyas Bidi, Salim Boukebbab, Mohamed Salah Boulahlib, Rachid Chaib

Об'єктом дослідження є система повітряного охолодження дизельного двигуна з прямим уприскуванням F4L912 (монтованого на стенді) виробництва Motor Enterprise (ЕМО). Це атмосферний рядний 4-циліндровий двигун. Максимальна потужність двигуна становить 49 кВт, отримана при максимальній швидкості обертання 2300 об/хв. Повітряне охолодження є критично важливим аспектом продуктивності двигуна, і його експериментальне вивчення може дати цінну інформацію про теплову поведінку та ефективність двигуна. Одним з найбільш проблемних місць є висока локальна температура гільзи 4-го циліндра. Пропонується інноваційне вдосконалення системи охолодження. Цей спосіб заснований на збільшенні потоку охолоджуючого повітря. Спосіб полягає в установці нових ведучих шківів нагнітаючої турбіни різного діаметру. Використання цих нових шківів дозволило знизити температуру стінок гільзи та головки блоку циліндрів 4-го циліндра, а також провести тепловий баланс двигуна. Було відзначено значні покращення температури стінок циліндра, температури вихлопних газів і температури мастила. Складання теплового балансу дозволило кількісно оцінити корисну роботу, теплоту, втрачену в охолоджуючій воді, теплоту, втрачену через вихлопні гази, тепло, що переноситься мастилом та інші втрати (втрати не враховуються). З результатів стає зрозуміло, що високу температуру в двигуні дійсно було знижено, а ефективність охолодження всього двигуна була покращена. Результати показують, що збільшення повітряного потоку спричинило покращення умов охолодження, а також зниження температури вихлопних газів, що матиме значний вплив на скорочення викидів NOx. У подальшій роботі плануємо вдосконалити систему охолодження двигуна ЕМО F4L912, вивчаючи вплив геометрії, кількості та нахилу лопатей турбіни на потік повітря, що подається.

Ключові слова: дизельний двигун, F4L912, повітряне охолодження, поршневе заїдання, потік повітря, жаркий клімат.

ELECTRICAL ENGINEERING AND INDUSTRIAL ELECTRONICS

DOI: 10.15587/2706-5448.2023.292919

ПІДВИЩЕННЯ ЧУТЛИВОСТІ СЕНСОРА ЕЛЕКТРОСТАТИЧНОГО ФЛЮКСИМЕТРУ ШЛЯХОМ ВИЗНАЧЕННЯ ЙОГО ОПТИМАЛЬНОЇ КОНФІГУРАЦІЇ (стор. 21–27)

Повшенко О. А., Лаздрій О. Я.

Об'єктом дослідження є процес вимірювання напруженості електростатичного поля для низького динамічного діапазону (від 0 до 1 кВ/м). Дане дослідження направлене на підвищення чутливості сенсору електростатичного флюксиметру (ЕФ) за рахунок

визначення його оптимальної геометричної конфігурації, що дозволить зменшити похибку вимірювання напруженості електростатичного поля.

Для встановлення фактичного значення індукваного струму було побудовано комп'ютерну модель та проведено імітаційне моделювання сенсору ЕФ. На основі побудованої комп'ютерної моделі, були проведені дослідження сенсору ЕФ для визначення чисельного значення індукваного струму. В результаті цього було встановлено, що виникнення крайових ефектів призводить до появи методичної похибки, яка виникає за рахунок того, що середній індукований струм є меншим в порівнянні з розрахунковим значенням. В результаті проведеного комп'ютерного моделювання сенсору ЕФ для визначення значення оптимальної кількості секторів було встановлено, що для запропонованої конструкції сенсору ЕФ, оптимальна кількість секторів становить шість. Встановлено, що оптимальне значення відстані між чутливими пластинами та екранованим ротором повинно бути в діапазоні від 2,5–3 мм для забезпечення максимальної чутливості сенсору ЕФ та його безпечно використання.

Визначені оптимальні параметри геометричної конфігурації ЕФ дозволять сформулювати необхідні вимоги до побудови вдосконалених вимірювачів напруженості електростатичного поля у низькому динамічному діапазоні (від 0 до 1 кВ/м). Перспективним напрямком застосування таких приладів на виробництві буде розробка додаткової системи моніторингу напруженості електростатичного поля, що дозволить попередити виникнення небезпечної ситуації.

Ключові слова: електростатичні поля, електростатичний розряд, електростатичний флюксметр, вимірювання, чутливість сенсору.

TECHNOLOGY AND SYSTEM OF POWER SUPPLY

DOI: 10.15587/2706-5448.2023.291973

ЛАБОРАТОРНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВИКЛИКУ ПРИПЛИВУ ЗА ДОПОМОГОЮ ВІБРОХВИЛЬОВОГО СВАБУВАННЯ В КАРБОНАТНИХ НИЗЬКОПРОНИКНИХ КОЛЕКТОРАХ (стор. 28–33)

Рубель В. П., Рубель В. В.

Об'єктом дослідження є лабораторна установка для виклику припливу до свердловини за допомогою віброхвильового свабування в карбонатних низькопроникних колекторах. Віброхвильове свабування є методом, який використовується для стимуляції припливу рідини до свердловини. Метод заснований на тому, що механічні хвилі, які генеруються в ґрунті, можуть викликати розкриття мікротріщин і пор, що призводить до збільшення припливу рідини. Віброхвильове свабування може бути ефективно використано для підвищення припливу рідини в карбонатних низькопроникних колекторах. Карбонатні колектори є поширеним типом колектора в нафтовій та газовій промисловості. Вони часто мають низьку проникність, що ускладнює видобуток рідини.

За допомогою розробленого в роботі пристрою-підручєру було створено збурення рідини, тим самим в умовній свердловині (пластиковій трубі) створювалися пружні хвилі, які вимірювалися за допомогою ручного контактного віброметра. Це показало ефективність віброхвильового методу для збільшення продуктивності свердловини та допомогло покращити проникність порід, забезпечуючи кращий доступ до виклику припливу вуглеводневої продукції.

Показано, що при суттєвому зниженні проникності для свердловинної зони пласта (ПЗП) виклик припливу продукції слід розпочинати лише після проведення робіт з відновлення. В іншому випадку за якістю розкриття пласта свердловина виявиться істотно гідродинамічно недосконалою, а приплив продукції в свердловину відбудеться лише по нечисленних окремих ділянках пласта з відносно високою проникністю, що призведе до нерівномірного вироблення пласта та низької віддачі вуглеводнів. Тому розроблений спосіб впливу на продуктивний пласт доцільно використовувати в низькопроникних породах колекторах, таких як карбонати з прошарками глини, алевролітах, аргелітах та інших, із невеликими пластовими тисками.

Отримані результати базуються на генерації вібрації, які передаються до вибою свердловини. Ці вібрації можуть допомагати ламати забруднення та дрібні частинки в карбонатних породах, полегшуючи вивільнення вуглеводневої продукції та покращуючи проникність.

Ключові слова: нафтова та газова промисловість, лабораторна установка, свердловина, проникність, амплітуда коливання, суглинки, віброхвилі, видобуток рідини.

DOI: 10.15587/2706-5448.2023.293005

СИЛОВИЙ ВПЛИВ КРУГОВОГО ОБЕРТОВОГО МАГНІТНОГО ПОЛЯ ЦИЛІНДРИЧНОГО ЕЛЕКТРИЧНОГО ІНДУКТОРА НА ФЕРОМАГНІТНУ ЧАСТИНКУ В ТЕХНОЛОГІЧНИХ РЕАКТОРАХ (стор. 34–40)

Польціков Г. А., Жуков П. Б.

Об'єктом дослідження є силовий вплив кругового магнітного поля циліндричних індукторів з обмотками змінного струму на виконавчий елемент технологічних реакторів – феромагнітну частинку. Технології з використанням обертового магнітного поля та феромагнітних частинок (ОМП і ФЧ) знаходять дедалі ширше застосування в промисловості, у пристроях тонкого та надтонкого помелу, перемішування й активації, у будівельній та хімічній індустрії, в енергозберігаючих та екологічних системах.

У виконаних раніше дослідженнях авторами запропоновано методику розрахунку силового впливу на феромагнітні частинки (ФЧ) еліптичного обертового магнітного поля (ОМП) зовнішнього циліндричного індуктора із симетричною обмоткою змінного струму. У цій роботі на основі цієї методики виводяться й аналізуються формули силового впливу на ФЧ основної гармоніки ОМП циліндричних індукторів із різним числом пар полюсів.

Показано, що для магнітотвердої (Hard-magnetic) і насиченої магнітом'якої (soft-magnetic) частинки в круговому полі циліндричного індуктора з числом пар полюсів, більшим за одиницю, модуль магнітної сили зсуву не залежить від орієнтації магнітного моменту феромагнітної частинки, а напрямок дії цієї сили визначається кутом між вектором індукції кругового поля та магнітним моментом частинки. При збереженні подібності індукторів і рівності в них амплітуди магнітної індукції на поверхні розточки індуктора магнітна сила зміщення не зберігає подібності, зокрема при збереженні значень магнітного моменту частинки ця сила обернено пропорційна радіусу розточки циліндричного індуктора.

Наведено приклади застосування формул для розрахунку відношення сил зміщення до ваги частинки та розрахунку сил для не насиченої магнітом'якої (soft-magnetic) частинки, де через залежність магнітного моменту від величини поля розрахункові формули видозмінюються та набувають дещо іншого вигляду, ніж формули для частинки з незмінним модулем магнітного моменту.

Результати роботи будуть корисними для інженерів і дослідників, зайнятих дослідженнями, розробленням, проектуванням та експлуатацією реакторів з технологіями ОМП і ФЧ.

Ключові слова: електромагнітні млини, кругове поле, циліндричний індуктор магнітного поля, феромагнітні частинки, намагніченість, магнітні сили.

DOI: 10.15587/2706-5448.2023.293663

ОБҐРУНТУВАННЯ НЕОБХІДНОСТІ МОДЕРНІЗАЦІЇ ІСНУЮЧИХ ЦЕНТРАЛЬНИХ ТЕПЛОВИХ ПУНКТІВ В УКРАЇНІ (стор. 41–46)

Невлюдов І. Ш., Іванов Л. С., Янушкевич Д. А., Гудца О. М., Опришко Ю. М.

Об'єктом дослідження є центральні теплові пункти (ЦТП) в Україні. Проблема, яка вирішується в роботі, – необхідність модернізації та автоматизації існуючих ЦТП. Важливість проблеми – наявність великої кількості ЦТП в Україні, які потребують термінової модернізації морально застарілого обладнання та автоматизації управління режимами їх роботи, які необхідно проводити поетапно без виведення їх з експлуатаційного стану.

Обґрунтовано необхідність модернізації та подальшої автоматизації існуючих ЦТП в Україні, яка полягає в тому, що це дозволить підвищити ефективність роботи ЦТП за рахунок використання сучасного технічного обладнання, програмного забезпечення та підготовлених фахівців з автоматизованого управління процесом теплопостачання споживачам. А також дозволить знизити вартість тарифів на теплопостачання за рахунок скорочення невиробничих витрат і знизити кількість обслуговуючого персоналу, які управляють режимами роботи в ручному режимі. Під час військового стану своєчасне вирішення проблем з якісним теплозабезпеченням населення набуває особливого значення.

Результатом проведеного дослідження є теоретичний аналіз якісної роботи ЦТП в країнах ЄС, реалізації їх можливостей та перспектив подальшого використання з метою перенесення їх досвіду в Україну. Також був проведений теоретичний аналіз кількості та сучасного технічного обладнання ЦТП в Україні у теперішній час.

В результаті проведених досліджень про діючі ЦТП в Україні було проведено обстеження їх технічного стану, розроблені та запропоновані конкретні напрями з поетапної модернізації та автоматизації їх обладнання, та додаткові заходи щодо термомодернізації магістральних трубопроводів і сучасної теплоізоляції будівель і споруд.

Можливість практичного впровадження – поетапна модернізація та автоматизація ЦТП, підвищення технічних і технологічних можливостей обладнання та зниження тарифів на тепло та водопостачання для споживачів.

Ключові слова: центральний тепловий пункт, морально застаріле обладнання, модернізація, автоматизація, водопостачання, теплоенергія, електроенергія, споживачі.

DOI: 10.15587/2706-5448.2023.294081

РОЗРОБКА МЕТОДОЛОГІЇ СКРИНІНГУ НАФТОВИЛУЧЕННЯ З УРАХУВАННЯМ ІННОВАЦІЙНИХ МЕТОДІВ НА ПРИКЛАДІ УКРАЇНСЬКОГО РОДОВИЩА (стор. 47–53)

Маргуся О. В., Цвєткович Б.

Об'єктом дослідження у роботі є процес переносу флюїду через поровий простір породи-колектора. Традиційний метод оцінки нафтовилучення шляхом заводнення має велику кількість невизначеностей. У цьому дослідженні, щоб усунути обмеження в поточному підході до визначення видобутку нафти, запроваджено систематичний алгоритм, спрямований на підвищення точності результатів.

Представлено методологію обрахунку коефіцієнту вилучення нафти для визначення кількості нафти, що може бути вилучено шляхом заводнення. У цій роботі аналітично було встановлено поетапність дій визначення коефіцієнту нафтовилучення, що досягає певного ступеня точності завдяки включенню ряду методик обрахунку науковців з різних країн світу. Зокрема пропонується літофацийний розподіл пласта завдяки методу крігінг, використання репрезентативного елементарного об'єму (*REV*) для збільшення точності визначення залишкового водонасичення кожної фації, застосування рівняння Баклі-Лeverетта в розрахунку коефіцієнту вилучення нафти. На прикладі горизонту В-16н «Українського родовища» було встановлено кількість фацій (пісковик, пісковик глинистий, алевроліт) та розраховані коефіцієнти вилучення нафти для кожної окремо (0,53, 0,47, 0,29). Подальше визначення середнього коефіцієнту вилучення нафти описане в дослідженні та потребує тісної інтеграції отриманих даних у тривимірний простір, оскільки дозволяє обрахувати частку фациального вмісту в об'ємі пласта.

Використання запропонованого алгоритму дій допоможе побудувати більш достовірну тривимірну гідродинамічну модель, що призведе до значно меншого ступеня невизначеності колекторських властивостей, а зокрема, залишкового водонасичення, а також до більшої точності розповсюдження літологічних властивостей за допомогою методу крігінгу. Також ця методологія для обрахунку коефіцієнту нафтовилучення передбачає використання рівняння Баклі-Лeverетта та кривих фракційних потоків, дані яких базуються на відносних проникностях та залежать від залишкового водонасичення, що визначені лабораторно для кожної літофації. Ці методики обґрунтовують збір додаткового кернавого матеріалу, важливість літофаціального розчленування пласта та тісно інтегровані в тривимірний простір, що дає змогу змоделювати наявні процеси, відтворити запропоновану методологію та виконати прогноз.

Ключові слова: залишкове водонасичення, репрезентативний елементарний об'єм, крігінг, відносна проникність, криві фракційних потоків, коефіцієнт вилучення нафти.