

## ABSTRACT AND REFERENCES

## ENERGY-SAVING TECHNOLOGIES AND EQUIPMENT

DOI: 10.15587/1729-4061.2020.208698

## A NEW APPROACH TO DETECTING AND CLASSIFYING MULTIPLE FAULTS IN IEEE 14-BUS SYSTEM (p. 6–16)

Ibrahim Ismael Alnaib

University of Mosul, Mosul, Iraq

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9041-0067>

Omar Sh. Alyozbaky

University of Mosul, Mosul, Iraq

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9735-1469>

Ali Abbawi

University of Mosul, Mosul, Iraq

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3773-6447>

Faults in the power system generally provide considerable changes in its quantities such as under or over-power, over-current, current or power direction, frequency, impedance, and power factor. Reading data related to both currents and voltages is usually involved for detecting and situating the fault on the transmission network. These days, any outage of power in a power grid leads to heavy financial losses for commercial, industrial, and domestic consumers. Random and irregular faults in transmission grids contribute significantly to events of power outages. A significant contribution of this study is a new technique for simulating a multiple simultaneous faults model. The recommended approach is an effective technique for detection, classification and localization of faults in transmission networks of electric power. To attain this objective, a training procedure and a neural network simulation were carried out using m-file in MATLAB. A virtual bus has been proposed to analyze the fault which happens on the transmission line and bus. This technique has been applied on the IEEE 14 bus and multiple simultaneous faults have been mentioned in this study. The fault situations are simulated in m-files through the two-port network performance method, which is a highly enhanced scheme in comparison to the existing methods. The results have been arrived upon by subjecting different buses to varying types of fault. The results provide comprehensive information regarding fault current, post-fault voltages, and fault MVA on all the buses. The values at the bus for voltage, power consumption, and phase angles were specified. As suggested by the findings of the simulation, the proposed methodology is an effective technique for detection, classification and localization of faults.

**Keywords:** simultaneous faults, artificial neural network, fault detection, classification, two-port network.

## References

- Jia, H. (2017). An Improved Traveling-Wave-Based Fault Location Method with Compensating the Dispersion Effect of Traveling Wave in Wavelet Domain. *Mathematical Problems in Engineering*, 2017, 1–11. doi: <https://doi.org/10.1155/2017/1019591>
- Shaoyu, X., Xiuli, W., Chong, Q., Xifan, W., Jingli, G. (2013). Impacts of different wind speed simulation methods on conditional reliability indices. *International Transactions on Electrical Energy Systems*, 25(2), 359–373. doi: <https://doi.org/10.1002/etep.1851>
- Han, Z. (1982). Generalized Method of Analysis of Simultaneous Faults in Electric Power System. *IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems*, PAS-101 (10), 3933–3942. doi: <https://doi.org/10.1109/tpas.1982.317045>
- Abbawi, A., Ismael, I., Alyozbaky, O. S. (2020). Comparison between Two Methods to Analyze Multiple Faults in IEEE 14-Bus. 2020 7th International Conference on Electrical and Electronics Engineering (ICEEE). doi: <https://doi.org/10.1109/iceee49618.2020.9102491>
- Al Kazzaz, S. A. S., Ismaeel, I., Mohammed, K. K. (2020). Fault detection and location of power transmission lines using intelligent distance relay. *International Journal of Power Electronics and Drive Systems (IJPEDS)*, 11 (2), 726. doi: <https://doi.org/10.11591/ijpeds.v11.i2.pp726-734>
- Choi, M.-S., Lee, S.-J., Lee, D.-S., Jin, B.-G. (2004). A New Fault Location Algorithm Using Direct Circuit Analysis for Distribution Systems. *IEEE Transactions on Power Delivery*, 19 (1), 35–41. doi: <https://doi.org/10.1109/tpwrd.2003.820433>
- Girgis, A. A., Fallon, C. M. (1992). Fault location techniques for radial and loop transmission systems using digital fault recorded data. *IEEE Transactions on Power Delivery*, 7 (4), 1936–1945. doi: <https://doi.org/10.1109/61.156997>
- Coser, J., do Vale, D. T., Rolim, J. G. (2007). Design and Training of Artificial Neural Networks for Locating Low Current Faults in Distribution Systems. 2007 International Conference on Intelligent Systems Applications to Power Systems. doi: <https://doi.org/10.1109/isap.2007.4441599>
- Thukaram, D., Khincha, H. P., Vijaynarasimha, H. P. (2005). Artificial Neural Network and Support Vector Machine Approach for Locating Faults in Radial Distribution Systems. *IEEE Transactions on Power Delivery*, 20 (2), 710–721. doi: <https://doi.org/10.1109/tpwrd.2005.844307>
- Gracia, J., Mazon, A. J., Zamora, I. (2005). Best ANN Structures for Fault Location in Single- and Double-Circuit Transmission Lines. *IEEE Transactions on Power Delivery*, 20 (4), 2389–2395. doi: <https://doi.org/10.1109/tpwrd.2005.855482>
- Z Chen, Z., Maun, J.-C. (2000). Artificial neural network approach to single-ended fault locator for transmission lines. *IEEE Transactions on Power Systems*, 15 (1), 370–375. doi: <https://doi.org/10.1109/59.852146>
- Navaneethan, S., Soraghan, J. J., Siew, W. H., McPherson, F., Gale, P. F. (2002). Automatic fault location for underground low voltage distribution networks. 2002 IEEE Power Engineering Society Winter Meeting. Conference Proceedings (Cat. No.02CH37309). doi: <https://doi.org/10.1109/pesw.2002.985114>
- Ngaopitakkul, A., Pothisarn, C. (2009). Discrete wavelet transform and back-propagation neural networks algorithm for fault location on single-circuit transmission line. 2008 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics. doi: <https://doi.org/10.1109/robio.2009.4913242>
- Tawfik, M. M., Morcos, M. M. (2005). On the use of Prony method to locate faults in loop systems by utilizing modal parameters of fault current. *IEEE Transactions on Power Delivery*, 20 (1), 532–534. doi: <https://doi.org/10.1109/tpwrd.2004.839739>
- Borghetti, A., Corsi, S., Nucci, C. A., Paolone, M., Peretto, L., Tinarelli, R. (2005). On the use of continuous-wavelet transform for fault location in distribution power networks. 15th Power Syst. Comput. Conf. PSCC 2005.
- Borghetti, A., Bosetti, M., Di Silvestro, M., Nucci, C. A., Paolone, M. (2008). Continuous-Wavelet Transform for Fault Location in Distribution Power Networks: Definition of Mother Wavelets Inferred From Fault Originated Transients. *IEEE Transactions on Power Systems*, 23 (2), 380–388. doi: <https://doi.org/10.1109/tpwrs.2008.919249>
- Kezunovic, M. (1997). A survey of neural net applications to protective relaying and fault analysis. *Eng. Intell. Syst.*, 5 (4), 185–192.

18. Khorashadi-Zadeh, H., Aghaebrahimi, M. R. (2005). A Novel Approach to Fault Classification and Fault Location for Medium Voltage Cables Based on Artificial Neural Network. *International Journal of Computational Intelligence*, 2 (2), 90–93.
19. Sousa Martins, L., Martins, J. F., Fernão Pires, V., Alegria, C. M. (2005). A neural space vector fault location for parallel double-circuit distribution lines. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 27 (3), 225–231. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2004.10.004>
20. Purushothama, G. K., Narendranath, A. U., Thukaram, D., Parthasarathy, K. (2001). ANN applications in fault locators. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 23 (6), 491–506. doi: [https://doi.org/10.1016/s0142-0615\(00\)00068-5](https://doi.org/10.1016/s0142-0615(00)00068-5)
21. Mazon, A. J., Zamora, I., Miñambres, J. F., Zorroza, M. A., Barandiaran, J. J., Sagastabeitia, K. (2000). A new approach to fault location in two-terminal transmission lines using artificial neural networks. *Electric Power Systems Research*, 56 (3), 261–266. doi: [https://doi.org/10.1016/s0378-7796\(00\)00122-x](https://doi.org/10.1016/s0378-7796(00)00122-x)
22. Chunju, F., Li, K. K., Chan, W. L., Weiyong, Y., Zhaoning, Z. (2007). Application of wavelet fuzzy neural network in locating single line to ground fault (SLG) in distribution lines. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 29 (6), 497–503. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2006.11.009>
23. Jain, A., Kale, V. S., Thoke, A. S. (2006). Application of artificial neural networks to transmission line faulty phase selection and fault distance location. Conference: Proceedings of the IASTED International conference “Energy and Power System”, 262–267.
24. Carpinelli, G., Lauria, D., Varilone, P. (2006). Voltage stability analysis in unbalanced power systems by optimal power flow. *IEE Proceedings - Generation, Transmission and Distribution*, 153 (3), 261. doi: <https://doi.org/10.1049/ip-gtd:20050011>
25. Vasilic, S., Kezunovic, M. (2005). Fuzzy ART Neural Network Algorithm for Classifying the Power System Faults. *IEEE Transactions on Power Delivery*, 20 (2), 1306–1314. doi: <https://doi.org/10.1109/tpwrd.2004.834676>
26. Silva, K., Dantas, K. M. C., Souza, B., Brito, N. S. D., Costa, F., Silva, J. A. C. B. (2006). Haar Wavelet-Based Method for Fast Fault Classification in Transmission Lines. 2006 IEEE/PES Transmission & Distribution Conference and Exposition: Latin America. doi: <https://doi.org/10.1109/tdcla.2006.311465>
27. Dong, X., Kong, W., Cui, T. (2009). Fault Classification and Faulted-Phase Selection Based on the Initial Current Traveling Wave. *IEEE Transactions on Power Delivery*, 24 (2), 552–559. doi: <https://doi.org/10.1109/tpwrd.2008.921144>
28. Silva, K. M., Souza, B. A., Brito, N. S. D. (2006). Fault Detection and Classification in Transmission Lines Based on Wavelet Transform and ANN. *IEEE Transactions on Power Delivery*, 21 (4), 2058–2063. doi: <https://doi.org/10.1109/tpwrd.2006.876659>
29. Dutta, P., Esmailian, A., Kezunovic, M. (2014). Transmission-Line Fault Analysis Using Synchronized Sampling. *IEEE Transactions on Power Delivery*, 29 (2), 942–950. doi: <https://doi.org/10.1109/tpwrd.2013.2296788>
30. Mahamedi, B. (2011). A novel setting-free method for fault classification and faulty phase selection by using a pilot scheme. 2011 2nd International Conference on Electric Power and Energy Conversion Systems (EPECS). doi: <https://doi.org/10.1109/epes.2011.6126835>
31. Rakityanska, H. (2015). Neural-network approach to structural tuning of classification rules based on fuzzy relational equations. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (2 (76)), 51–57. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2015.47124>
32. Kodsí, S. K. M., Canizares, C. A. (2003). Modeling and simulation of IEEE 14-bus system with FACTS controllers.

DOI: 10.15587/1729-4061.2020.213492

### IMPROVING THE EFFICIENCY OF ELECTRICAL ENERGY DISTRIBUTION WITH DECENTRALIZED ELECTRIC HEATING CONTROL BASED ON NASH EQUILIBRIUM (p. 17–23)

Oleksander Zaslavsky

Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7812-7229>

Victor Tkachov

Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2079-4923>

Kostiantyn Sosnin

Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4922-8041>

The widespread use of electricity determines the development of new methods for effective control of electrical energy consumers in the face of changing constraints. A model of a decentralized control system for a group of electric room heaters based on the collective behavior of automatic machines interacting with a random environment with a limited resource distribution is studied.

The considered problem differs from the known ones in that the distribution participants are limited in the use of the resource by the “all or nothing” condition. This means that each electric heater at the current time can use a fixed amount of energy resources or refuse it, and the third is not provided. The decision to connect the heaters to the electrical network is made when performing the Nash equilibrium. The Nash equilibrium condition in this work means that the unused power of the electrical network is lower than the power of any heater not connected to the electrical network.

The self-organization procedure of a group of electric heaters is studied. A model of a control system for electric heaters has been developed with the task of distributing a limited resource of electrical energy based on Nash equilibrium, using the principles of decentralized control, information technologies for the development and implementation of control actions by a group of heaters. The experiments carried out have confirmed the effectiveness of a decentralized electric heating control system and allow us to recommend it for practical use. It is shown that the proposed approach opens the way to the construction of cost-effective intelligent electric heating systems.

**Keywords:** decentralized control system, limited resource distribution, collective behavior of automatic machine, electric heating.

#### References

1. Zhuravlevich, S. (2020). V Belarusi nachinayut massovo stroit' elektrieskie mnogoetazhki. Obyasnyayem, kakie u nih minusy. Available at: <https://reality.tut.by/news/building/669062.html>
2. Il'chenko, V. (2017). Kak zhivut goroda Ukrainy, kotorye otkazalis' ot tsentral'nogo otopleniya. Available at: <https://energo.delo.ua/energo-government-policy/goroda-kotorye-sdalis-i-otkazalis-ot-centralnogo-otopleniya-331568/>
3. Fajda, L. F., Sobolev, S. A., Fajda, E. L. (2004). Pat. No. 2259022 C1 RF. Method for controlling group of electric-heating devices. No. 2004107224/09; declared: 10.03.2004; published: 20.08.2005, Bul. No. 23.
4. Zhang, X., Shi, W., Li, X., Yan, B., Malkawi, A., Li, N. (2016). Decentralized temperature control via HVAC systems in energy efficient buildings: An approximate solution procedure. 2016 IEEE Global Conference on Signal and Information Processing (GlobalSIP). doi: <https://doi.org/10.1109/globalsip.2016.7905980>

5. Villar, J. R., de la Cal, E., Sedano, J. (2009). A fuzzy logic based efficient energy saving approach for domestic heating systems. *Integrated Computer-Aided Engineering*, 16 (2), 151–163. doi: <https://doi.org/10.3233/ica-2009-0302>
6. Tkachov, V., Gruhler, G., Zaslavski, A., Bublikov, A., Protsenko, S. (2018). Development of the algorithm for the automated synchronization of energy consumption by electric heaters under condition of limited energy resource. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (8 (92)), 50–61. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.126949>
7. Karavas, C.-S., Kyriakarakos, G., Arvanitis, K. G., Papadakis, G. (2015). A multi-agent decentralized energy management system based on distributed intelligence for the design and control of autonomous polygeneration microgrids. *Energy Conversion and Management*, 103, 166–179. doi: <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2015.06.021>
8. Shi, W., Li, N., Chu, C.-C., Gadh, R. (2017). Real-Time Energy Management in Microgrids. *IEEE Transactions on Smart Grid*, 8 (1), 228–238. doi: <https://doi.org/10.1109/tsg.2015.2462294>
9. Sosnin, K., Tkachev, V., Shkola, N., Martynenko, A. (2016). Model of decision support system based on fuzzy sets for grain drying control. 20th International Drying Symposium. Gifu.
10. Morkun, V., Savytskyi, O., Ruban, S. (2015). The use of heat pumps technology in automated distributed system for utilization of low-temperature energy of mine water and ventilation air. *Metallurgical and Mining Industry*, 6, 118–121.
11. Golinko, I., Galytska, I. (2020). Mathematical Model of Heat Exchange for Non-stationary Mode of Water Heater. *Advances in Computer Science for Engineering and Education II. ICCSEE 2019. AISC*, 938, 58–67. doi: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-16621-2\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-030-16621-2_6)
12. Herasina, O. V., Husiev, O. Y., Korniienko, V. I. (2019). Neuro-fuzzy forecasting of non-linear processes of blast furnace production. *Radio Electronics, Computer Science, Control*, 1, 89–97. doi: <https://doi.org/10.15588/1607-3274-2019-1-9>
13. Wernstedt, F., Davidsson, P., Johansson, C. (2007). Demand side management in district heating systems. *Proceedings of the 6th International Joint Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems - AAMAS '07*. doi: <https://doi.org/10.1145/1329125.1329454>
14. Kupin, A. I., Muzyka, I. O., Kuznetsov, D. I. (2017). Structure of decision support system of information system intelligent climate control residential. *Radio Electronics, Computer Science, Control*, 1, 171–177. Available at: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/riu\\_2017\\_1\\_21](http://nbuv.gov.ua/UJRN/riu_2017_1_21)
15. Tsetlin, M. L. (1969). *Issledovaniya po teorii avtomatov i mod-elirovaniyu biologicheskikh sistem*. Moscow: Nauka, 316.
16. Varshavskiy, V. I. (1973). *Kollektivnoe povedenie avtomatov*. Moscow: Nauka, 405.
17. Burkov, V. N. (1977). *Osnovy matematicheskoy teorii aktivnykh sistem*. Moscow: Nauka, 256.
18. Zaslavsky, A. M., Tkachov, V. V., Protsenko, S. M., Bublikov, A. V., Suleimenov, B., Orshubekov, N., Gromaszek, K. (2017). Self-organizing intelligent network of smart electrical heating devices as an alternative to traditional ways of heating. *Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High Energy Physics Experiments 2017*. doi: <https://doi.org/10.1117/12.2281225>

DOI: 10.15587/1729-4061.2020.213867

### IMPROVING THE OPERATION OF A DRUM GRAIN DRYER WITH JUSTIFICATION OF THE LOW-TEMPERATURE MODE PARAMETERS (p. 24–30)

Vadim Paziuk

Institute of Engineering Thermophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine  
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4955-1941>

Volodymyr Dub

Kharkiv State University of Food Technology and Trade,  
Kharkiv, Ukraine  
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2078-4426>

Oleg Tereshkin

Kharkiv State University of Food Technology and Trade,  
Kharkiv, Ukraine  
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5265-4087>

Andrii Zahorulko

Kharkiv State University of Food Technology and Trade,  
Kharkiv, Ukraine  
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7768-6571>

Igor Lebedynets

Kharkiv State University of Food Technology and Trade,  
Kharkiv, Ukraine  
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5703-838X>

Dmytro Pankov

National University of Food Technology, Kyiv, Ukraine  
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3786-1800>

Anna Hotvianska

Dnipro State Agrarian and Economic University, Dnipro, Ukraine  
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3887-3192>

The proposed engineering and technological solutions are aimed at improving the operation of a low-temperature drum grain dryer by using a combined mechanical vibration exciter, with the further justification of low-temperature regime parameters. Existing vibration technologies imply the high-temperature drying of food grains with further utilization of spent heat carrier for reheating it. In this case, the high-temperature drying of cereals and seed crops (grains, onions, etc.) does not make it possible to maintain high germination, emphasizing the need for low-temperature treatment, which, in this case, reduces the efficiency of spent heat carrier. Therefore, to improve the efficiency of the drying process and technology, it has been proposed to employ vibration low-frequency technologies that ensure seed quality.

The trajectory and the kinetic energy of the drum container with a combined mechanical vibration exciter have been calculated for the improved vibratory drum grain dryer. The rational vibration intensity for seed drying providing the following kinetic characteristics has been established: vibration speed, to 0.03 m/s; vibration acceleration, 30 m/s<sup>2</sup>; vibration intensity, 2.6 m<sup>2</sup>/s<sup>2</sup>; at amplitude vibration not exceeding 2 mm. It has been also established that the intense warming of a barley layer occurs at a temperature of 50 °C and a humidity of 13.5 %, the final temperature is 42.4 °C, and, at 40 °C, is, accordingly, 35.4 °C. This has confirmed that the low-temperature drying of barley seeds of the variety “Stalker” (Ukraine) takes place during the periods of constant and falling drying speed characterized by a high level of germination (95...93 %).

**Keywords:** cereal crops, grain dryer, drum container, kinetics, combined mechanical vibration exciter, vibration intensity, vibration speed.

#### References

1. Wang, Z., Li, J., Lai, C., Wang, R. Y., Chen, X., Lian, Y. (2018). Drying tendency dominating the global grain production area. *Global Food Security*, 16, 138–149. doi: <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2018.02.001>
2. Cruz, F. P. B., Johann, G., de Oliveira, K. C., Palú, F., da Silva, E. A., Guirardello, R., Curvelo Pereira, N. (2017). Crambe grain drying: Evaluation of a linear and double resistance driving force model and energetic performance. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 80, 1–8. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.170>
3. Sivakumar, R., Saravanan, R., Elaya Perumal, A., Iniyan, S. (2016). Fluidized bed drying of some agro products – A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 61, 280–301. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.04.014>

4. Azmir, J., Hou, Q., Yu, A. (2020). CFD-DEM study of the effects of food grain properties on drying and shrinkage in a fluidised bed. *Powder Technology*, 360, 33–42. doi: <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2019.10.021>
5. Tehnologiya posleuborochnoy obrabotki i sushki zerna. Available at: <https://propozitsiya.com/tehnologiya-pislyazbiralnoyi-obrobki-ta-sushinnya-zerna>
6. Das, H. J., Mahanta, P., Saikia, R., Aamir, M. S. (2020). Performance Evaluation of drying Characteristics in conical bubbling fluidized bed dryer. *Powder Technology*, 374, 534–543. doi: <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2020.06.051>
7. Felker, F. C., Kenar, J. A., Byars, J. A., Singh, M., Liu, S. X. (2018). Comparison of properties of raw pulse flours with those of jet-cooked, drum-dried flours. *LWT*, 96, 648–656. doi: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.06.022>
8. Palamarchuk, I., Bandura, V., Palamarchuk, V. (2013). Analysis of the dynamics of vibroconveyor technological system with combined kinematic vibroexcitation. *MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture*, 15 (4), 314–323.
9. Palamarchuk, I., Zozulyak, O., Gerasimov, O. (2013). The project of control system for drying of the granular materials in convection-filtration centrifugal machine. *MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture*, 15 (4), 212–218.
10. Palamarchuk, I. P., Pazyuk, V. M., Pazyuk, O. D., Yanovich, V. P. (2012). Issledovanie matematicheskoy modeli vibratsionnoy barabannoy zernosushilki. *Vibratsii v tehnikе i tehnologii*, 4, 130–135.
11. Horváth, D., Poós, T., Tamás, K. (2019). Modeling the movement of hulled millet in agitated drum dryer with discrete element method. *Computers and Electronics in Agriculture*, 162, 254–268. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.03.033>
12. Cherevko, A., Kiptelaya, L., Mikhaylov, V., Zagorulko, A., Zagorulko, A. (2015). Development of energy-efficient ir dryer for plant raw materials. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (8 (76)), 36–41. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2015.47777>
13. Kiptelaya, L., Zagorulko, A., Zagorulko, A. (2015). Improvement of equipment for manufacture of vegetable convenience foods. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (10 (74)), 4–8. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2015.39455>
14. Erkinbaev, C., Ramachandran, R. P., Cenkowski, S., Paliwal, J. (2019). A comparative study on the effect of superheated steam and hot air drying on microstructure of distillers' spent grain pellets using X-ray micro-computed tomography. *Journal of Food Engineering*, 241, 127–135. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.08.004>
15. Borel, L. D. M. S., Marques, L. G., Prado, M. M. (2020). Performance evaluation of an infrared heating-assisted fluidized bed dryer for processing bee-pollen grains. *Chemical Engineering and Processing - Process Intensification*, 155, 108044. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cep.2020.108044>
16. Agrarii ukazali osnovnye sorta yarovogo yachmenya v 2018 g. Available at: <https://latifundist.com/novosti/40679-agrarii-ukazali-osnovnye-sorta-yarovogo-yachmenya-v-2018-g>
17. Pazyuk, V. M., Pazyuk, O. D., Yanovich, V. P. (2015). Issledovanie raboty vibratsionnoy barabannoy sushilki. *Tehnika i energetika, transport APK*, 2 (1), 104–108.

DOI: 10.15587/1729-4061.2020.208638

**AN EXPERIMENTAL STUDY OF SOLAR COOKER PERFORMANCE WITH THERMAL CONCENTRATOR SYSTEM BY SPOT FRESNEL LENS (p. 31–41)**

**Asrori Asrori**

Brawijaya University, Malang, Indonesia  
State Polytechnic of Malang, Malang, Indonesia  
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9414-3015>

**Sudjito Suparman**

Brawijaya University, Malang, Indonesia  
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3490-7543>

**Slamet Wahyudi**

Brawijaya University, Malang, Indonesia  
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4479-0895>

**Denny Widhiyanuriyawan**

Brawijaya University, Malang, Indonesia  
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5729-4212>

The study to investigate the thermal performance of solar cooker using a spot Fresnel lens for concentrators of solar thermal energy is conducted.

The main objectives of the present work are:

- a) to develop a new design of the cooking pot of solar cooker as an absorber of solar thermal from a spot Fresnel lens;
- b) to analyze the relationship of several temperature parameters in the cooking pot with the thermal efficiency of the Fresnel solar cooker (FSC);
- c) to conduct field test by heating test and cooling test to obtain a performance characteristic of FSC.

The experimental test was conducted at Brawijaya University (7.9553°S, 112.6145°E), East Java, Indonesia during August – September 2019. The Fresnel lens operation method uses the azimuth manual tracker to concentrate direct normal irradiance (DNI). The measurement of Direct Normal Irradiance (DNI) was made by the SM 206 Solar Power Meter and placed on the FSC frame. A new design of solar cooking pot has been developed. That is a cylindrical shape for boiling water and food cooking with a cone cavity as a solar collector. While on the cooking pot, the temperature sensor is placed:

- 1) ambient temperature;
- 2) cooking pot temperature;
- 3) focal point temperature on the receiver surface;
- 4) water temperature in the solar cooking pot.

It is connected to the Digi-Sense 12 CH-Scanning Benchtop Thermometer for temperature data acquisition system. The measurement of wind speed was made by Cup Anemometer ABH-4224. The procedure for testing the FSC was developed based on existing international testing standards. The receiver/cooking pot was tested for thermal performance characteristics of cooking by conducting the following tests:

- 1) no-load test;
- 2) water heating and cooling tests.

The experimental results show that the average stagnation temperature in a cooking pot with a conical cavity receiver was 267.35 °C. The receiver shape with a conical cavity has better heat transfer capability and low heat losses, hence, making it suitable for applications on FSC. DNI ±850 W/m<sup>2</sup> produces a focal point temperature of 1064 °C, a heat removal factor of 7.39 W/m<sup>2</sup>·°C, and an optical efficiency factor of 0.312. Therefore, the thermal efficiency of the FSC is 27.72 %. The thermal efficiency tends to decrease until the end of the process due to the influence of the optical efficiency factor.

**Keywords:** Fresnel lens, solar cooker, solar energy, solar cooking pot, receiver, conical cavity, temperature, heat removal factor, optical efficiency factor.

**References**

1. Handbook of Energy & Economic Statistics of Indonesia (2019). Jakarta. Available at: <https://www.esdm.go.id/assets/media/content/content-handbook-of-energy-and-economic-statistics-of-indonesia-2018-final-edition.pdf>
2. Nkhonjera, L., Bello-Ochende, T., John, G., King'ondo, C. K. (2017). A review of thermal energy storage designs, heat storage materials and



- cooking performance of solar cookers with heat storage. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 75, 157–167. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.10.059>
3. Cuce, E., Cuce, P. M. (2013). A comprehensive review on solar cookers. *Applied Energy*, 102, 1399–1421. doi: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2012.09.002>
  4. Ademe, Z., Hameer, S. (2018). Design, construction and performance evaluation of aBox type solar cooker with a glazing wiper mechanism. *AIMS Energy*, 6 (1), 146–169. doi: <https://doi.org/10.3934/energy.2018.1.146>
  5. Kassem, T. K., Youssef, M. S. (2011). Solar cookers and its application for food cooking in remote areas: review. *Journal of Engineering Sciences, Assiut University*, 39 (5), 1033–1042.
  6. Cuce, E., Cuce, P. M. (2013). Theoretical investigation of hot box solar cookers having conventional and finned absorber plates. *International Journal of Low-Carbon Technologies*, 10 (3), 238–245. doi: <https://doi.org/10.1093/ijlct/ctt052>
  7. Panwar, N. L., Kaushik, S. C., Kothari, S. (2012). State of the art of solar cooking: An overview. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16 (6), 3776–3785. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.03.026>
  8. Aramesh, M., Ghalebani, M., Kasaeian, A., Zamani, H., Lorenzini, G., Mahian, O., Wongwises, S. (2019). A review of recent advances in solar cooking technology. *Renewable Energy*, 140, 419–435. doi: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.03.021>
  9. Geddani, S., Dinesh, G. K., Sivasankar, T. (2015). Determination of thermal performance of a box type solar cooker. *Solar Energy*, 113, 324–331. doi: <https://doi.org/10.1016/j.solener.2015.01.014>
  10. Shukla, S. K., Khandal, R. K. (2015). Design Investigations on Solar Cooking Devices for Rural India. *Distributed Generation & Alternative Energy Journal*, 31 (1), 29–65. doi: <https://doi.org/10.1080/21563306.2016.11667618>
  11. Folaranmi, J. (2013). Performance Evaluation of a Double-Glazed Box-Type Solar Oven with Reflector. *Journal of Renewable Energy*, 2013, 1–8. doi: <https://doi.org/10.1155/2013/184352>
  12. Muthusivagami, R. M., Velraj, R., Sethumadhavan, R. (2010). Solar cookers with and without thermal storage – A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14 (2), 691–701. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2008.08.018>
  13. Wentzel, M., Pouris, A. (2007). The development impact of solar cookers: A review of solar cooking impact research in South Africa. *Energy Policy*, 35 (3), 1909–1919. doi: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2006.06.002>
  14. Mofijur, M., Mahlia, T., Silitonga, A., Ong, H., Silakhori, M., Hasan, M. et. al. (2019). Phase Change Materials (PCM) for Solar Energy Usages and Storage: An Overview. *Energies*, 12 (16), 3167. doi: <https://doi.org/10.3390/en12163167>
  15. Biadgelegn Wollele, M., Aman Hassen, A. (2019). Design and experimental investigation of solar cooker with thermal energy storage. *AIMS Energy*, 7 (6), 957–970. doi: <https://doi.org/10.3934/energy.2019.6.957>
  16. Jradi, M., Riffat, S. (2012). Medium temperature concentrators for solar thermal applications. *International Journal of Low-Carbon Technologies*, 9 (3), 214–224. doi: <https://doi.org/10.1093/ijlct/cts068>
  17. Asrori, A., Suparman, S., Wahyudi, S., Widhiyanuriyawan, D. (2020). Investigation of steam generation performance on conical cavity receiver by different geometric concentration ratios for fresnel lens solar concentrator. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (8 (106)), 6–14. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.209778>
  18. Guan, Z., Ke, J., Zhao, C. (2018). High convergence efficiency design of flat Fresnel lens with large aperture. 2017 International Conference on Optical Instruments and Technology: Advanced Laser Technology and Applications. doi: <https://doi.org/10.1117/12.2295572>
  19. Askins, S., Victoria, M., Herrero, R., Domínguez, C., Antón, I., Sala, G. et. al. (2011). Effects of Temperature on Hybrid Lens Performance. *AIP Conference Proceedings*, 1407. doi: <https://doi.org/10.1063/1.3658294>
  20. Zhang, X., Liu, K., Shan, X., Liu, Y. (2014). Roll-to-roll embossing of optical linear Fresnel lens polymer film for solar concentration. *Optics Express*, 22 (S7), A1835. doi: <https://doi.org/10.1364/oe.22.0a1835>
  21. Santos, J. J. C. S., Palacio, J. C. E., Reyes, A. M. M., Carvalho, M., Freire, A. J. R., Barone, M. A. (2018). Concentrating Solar Power. *Advances in Renewable Energies and Power Technologies*, 373–402. doi: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-812959-3.00012-5>
  22. Valmiki, M. M., Li, P., Heyer, J., Morgan, M., Albinali, A., Alhamidi, K., Wagoner, J. (2011). A novel application of a Fresnel lens for a solar stove and solar heating. *Renewable Energy*, 36 (5), 1614–1620. doi: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2010.10.017>
  23. Senthil, R., Cheralathan, M. (2012). Solar integrated collector storage using fresnel lens for domestic hot water. *International Journal of Engineering Research and Development*, 2 (12), 53–57.
  24. Mahmoud, M. S., Farrag, T. E., Mohamed, W. A. (2013). Experimental and Theoretical Model for Water Desalination by Humidification - dehumidification (HDH). *Procedia Environmental Sciences*, 17, 503–512. doi: <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2013.02.065>
  25. Islam, M. D., Banat, F., Pal, P., Younas, O. (2014). Indirect Solar Cooking Using a Novel Fresnel Lens and Determination of its Energy and Exergy Efficiencies. Volume 2: Dynamics, Vibration and Control; Energy; Fluids Engineering; Micro and Nano Manufacturing. doi: <https://doi.org/10.1115/esda2014-20207>
  26. Wang, H., Huang, J., Song, M., Yan, J. (2019). Effects of receiver parameters on the optical performance of a fixed-focus Fresnel lens solar concentrator/cavity receiver system in solar cooker. *Applied Energy*, 237, 70–82. doi: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.12.092>
  27. Mullick, S. C., Kandpal, T. C., Kumar, S. (1991). Thermal test procedure for a paraboloid concentrator solar cooker. *Solar Energy*, 46 (3), 139–144. doi: [https://doi.org/10.1016/0038-092x\(91\)90087-d](https://doi.org/10.1016/0038-092x(91)90087-d)
  28. Funk, P. A. (2000). Evaluating the international standard procedure for testing solar cookers and reporting performance. *Solar Energy*, 68 (1), 1–7. doi: [https://doi.org/10.1016/s0038-092x\(99\)00059-6](https://doi.org/10.1016/s0038-092x(99)00059-6)
  29. Schwarzer, K., da Silva, M. E. V. (2008). Characterisation and design methods of solar cookers. *Solar Energy*, 82 (2), 157–163. doi: <https://doi.org/10.1016/j.solener.2006.06.021>
  30. Purohit, I., Purohit, P. (2009). Instrumentation error analysis of a paraboloid concentrator type solar cooker. *Energy for Sustainable Development*, 13 (4), 255–264. doi: <https://doi.org/10.1016/j.esd.2009.10.003>
  31. Sardeshpande, V. R., Chandak, A. G., Pillai, I. R. (2011). Procedure for thermal performance evaluation of steam generating point-focus solar concentrators. *Solar Energy*, 85 (7), 1390–1398. doi: <https://doi.org/10.1016/j.solener.2011.03.018>
  32. Jilte, R. D., Kedare, S. B., Nayak, J. K. (2013). Natural Convection and Radiation Heat Loss from Open Cavities of Different Shapes and Sizes Used with Dish Concentrator. *Mechanical Engineering Research*, 3 (1), 25. doi: <https://doi.org/10.5539/mer.v3n1p25>

DOI: 10.15587/1729-4061.2020.209751

**INCREASING INLET WATER TEMPERATURE USING CONDENSATION HEAT TO IMPROVE SOLAR DISTILLATION EFFICIENCY (p. 42–54)**

**Rusdi Sambada**

Brawijaya University, Malang, Indonesia  
Sanata Dharma University, Yogyakarta, Indonesia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6555-7307>

**Sudjito Soeparman**

Brawijaya University, Malang, Indonesia

**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0003-3490-7543>**Widya Wijayanti**

Brawijaya University, Malang, Indonesia

**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0003-4215-5943>**Eko Siswanto**

Brawijaya University, Malang, Indonesia

**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-1560-8073>

Increasing the temperature of inlet water is one way to increase solar distillation efficiency. Heat recovery using double glazing is a more straightforward way to raise the temperature of inlet water. In previous studies, the incoming water temperature was raised using additional equipment such as a solar water heater collector or utilizing the heat of wastewater from another water distillation system. The earlier studies' technique caused solar water distillation to be complicated, and the manufacturing cost was expensive. Heat recovery is a process of utilizing heat condensation of water vapor to increase the inlet water temperature. In conventional solar distillation, condensing heat is not used and wasted into the environment. Double glass is two glasses arranged in parallel, one on the top of the other. The distance between the glasses is 2 mm. The bottom glass is a 1 m<sup>2</sup> distillation cover glass. Water flows between the bottom glass and the top glass before entering the distillation model. The inlet water receives heat condensation so that the temperature rises. The increase in temperature causes heat loss to decrease and leads to efficiency improvement. This study aims to reveal the effect of heat recovery using double glazing to improve solar distillation efficiency. The study was conducted with laboratory experiments and simulations. The thickness of the bottom and top glass and the top glass area influence the heat recovery process. This study used two variations of glass thickness, namely 3 mm and 5 mm. The area of the top glass was varied by 0.1, 0.5, 0.7, and 1.0 m<sup>2</sup>. The maximum efficiency improvement compared to distillation without heat recovery obtained is 39.6 % with a glass thickness of 3 mm and 51.0 % with a glass thickness of 5 mm achieved in the variation of the top glass area of 0.1 m<sup>2</sup>.

**Keywords:** heat recovery, double glazing, inlet water temperature, efficiency improvement.

**References**

- Omara, Z. M., Kabeel, A. E., Abdullah, A. S. (2017). A review of solar still performance with reflectors. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 68, 638–649. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.10.031>
- Hansen, R. S., Narayanan, C. S., Murugavel, K. K. (2015). Performance analysis on inclined solar still with different new wick materials and wire mesh. *Desalination*, 358, 1–8. doi: <https://doi.org/10.1016/j.desal.2014.12.006>
- Das, D., Bordoloi, U., Kalita, P., Boehm, R. F., Kamble, A. D. (2020). Solar still distillate enhancement techniques and recent developments. *Groundwater for Sustainable Development*, 10, 100360. doi: <https://doi.org/10.1016/j.gsd.2020.100360>
- Muthu Manokar, A., Kalidasa Murugavel, K., Esakkimuthu, G. (2014). Different parameters affecting the rate of evaporation and condensation on passive solar still – A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 38, 309–322. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.05.092>
- Prakash, P., Velmurugan, V. (2015). Parameters influencing the productivity of solar stills – A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 49, 585–609. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.04.136>
- Nagarajan, P. K., El-Agouz, S. A., Harris Samuel, D. G., Edwin, M., Madhu, B., Magesh babu, D. et. al. (2017). Analysis of an inclined solar still with baffles for improving the yield of fresh water. *Process Safety and Environmental Protection*, 105, 326–337. doi: <https://doi.org/10.1016/j.psep.2016.11.018>
- Sharon, H., Reddy, K. S., Krithika, D., Philip, L. (2017). Experimental performance investigation of tilted solar still with basin and wick for distillate quality and enviro-economic aspects. *Desalination*, 410, 30–54. doi: <https://doi.org/10.1016/j.desal.2017.01.035>
- Sathyamurthy, R., El-Agouz, S. A., Nagarajan, P. K., Subramani, J., Arunkumar, T., Mageshbabu, D. et. al. (2017). A Review of integrating solar collectors to solar still. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 77, 1069–1097. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.11.223>
- Abdullah, A. S., Essa, F. A., Omara, Z. M., Bek, M. A. (2018). Performance evaluation of a humidification–dehumidification unit integrated with wick solar stills under different operating conditions. *Desalination*, 441, 52–61. doi: <https://doi.org/10.1016/j.desal.2018.04.024>
- Sharshir, S. W., El-Samadony, M. O. A., Peng, G., Yang, N., Essa, F. A., Hamed, M. H., Kabeel, A. E. (2016). Performance enhancement of wick solar still using rejected water from humidification-dehumidification unit and film cooling. *Applied Thermal Engineering*, 108, 1268–1278. doi: <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2016.07.179>
- Kabeel, A. E., Taamneh, Y., Sathyamurthy, R., Naveen Kumar, P., Manokar, A. M., Arunkumar, T. (2018). Experimental study on conventional solar still integrated with inclined solar still under different water depth. *Heat Transfer-Asian Research*, 48 (1), 100–114. doi: <https://doi.org/10.1002/htj.21370>
- Samuel Hansen, R., Kalidasa Murugavel, K. (2017). Enhancement of integrated solar still using different new absorber configurations: An experimental approach. *Desalination*, 422, 59–67. doi: <https://doi.org/10.1016/j.desal.2017.08.015>
- El-Agouz, S. A., El-Samadony, Y. A. F., Kabeel, A. E. (2015). Performance evaluation of a continuous flow inclined solar still desalination system. *Energy Conversion and Management*, 101, 606–615. doi: <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2015.05.069>
- Shekarchi, N., Shahnia, F. (2018). A comprehensive review of solar driven desalination technologies for off-grid greenhouses. *International Journal of Energy Research*, 43 (4), 1357–1386. doi: <https://doi.org/10.1002/er.4268>
- Hollands, K. G. T., Unny, T. E., Raithby, G. D., Konicek, L. (1976). Free Convective Heat Transfer Across Inclined Air Layers. *Journal of Heat Transfer*, 98 (2), 189–193. doi: <https://doi.org/10.1115/1.3450517>
- Duffie, J. A., Beckman, W. A. (1991). *Solar engineering of thermal processes*. Wiley.
- Mahdi, J. T., Smith, B. E., Sharif, A. O. (2011). An experimental wick-type solar still system: Design and construction. *Desalination*, 267 (2-3), 233–238. doi: <https://doi.org/10.1016/j.desal.2010.09.032>
- Raza, H. A., Sultan, S., Shomaz-Ul-Haq, Ali, M. (2018). Modelling of efficient solar water desalination system using TRNSYS. 2018 International Conference on Engineering and Emerging Technologies (ICEET). doi: <https://doi.org/10.1109/iceet1.2018.8338622>
- Tanaka, H. (2017). Parametric investigation of a vertical multiple-effect diffusion solar still coupled with a tilted wick still. *Desalination*, 408, 119–126. doi: <https://doi.org/10.1016/j.desal.2017.01.019>

**DOI: 10.15587/1729-4061.2020.213968**

**A STUDY OF THE INFLUENCE OF THE FULLERENE C<sub>60</sub> ADDITIVES IN COMPRESSOR OILS OF VARIOUS VISCOSITIES ON THE REFRIGERATOR PERFORMANCE PARAMETERS (p. 55–62)**

**Serhii Korniiyevych**

Odessa National Academy of Food Technologies, Odessa, Ukraine

**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-6803-0041>

**Vitaly Zhelezny**

Odessa National Academy of Food Technologies, Odessa, Ukraine  
**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-0987-1561>

**Olga Khliyeva**

Odessa National Academy of Food Technologies, Odessa, Ukraine  
**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-3592-4989>

**Mykola Shymchuk**

PJSC "UKsnab", UBC Group, Dergachi, Ukraine  
**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0003-2450-3545>

**Natalya Volgusheva**

Odessa National Academy of Food Technologies, Odessa, Ukraine  
**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-9984-6502>

The optimal choice of compressor oil and the use of nanoparticles as additives are a promising way to improve the efficiency of vapor compression refrigeration systems. The main barrier for the practical implementation of this approach in the industry is the impossibility of the theoretical prediction of the expected effects on the performance parameters of the refrigeration system.

Experimental data for the cooling capacity, compressor power consumption and coefficient of performance (COP) during operation of the experimental setup (refrigeration system with Embraco Aspera EMT6152U compressor) have been obtained. R290 refrigerant and four different compressor oils (RENISO SP46 alkylbenzene oil with the viscosity of  $46 \text{ mm}^2\text{s}^{-1}$  at  $40^\circ\text{C}$ , and the same oil containing  $0.223 \cdot 10^{-4} \text{ kg}\cdot\text{kg}^{-1}$  of fullerene  $\text{C}_{60}$ , ProEco® RF22S polyester oil with the viscosity of  $22.26 \text{ mm}^2\text{s}^{-1}$  at  $40^\circ\text{C}$  and the same oil containing  $6.837 \cdot 10^{-4} \text{ kg}\cdot\text{kg}^{-1}$  of fullerene  $\text{C}_{60}$ ) have been used. The experiment was performed at the refrigerant condensing temperature of  $318.5 \pm 1.0 \text{ K}$  and in the evaporating temperature range of  $252 \dots 271 \text{ K}$ .

When using the two pure oils, the compressor power varied by  $2 \dots 3 \%$ . The effect of the presence of fullerene  $\text{C}_{60}$  on the compressor power was different for different oils. The use of a more viscous oil, as well as the presence of fullerene  $\text{C}_{60}$  in the oil, leads to an increase in cooling capacity. The application of the less viscous oil ProEco® RF22S contributes to an increase in COP (up to  $20 \%$ ) at the evaporating temperatures near  $270 \text{ K}$  and has no effect on the COP at low temperatures in comparison with RENISO SP46 oil. The presence of fullerene  $\text{C}_{60}$  in both oils contributes to an increase in COP up to  $15 \dots 20 \%$  in the whole range of the studied evaporating temperatures.

Therefore, the expediency of adding the fullerene  $\text{C}_{60}$  into compressor oils in order to increase the energy efficiency of the vapor compression refrigeration system without its modernization has been confirmed.

**Keywords:** R290, compressor oil, fullerene  $\text{C}_{60}$ , vapor compression refrigeration system, coefficient of performance, energy saving.

**References**

- Azmi, W. H., Sharif, M. Z., Yusof, T. M., Mamat, R., Redhwan, A. A. M. (2017). Potential of nanorefrigerant and nanolubricant on energy saving in refrigeration system – A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 69, 415–428. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.11.207>
- Bhattad, A., Sarkar, J., Ghosh, P. (2018). Improving the performance of refrigeration systems by using nanofluids: A comprehensive review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82, 3656–3669. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.10.097>
- Kasaean, A., Hosseini, S. M., Sheikhpour, M., Mahian, O., Yan, W. M., Wongwises, S. (2018). Applications of eco-friendly refrigerants and nanorefrigerants: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 96, 91–99. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.07.033>
- Sharif, M. Z., Azmi, W. H., Mamat, R., Shaiful, A. I. M. (2018). Mechanism for improvement in refrigeration system performance by using nanorefrigerants and nanolubricants – A review. *International Communications in Heat and Mass Transfer*, 92, 56–63. doi: <https://doi.org/10.1016/j.icheatmasstransfer.2018.02.012>
- Soliman, A. M. A., Abdel Rahman, A. K., Ookawara, S. (2018). Enhancement of vapor compression cycle performance using nanofluids. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 135 (2), 1507–1520. doi: <https://doi.org/10.1007/s10973-018-7623-y>
- Lukianov, M., Khliyeva, O., Zhelezny, V., Semenyuk, Y. (2015). Nanorefrigerants application possibilities study to increase the equipment ecological-energy efficiency. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (5 (75)), 32–40. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2015.42565>
- Jia, T., Wang, R., Xu, R. (2014). Performance of  $\text{MoFe}_2\text{O}_4$ - $\text{NiFe}_2\text{O}_4$ /Fullerene-added nano-oil applied in the domestic refrigerator compressors. *International Journal of Refrigeration*, 45, 120–127. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2014.06.001>
- Wang, R., Zhang, Y., Liao, Y. (2017). Performance of rolling piston type rotary compressor using fullerenes ( $\text{C}_{70}$ ) and  $\text{NiFe}_2\text{O}_4$  nanocomposites as lubricants additives. *Frontiers in Energy*, 14 (3), 644–648. doi: <https://doi.org/10.1007/s11708-017-0453-y>
- Xing, M., Wang, R., Yu, J. (2014). Application of fullerene  $\text{C}_{60}$  nano-oil for performance enhancement of domestic refrigerator compressors. *International Journal of Refrigeration*, 40, 398–403. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2013.12.004>
- Zhelezny, V., Chen, G., Khliyeva, O., Lukianov, M., Shestopalov, K., Korniiievich, S. (2019). An experimental investigation of the influence of fullerene  $\text{C}_{60}$  additives in compressor oil on the coefficient of performance of the refrigeration system. *Proc. 25th IIR International Congress of Refrigeration*. Montreal.
- Mchedlov-Petrosyan, N. O. (2013). Fullerenes in Liquid Media: An Unsettling Intrusion into the Solution Chemistry. *Chemical Reviews*, 113 (7), 5149–5193. doi: <https://doi.org/10.1021/cr3005026>
- Afshari, F., Comakli, O., Lesani, A., Karagoz, S. (2017). Characterization of lubricating oil effects on the performance of reciprocating compressors in air–water heat pumps. *International Journal of Refrigeration*, 74, 505–516. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2016.11.017>
- Chen, R., Wu, J., Duan, J. (2019). Performance and refrigerant mass distribution of a R290 split air conditioner with different lubricating oils. *Applied Thermal Engineering*, 162, 114225. doi: <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2019.114225>
- Zhelezny, V., Khliyeva, O., Lukianov, M., Motovoy, I., Ivchenko, D., Faik, A. et. al. (2019). Thermodynamic properties of isobutane/mineral compressor oil and isobutane/mineral compressor oil/fullerenes  $\text{C}_{60}$  solutions. *International Journal of Refrigeration*, 106, 153–162. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2019.06.011>
- Ku, B.-C., Han, Y.-C., Lee, J.-E., Lee, J.-K., Park, S.-H., Hwang, Y.-J. (2010). Tribological effects of fullerene ( $\text{C}_{60}$ ) nanoparticles added in mineral lubricants according to its viscosity. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing*, 11 (4), 607–611. doi: <https://doi.org/10.1007/s12541-010-0070-8>
- Ginzburg, B. M., Shibaev, L. A., Kireenko, O. F., Shepelevskii, A. A., Baidakova, M. V., Sitnikova, A. A. (2002). Antiwear effect of fullerene  $\text{C}_{60}$  additives to lubricating oils. *Russian Journal of Applied Chemistry*, 75 (8), 1330–1335. doi: <https://doi.org/10.1023/a:1020929515246>
- Zhai, W., Srikanth, N., Kong, L. B., Zhou, K. (2017). Carbon nanomaterials in tribology. *Carbon*, 119, 150–171. doi: <https://doi.org/10.1016/j.carbon.2017.04.027>
- Gulzar, M., Masjuki, H. H., Kalam, M. A., Varman, M., Zulkipli, N. W. M., Mufti, R. A., Zahid, R. (2016). Tribological performance of nanoparticles as lubricating oil additives. *Journal of Nanoparticle Research*, 18 (8). doi: <https://doi.org/10.1007/s11051-016-3537-4>

19. Murshed, S. M. S., Estellé, P. (2017). A state of the art review on viscosity of nanofluids. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 76, 1134–1152. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.03.113>
20. Khliyeva, O., Zhelezny, V., Lukianova, T., Lukianov, N., Semenyuk, Y., Moreira, A. L. N. et. al. (2020). A new approach for predicting the pool boiling heat transfer coefficient of refrigerant R141b and its mixtures with surfactant and nanoparticles using experimental data. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*. doi: <https://doi.org/10.1007/s10973-020-09479-0>
21. Khliyeva, O., Lukianova, T., Semenyuk, Y., Zhelezny, V., Nikulin, A. (2018). An experimental study of the effect of nanoparticle additives to the refrigerant r141b on the pool boiling process. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (8 (94)), 59–66. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.139418>
22. Nikulin, A., Khliyeva, O., Lukianov, N., Zhelezny, V., Semenyuk, Y. (2018). Study of pool boiling process for the refrigerant R11, isopropanol and isopropanol/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nanofluid. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 118, 746–757. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2017.11.008>
23. Ruoff, R. S., Tse, D. S., Malhotra, R., Lorents, D. C. (1993). Solubility of fullerene (C<sub>60</sub>) in a variety of solvents. *The Journal of Physical Chemistry*, 97 (13), 3379–3383. doi: <https://doi.org/10.1021/j100115a049>
24. Avdeev, M. V., Aksenov, V. L., Tropin, T. V. (2010). Models of cluster formation in solutions of fullerenes. *Russian Journal of Physical Chemistry A*, 84 (8), 1273–1283. doi: <https://doi.org/10.1134/s0036024410080017>
25. Hwang, Y., Lee, J. K., Lee, C. H., Jung, Y. M., Cheong, S. I., Lee, C. G. et. al. (2007). Stability and thermal conductivity characteristics of nanofluids. *Thermochimica Acta*, 455 (1-2), 70–74. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tca.2006.11.036>
26. ISO 917:1989(E) Testing of Refrigerant Compressors.
27. Taylor, B. N., Kuyatt, C. E. (1994). Guidelines for Evaluating and Expressing the Uncertainty of NIST Measurement Results. United States Department of Commerce Technology Administration. doi: <https://doi.org/10.6028/nist.tn.1297>

DOI: 10.15587/1729-4061.2020.214154

**DEVELOPING A MODEL TO CONTROL THE THERMAL MODE OF THERMOELECTRIC COOLING DEVICES BY MINIMIZING THE SET OF THREE BASIC PARAMETERS (p. 63–73)**

**Vladimir Zaykov**

Research Institute «STORM», Odessa, Ukraine  
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4078-3519>

**Vladimir Mescheryakov**

Odessa State Environmental University, Odessa, Ukraine  
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0499-827X>

**Yurii Zhuravlov**

National University «Odessa Maritime Academy», Odessa, Ukraine  
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7342-1031>

The systems maintaining thermal regimes are a necessary component of thermally-loaded radio-electronic equipment, without which its operation is impossible. The uneven distribution of heat emitted by components such as semiconductor lasers, receivers of intense infrared radiation predetermines the preference of thermoelectric coolers for them. The joint application of a cooler and a heat-loaded element significantly tightens the requirements for the reliability indicators and the dynamic characteristics of the cooler. The cause is the influence exerted by the temperature gradients in the soldered joints between different materials of thermoelements

and the electrode of the substrate. The main parameters of thermoelectric coolers are the number of thermoelements and the value of the working current. When targeting the design of thermoelectric systems for ensuring thermal regimes based on reliability indicators, the optimization of the problem for the following set has been proposed: the number of thermoelements, the working current, and the relative intensity of failures. At the fixed branches' geometry, decreasing the number of thermoelements leads to a decrease in the heat load, which can be compensated for by increasing the working current of the thermoelectric cooler. A ratio has been derived for the relative working current corresponding to the minimum size of the set. Using the set makes it possible to choose the required working current, for which there is an extremum, which optimizes the process of control over the cooler. The win in the refrigeration factor, compared to the mode of maximum cooling capacity, is 15 %. This demonstrates the advantage of a comprehensive indicator, which allows the development of systems enabling thermal modes for practical application, in particular, on-board systems for which energy consumption is critical. The originality of the results obtained is related to a comprehensive criterion for the basic performance indicators, which has a minimum

**Keywords:** thermoelectric cooler, thermoelements, working current, failure rate, time to enter a mode

**References**

1. Zaykov, V. P., Kinshova, L. A., Moiseev, V. F. (2009). Prognozirovanie pokazately nadezhnosti termoelektricheskikh ohlazhdayushchih ustroystv. Kniga 1. Odnokaskadnye ustroystva. Odessa: Politehperiodika, 120.
2. Shalumova, N. A., Shalunov, A. S., Martynov, O. Yu., Bagayeva, T. A. (2011). Analysis and provision of thermal characteristics of radio-electronic facilities using the subsystem ASONIKA-T. *Advances in modern radio electronics*, 1, 42–49.
3. Sootsman, J. R., Chung, D. Y., Kanatzidis, M. G. (2009). New and Old Concepts in Thermoelectric Materials. *Angewandte Chemie International Edition*, 48 (46), 8616–8639. doi: <https://doi.org/10.1002/anie.200900598>
4. Choi, H.-S., Seo, W.-S., Choi, D.-K. (2011). Prediction of reliability on thermoelectric module through accelerated life test and Physics-of-failure. *Electronic Materials Letters*, 7 (3), 271–275. doi: <https://doi.org/10.1007/s13391-011-0917-x>
5. Eslami, M., Tajeddini, F., Etaati, N. (2018). Thermal analysis and optimization of a system for water harvesting from humid air using thermoelectric coolers. *Energy Conversion and Management*, 174, 417–429. doi: <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2018.08.045>
6. Bakhtiarfard, L., Chen, Y. S. (2014). Design and Analysis of a Thermoelectric Module to Improve the Operational Life. *Advances in Mechanical Engineering*, 7 (1), 152419. doi: <https://doi.org/10.1155/2014/152419>
7. Erturun, U., Mossi, K. (2012). A Feasibility Investigation on Improving Structural Integrity of Thermoelectric Modules With Varying Geometry. Volume 2: Mechanics and Behavior of Active Materials; Integrated System Design and Implementation; Bio-Inspired Materials and Systems; Energy Harvesting. doi: <https://doi.org/10.1115/smais2012-8247>
8. Song, H., Song, K., Gao, C. (2019). Temperature and thermal stress around an elliptic functional defect in a thermoelectric material. *Mechanics of Materials*, 130, 58–64. doi: <https://doi.org/10.1016/j.mechmat.2019.01.008>
9. Manikandan, S., Kaushik, S. C., Yang, R. (2017). Modified pulse operation of thermoelectric coolers for building cooling applications. *Energy Conversion and Management*, 140, 145–156. doi: <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2017.03.003>



10. Zaykov, V., Mescheryakov, V., Zhuravlov, Y. (2017). Analysis of the possibility to control the inertia of the thermoelectric cooler. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (8 (90)), 17–24. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.116005>
11. Zaykov, V., Mescheryakov, V., Zhuravlov, Y., Mescheryakov, D. (2018). Analysis of dynamics and prediction of reliability indicators of a cooling thermoelement with the predefined geometry of branches. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (8 (95)), 41–51. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.123890>
12. Zaikov, V., Meshcheryakov, V., Zhuravlov, Y. (2015). Selection of parameters combination of thermoelectric materials for development of high-reliability coolers. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (8 (75)), 4–14. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2015.42474>

DOI: 10.15587/1729-4061.2020.214712

### FLOW STRUCTURE DEFINITION IN THE BUNDLES OF FLAT-OVAL TUBES WITH INCOMPLETE FINNING UNDER CONDITIONS OF NATURAL DRAFT (p. 74–79)

**Maksym Vozniuk**

National Technical University of Ukraine  
“Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Kyiv, Ukraine  
**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-2452-2255>

**Eugene Pis'mennyi**

National Technical University of Ukraine  
“Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Kyiv, Ukraine  
**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0001-6403-6596>

**Alexandr Terekh**

National Technical University of Ukraine  
“Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Kyiv, Ukraine  
**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-1320-8594>

**Alexandr Baranyuk**

National Technical University of Ukraine  
“Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Kyiv, Ukraine  
**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0001-6008-6465>

**Vadym Kondratiuk**

National Technical University of Ukraine  
“Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”, Kyiv, Ukraine  
**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0001-5035-311X>

The expediency of using “dry” cooling systems for technological products is considered. The expediency of using flat-oval tubes with incomplete finning as heat exchange surfaces of air coolers is shown. The transfer of the operating mode of air coolers to the operating mode with the fans turned off during a certain time of the year is substantiated. Installation of an additional exhaust tower can lead to energy savings for the fan drive up to 55 %.

The technique of numerical modeling and experimental study of the flow structure in a package of flat-oval tubes with incomplete finning under natural draft conditions is presented. Experimental studies and computational fluid dynamics (CFD) – modeling of the flow structure and averaged velocity fields in a package of flat-oval tubes with incomplete finning under natural draft conditions are carried out. The obtained numerical and experimental distributions of velocities and temperatures near the surface of the tubes and in the wake behind them give an idea of the features of the flow around the tubes and the effect of the flow structure on the intensity of their heat transfer. It was found that the hydrodynamic flow pattern in a stack of flat-oval tubes according to the results of CFD modeling corresponds to the classical concepts of hydrodynamics. The absence of a part of the finning in the aft part of flat-oval tubes with incomplete finning, where the formation of the

aft circulation zone is observed, is substantiated. The verification of the CFD-modeling data and the data of the experimental study on the determination of the average velocities and temperatures in the flow behind the pack of flat-oval tubes with incomplete finning is carried out. The verification results indicate that the average numerical simulation error does not exceed 18 %. It is shown that to determine the optimal, from the point of view of heat transfer, geometric parameters of a number of flat-oval tubes under natural draft conditions, it is advisable to use CFD modeling.

**Keywords:** energy saving, heat transfer, flat-oval tube, transverse finning, package, natural draft.

### References

1. Pis'mennyi, E. N. (2016). Study and application of heat-transfer surfaces assembled from partially finned flat-oval tubes. *Applied Thermal Engineering*, 106, 1075–1087. doi: <http://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2016.06.081>
2. Kuntyshev, V. B., Sukhotskii, A. B., Samorodov, A. V. (2013). Inzhenernii metod teplovogo rascheta apparata vozdušnogo okhlazhdeniia v rezhime svobodno-konvektivnogo teploobmena. *Khimicheskoe i neftegazovoe mashinostroenie*, 12, 3–6. Available at: <https://elib.belstu.by/handle/123456789/6624>
3. Kamaletdinov, I. M. (2001). Raschet svobodnokonvektivnogo teploobmena v apparatakh vozdušnogo okhlazhdeniia (AVO) gaza s uchetom vliianiia vetra na ikh rabotu. *Izvestiia VUZov. Neft i gaz*, 5, 71–74.
4. Vasilev, Iu. N., Zolotarevskii, B. C., Margolin, G. A., Kriukov, N. P. (1972). Eksploatatsiia sistem vozdušno-vodianogo okhlazhdeniia v rezhime estestvennoi konveksii. *Gazovaia promyshlennost*, 6, 23–25.
5. Pysmennyi, Ye. M., Terekh, O. M., Rudenko, O. I., Nishchuk, O. P., Vozniuk, M. M. (2016). Pat. No. 110702 UA. Sposib enerhozberzhennia v aparati povitrianoho okholodzhennia. No. u 2016 02427. declared: 14.03.2016; published: 25.10.2016, Bul. No. 20. Available at: <https://uapatents.com/4-110702-sposib-energozberzhennia-v-aparati-povitrianoho-okholodzhennia.html>
6. Pismennii, E. N., Bagrii, P. I., Terekh, A. M., Semeniako, A. V. (2013). Optimizatsiia orebreniia novoi teploobmennoi poverkhnosti na osnovе ploskoovalnykh trub. *Inzhenerno-fizicheskii zhurnal*, 86 (5), 1002–1007. Available at: [https://www.researchgate.net/publication/313724066\\_INZENERNO-FIZICESKIJ\\_ZURNAL](https://www.researchgate.net/publication/313724066_INZENERNO-FIZICESKIJ_ZURNAL)
7. Tanimizu, K., Hooman, K. (2012). Natural draft dry cooling tower modelling. *Heat and Mass Transfer*, 49 (2), 155–161. doi: <http://doi.org/10.1007/s00231-012-1071-1>
8. Milman, O. O., Aleshin, B. A. (2005). Eksperimentalnoe issledovanie teploobmena pri estestvennoi tsirkulatsii vozdukhа v modeli vozdušnogo kondensatora s vytiazhnoi shakhtoi. *Teploenergetika*, 5, 16–19. Available at: <http://95.164.172.68:2080/khportal/DocDescription?docid=KhHAI.BibRecord.510157593>
9. Sukhotskii, A. B., Marshalova, G. S. (2019). Features of Gravitational Flow of Heated Air in an Exhaust Shaft Above a Multirow Finned Bank. *Journal of Engineering Physics and Thermophysics*, 92 (3), 619–625. doi: <http://doi.org/10.1007/s10891-019-01967-x>
10. Abed, W. M., Amer, J. S., Ahmed, A. N. (2010). Natural Convection Heat Transfer in Horizontal Concentric Annulus between Outer Cylinder and Inner Flat Tube. *Anbar Journal for Engineering Sciences*, 3 (2), 31–45.
11. Chen, H.-T., Chou, J.-C. (2006). Investigation of natural-convection heat transfer coefficient on a vertical square fin of finned-tube heat exchangers. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 49 (17-18), 3034–3044. doi: <http://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2006.02.009>
12. Suyi, H., Shizhou, P. (1995). Convection and heat transfer of elliptical tubes. *Heat and Mass Transfer*, 30 (6), 411–415. doi: <http://doi.org/10.1007/bf01647445>

13. FLUENT 5.5 UDF User's Guide (2000). Fluent Inc., 563.
14. Martynenko, O. G., Sokovishin, Iu. A. (1982). *Svobodno-konvektivnii teploobmen*. Minsk: Nauka i tekhnika, 400.
15. Vozniuk, M. M., Terekh, O. M., Rudenko, O. I., Reva, S. A., Baraniuk, O. V. (2016). Heat transfer of flat-oval tubes with incomplete fining under conditions of free convection and natural draft. *ScienceRise*, 2 (2 (19)), 10–15. doi: <http://doi.org/10.15587/2313-8416.2016.60029>
16. Rudenko, A. Y., Terekh, A. M., Semeniako, A. V., Nyshchuk, A. P., Baraniuk, A. V. (2011). The method of flow visualization of gas flow on the surface of bodies of various shapes. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (9 (49)), 51–55. Available at: <http://journals.urau.ua/eejet/article/view/2448>
17. Van-Daik, M. (1986). *Albom techenii zhidkosti i gaza*. Moscow: Mir, 184. Available at: <https://www.c-o-k.ru/library/document/13685>

DOI: 10.15587/1729-4061.2020.211425

### DETERMINING THE EFFECTIVE INDICATORS OF A ROTARY-PISTON MOTOR OPERATION (p. 80–85)

**Oleksandr Mytrofanov**

Admiral Makarov National University of Shipbuilding,  
Mykolaiv, Ukraine

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3460-5369>

**Arkadii Proskurin**

Admiral Makarov National University of Shipbuilding,  
Mykolaiv, Ukraine

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5225-6767>

**Andrii Poznanskyi**

Admiral Makarov National University of Shipbuilding,  
Mykolaiv, Ukraine

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4351-7504>

This paper reports the results of an experimental study of the prototype rotary-piston air motor RPD-4,4/1,75 in the form of speed characteristics.

The maxima of the air motor's performance effective indicators have been determined, as well as the rotation change ranges that correspond to them.

It has been established that for the intake receiver's air pressure change range within 0.4...0.8 MPa the maximum value of effective power is 1.7...2.5 kW. In this case, the maximum value of the torque and mean effective pressure for a given pressure range in the intake receiver is 17.0...18.2 N·m and 0.13...0.18 MPa, respectively.

The dependence has been derived of the hourly air consumption on the rotations and pressure in the intake receiver. Depending on the test mode, the hourly air consumption is within 25...226 kg/hour.

It has been established that the minimum values of the specific effective air consumption correspond to 800...1,000 rpm. Thus, for a maximum value of air pressure in the intake receiver of 0.8 MPa, the specific effective consumption is 60.8...93.2 kg/(kW·h), for the minimum value of 0.4 MPa – 49.7...81.3 kg/(kW·h).

The potential of the adiabatic expansion capacity has been determined, brought to the air motor, as well as the effective adiabatic efficiency. The maximum efficiency of the air motor corresponds to 800...1,000 rpm. In this case, the maximum efficiency value was achieved at a pressure in the intake receiver of 0.4 MPa; it is 0.41.

The dependences have been derived of the change in the pressure of spent air in the exhaust receiver, the maximum value of which does not exceed 0.075 MPa.

**Keywords:** rotary-piston air motor, energy performance indicators, operating parameters, hourly consumption, expansion.

### References

1. Mityukov, N. V., Tulumbasov, V. V. (2012). O vozmozhnosti konstruktivnoy realizatsii podvodnogo buksirovshchika na osnove pnevmaticheskoy mashiny. *Noviy universitet. Seriya: Tehnicheskie nauki*, 3, 78–79.
2. Prilutskiy, I. K., Arsenyev, I. A., Molodov, M. A., Prilutskiy, A. A., Shevtsova, A. I. (2015). Low pressure gas piston expander. *Nauchniy zhurnal NIU ITMO. Seriya «Holodil'naya tekhnika i konditsionirovanie»*, 3. Available at: <http://refrigeration.ihbt.ifmo.ru/file/article/14016.pdf>
3. Abramchuk, F., Voronkov, A., Nikitchenko, I. (2010). Advantages and expediency of piston pneumatic engine application as a part of automobile hybrid power unit. *Vestnik HNADU*, 48, 200–206. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/o-dostoinstvah-i-tselesoobraznosti-primeneniya-porshnevogo-pnevmodvigatelya-v-sostave-avtomobilnoy-gibridnoy-silovoy-ustanovki/viewer>
4. Turenko, A. N., Bogomolov, V. A., Abramchuk, F. I. et. al. (2009). Pnevmodvigatel' dlya avtomobil'noy gibridnoy silovoy ustanovki. *Avtomobil'niy transport*, 24, 7–10.
5. Zinevich, V. D., Geshlin, L. A. (1982). *Porshnevye i shesterennye pnevmodyvigateли gornoshahtnogo oborudovaniya*. Moscow: Nedra, 200.
6. Manish, K., Pravin, P. R., Sorathiya, A. S. (2012). Study and development of compressed air engine single cylinder: a review study. *International Journal of Advanced Engineering Technology*, III (I), 271–274. Available at: <https://www.technicaljournalonline.com/ijeat/VOL%20III/IJAET%20VOL%20III%20ISSUE%20I%20JANUARY%20MARCH%202012/61%20IJAET%20Vol%20III%20Issue%20I%202012.pdf>
7. Lavhale, R., Datir, D., Wagh, A. (2018). Application of Compressed Air Engine to Replace SI Engine: A Review. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 05 (05), 2935–2938. Available at: <https://www.irjet.net/archives/V5/i5/IRJET-V5I5560.pdf>
8. Bhardwaj, A., Aryan, A., Bansal, G. (2017). Modification of Single Cylinder IC Engine to Run on Compressed Air-A Review. *International Journal of Environmental Sciences & Natural Resources*, 5 (3), 57–62. doi: <https://doi.org/10.19080/ijesnr.2017.05.555662>
9. Rixon, K. L., Mohammed Shareef, V., Prajith, K. S., Sarath, K., Sreejith, S., Sreeraj, P. (2016). Fabrication of Compressed Air Bike. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 03 (03), 1863–1866. Available at: <https://www.irjet.net/archives/V3/i3/IRJET-V3I3389.pdf>
10. Abramchuk, F., Kharchenko, A., Zhilin, S., Voronkov, A., Nikitchenko, I. (2010). On choosing rational set parameters of the piston pneumatic engine with valve air-distribution performance. *Avtomobil'niy transport*, 27, 141–147. Available at: <https://dspace.khadi.kharkov.ua/dspace/bitstream/123456789/144/1/27.pdf>
11. Huang, C.-Y., Hu, C.-K., Yu, C.-J., Sung, C.-K. (2013). Experimental Investigation on the Performance of a Compressed-Air Driven Piston Engine. *Energies*, 6 (3), 1731–1745. doi: <https://doi.org/10.3390/en6031731>
12. Goghari, J. U., Vora, C., Bhatt, J. (2015). Design Of Small Capacity Automobile Engine To Run On Compressed Air. *International Journal For Scientific Research & Development*, 3 (3), 1102–1104. Available at: [https://www.academia.edu/13631009/Design\\_Of\\_Small\\_Capacity\\_Automobile\\_Engine\\_To\\_Run\\_On\\_Compressed\\_Air](https://www.academia.edu/13631009/Design_Of_Small_Capacity_Automobile_Engine_To_Run_On_Compressed_Air)
13. Allam, S., Zakaria, M. (2018). Experimental Investigation of Compressed Air engine Performance. *International Journal of Engineering Inventions*, 7 (1), 13–20. Available at: <http://www.ijejournal.com/papers/Vol.7-Iss.2/C0702021320.pdf>
14. Sumanth, K., Nagababu, P., Kishore, B. (2019). Compressed Air Bike with Modification of 4-Stroke Si Engine. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 8 (11), 310–312. Available at: <https://www.ijer.net/archive/v8i11/ART20202409.pdf>

15. Voronkov, A., Lisina, O., Nikitchenko, I. (2014). Geometry definition of spool valve windows of the pneumatic engine. *Avtomobil'niy transport*, 34, 39–43. Available at: [https://dspace.khadi.kharkov.ua/dspace/bitstream/123456789/924/1/07\\_34.pdf](https://dspace.khadi.kharkov.ua/dspace/bitstream/123456789/924/1/07_34.pdf)
16. Akif Kunt, M. (2016). Transformation of a Piston Engine into a Compressed Air Engine with Rotary Valve. *SSRG International Journal of Mechanical Engineering (SSRG – IJME)*, 3 (11). Available at: [https://www.researchgate.net/publication/320042001\\_Transformation\\_of\\_a\\_piston\\_engine\\_into\\_a\\_compressed\\_air\\_engine\\_with\\_rotary\\_valve](https://www.researchgate.net/publication/320042001_Transformation_of_a_piston_engine_into_a_compressed_air_engine_with_rotary_valve)
17. Voronkov, A. (2014). Variation of economic indicator indexes of the pneumatic engine according to speed performance. *Vestnik Har'kovskogo natsional'nogo avtomobil'no-dorozhnogo universiteta*, 67, 13–18. Available at: [https://dspace.khadi.kharkov.ua/dspace/bitstream/123456789/1054/1/V\\_67\\_02.pdf](https://dspace.khadi.kharkov.ua/dspace/bitstream/123456789/1054/1/V_67_02.pdf)
18. Voronkov, A. (2015). Change of effective economic indicators of the work of piston air motor by speed recommendation. *Vestnik Har'kovskogo natsional'nogo avtomobil'no-dorozhnogo universiteta*, 68, 57–61. Available at: [https://dspace.khadi.kharkov.ua/dspace/bitstream/123456789/1131/1/V\\_68\\_10.pdf](https://dspace.khadi.kharkov.ua/dspace/bitstream/123456789/1131/1/V_68_10.pdf)
19. Yu, Q., Cai, M. (2015). Experimental Analysis of a Compressed Air Engine. *Journal of Flow Control, Measurement & Visualization*, 03 (04), 144–153. doi: <https://doi.org/10.4236/jfcmv.2015.34014>
20. Mytrofanov, O. S., Shabalin, Yu. V., Biriuk, T. F., Yefenina, L. O. (2019). Pat. No. 120489 UA. Porshneva mashyna. No. a201902189; declared: 10.09.2019; published: 10.12.2019, Bul. No. 23.
21. Mytrofanov, O. S. (2019). Stand for test and research of rotor-piston engines. *Collection of Scientific Publications NUS*, 1 (475), 51–57. doi: [https://doi.org/10.15589/znp2019.1\(475\).7](https://doi.org/10.15589/znp2019.1(475).7)
22. Borisenko, K. S. (1958). *Pnevmaticheskie dvigateli gornyh mashin*. Moscow: Ugletekhizdat, 204.
23. Turenko, A. N., Bogomolov, V. A., Abramchuk, F. I., Harchenko, A. I., Shilov, A. I. (2008). O vybore parametrov porshneвого pnevmodvigatelya, rabotayushchego v sostave gibridnoy energoustanovki avtomobilya. *Avtomobil'niy transport*, 22, 7–13. Available at: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/at\\_2008\\_22\\_1](http://nbuv.gov.ua/UJRN/at_2008_22_1)

**DOI: 10.15587/1729-4061.2020.208698****НОВИЙ ПІДХІД ДО ВИЯВЛЕННЯ ТА КЛАСИФІКАЦІЇ МНОЖИННИХ НЕСПРАВНОСТЕЙ В СИСТЕМІ IEEE 14-BUS (с. 6–16)****Ibrahim Ismael Alnaib, Omar Sh. Alyozbaky, Ali Abbawi**

Несправності в енергосистемі зазвичай призводять до значних змін у величинах, таких як недостатня або надлишкова потужність, перевантаження по струму, напрямок струму або потужності, частота, повний опір і коефіцієнт потужності. Для виявлення і визначення місця несправності в мережі електропередачі використовується зчитування даних, що відносяться як до струмів, так і до напруг. У наші дні будь-яке відключення електроенергії в електромережі призводить до великих фінансових втрат для комерційних, промислових і побутових споживачів. Випадкові і нерегулярні несправності в мережах електропередачі значно сприяють виникненню перебоїв в подачі електроенергії. Істотним внеском даного дослідження є новий метод моделювання множинних одночасних несправностей. Рекомендований підхід є ефективним методом виявлення, класифікації та локалізації несправностей в мережах електропередачі. Для досягнення цієї мети була проведена процедура навчання та моделювання нейронної мережі з використанням m-файлу в MATLAB. Для аналізу несправностей, що виникають на лінії електропередачі і шині, була запропонована віртуальна шина. Цей метод був застосований на шині IEEE 14. У даному дослідженні було згадано кілька одночасних несправностей. Ситуації несправностей моделюються в m-файлах за допомогою методу оцінки продуктивності чотириполюсника, який є значно поліпшеною схемою в порівнянні з існуючими методами. Результати були отримані, піддаючи різні шини різним типам несправностей. Результати надають вичерпну інформацію про струм короткого замикання, напругу після короткого замикання і потужність короткого замикання на всіх шинах. Вказані значення напруги на шині, споживаної потужності і фазових кутів. Як показують результати моделювання, запропонована методика є ефективним методом виявлення, класифікації та локалізації несправностей.

**Ключові слова:** одночасні несправності, штучна нейронна мережа, виявлення несправностей, класифікація, чотириполюсник.

**DOI: 10.15587/1729-4061.2020.213492****ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗПОДІЛУ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ПРИ ДЕЦЕНТРАЛІЗОВАНОМУ КЕРУВАННІ ЕЛЕКТРИЧНИМ ОПАЛЕННЯМ НА ОСНОВІ РІВНОВАГИ НЕША (с. 17–23)****О. М. Заславський, В. В. Ткачов, К. В. Соснін**

Широкое використання електричної енергії при обігріві/охолодженні повітря у приміщеннях обумовлює розробку нових методів ефективного керування споживачами електричної енергії при наявності обмежень, що змінюються. Досліджено модель системи децентралізованого керування групою електричних обігрівачів приміщення на основі колективної поведінки автоматів, взаємодіючих з випадковим середовищем при розподілі обмеженого ресурсу.

Розглянута задача відрізняється від відомих тим, що учасники розподілу обмежені у використанні ресурсу умовою «все або нічого». Це означає, що кожен електричний нагрівач в поточний момент часу може використовувати фіксований обсяг енергоресурсу або відмовитися від нього, а третього не надається. Рішення про підключення нагрівачів до електричної мережі приймається при виконанні рівноваги Неша. Умова рівноваги Неша в цій роботі означає, що невикористана потужність електричної мережі нижче, ніж потужність будь-якого нагрівача не підключеного до електричної мережі.

Досліджено процедуру самоорганізації групи електричних обігрівачів. Розроблено модель системи керування електричними обігрівачами з завданням розподілу обмеженого ресурсу електричної енергії на базі рівноваги Неша, що використовує принципи децентралізованого керування, інформаційні технології для вироблення та здійснення керуючих дій групою обігрівачів. Проведені експерименти підтвердили ефективність децентралізованої системи керування електричним опаленням і дозволяють рекомендувати її для практичного використання. Показано, що запропонований підхід відкриває шлях до побудови економічно ефективних систем інтелектуального електричного опалення.

**Ключові слова:** децентралізована система керування, розподілення обмеженого ресурсу, колективна поведінка автоматів, електричне опалення.

**DOI: 10.15587/1729-4061.2020.213867****ВДОСКОНАЛЕННЯ РОБОТИ БАРАБАННОЇ ЗЕРНОСУШАРКИ З ОБГРУНТУВАННЯМ НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНИХ РЕЖИМНИХ ПАРАМЕТРІВ (с. 24–30)****В. М. Пазюк, В. В. Дуб, О. Г. Терешкин, А. М. Загорулько, І. В. Лебединець, Д. В. Паньков, А. С. Готвяньска**

Запропоновані інженерно-технологічні рішення спрямовані на удосконалення роботи низькотемпературної барабанної зерносушарки за рахунок використання комбінованого механічного віброзбудника, з подальшим обґрунтуванням низькотемпературних режимних параметрів. Існуючі вібраційні технології спрямовані на високотемпературну сушку продовольчого зерна з подальшим використанням відпрацьованого теплоносія для повторного його нагрівання. При цьому високотемпературна сушка злакових і насінних культур (зерна, ріпчастої цибулі тощо) не дозволяє зберегти високу схожість, акцентуючи на необхідності низькотемпературної обробки, але при цьому знижується відпрацьованого теплоносія. Для підвищення ефективності процесу сушіння і технології запропоновано використовувати вібраційні низькочастотні технології для забезпечення якості насінневого матеріалу.



У вдосконаленій вібраційній барабанній зерносушарці проведено розрахунок траєкторії і кінетичної енергії барабанного контейнера з комбінованим механічним вібробудувачем. Встановлена раціональна віброінтенсивність для сушіння насіннєвого зерна з наступними кінетичними характеристиками: віброшвидкість до 0,03 м/с, віброприскорення – 30 м/с<sup>2</sup>, віброінтенсивність – 2,6 м<sup>2</sup>/с<sup>2</sup>, при амплітуда вібрації не більше 2 мм. Визначено, що інтенсивне прогрівання шару ячменю відбувається при температурі теплоносія 50 °С, вологості 13,5 % та кінцевій температурі 42,4 °С, а при температурі 40 °С, відповідно – 35,4 °С. Тим самим підтверджуючи, що низькотемпературне сушіння насіння ячменю сорту «Сталкер» (Україна) проходить в періодах постійної і падаючої швидкості сушіння та характеризується високим рівнем схожості (95...93 %).

**Ключові слова:** злакові культури, зерносушарка, барабанний контейнер, кінетика, комбінований механічний вібробудувач, віброінтенсивність, віброшвидкість.

**DOI: 10.15587/1729-4061.2020.208638**

## **ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ СОНЯЧНОЇ ПЛИТИ З СИСТЕМОЮ ТЕПЛОВИХ КОНЦЕНТРАТОРІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ТОЧКОВОЇ ЛІНЗИ ФРЕНЕЛЯ (с. 31–41)**

**A. Asrori, S. Soeparman, S. Wahyudi, D. Widhiyanuriyawan**

Проведено дослідження теплових характеристик сонячної плити з використанням точкової лінзи Френеля для концентраторів сонячної теплової енергії.

Основними завданнями даної роботи є:

- розробити нову конструкцію котла сонячної плити в якості поглинача сонячного тепла від точкової лінзи Френеля;
- проаналізувати взаємозв'язок декількох температурних параметрів в котлі з тепловою ефективністю сонячної плити з лінзою Френеля (СПФ);
- провести польові випробування шляхом випробування на нагрівання та охолодження для отримання експлуатаційних характеристик СПФ.

Експериментальне випробування проводилося в університеті Бравіджая (7,9553° п. ш., 112,6145 с. д.), Східна Ява, Індонезія, з серпня по вересень 2019 року. У методі роботи лінзи Френеля використовується ручний вимірювач азимуту для концентрації спрямованої нормально до поверхні щільності радіації (СНПЩР). Вимірювання спрямованої нормально до поверхні щільності радіації (СНПЩР) здійснювалося за допомогою вимірювача сонячної енергії SM 206, поміщеного на раму СПФ. Була розроблена нова конструкція сонячного котла. Це циліндрична форма для кип'ятіння води і приготування їжі з конічною порожниною в якості сонячного колектора. На котлі розміщуються датчики:

- температури навколишнього середовища;
- температури котла;
- температура фокусної точки на поверхні приймача;
- температури води в сонячному котлі.

Він підключений до настільного скануючого термометра Digi-Sense 12 СН для системи збору даних про температуру. Вимірювання швидкості вітру проводилося чашковим анеометром АВН-4224. Процедура випробувань СПФ була розроблена на основі існуючих міжнародних стандартів випробувань. Випробування теплових характеристик приймача/котла проводилися шляхом проведення наступних випробувань:

- випробування на холостому ході;
- випробування на нагрівання та охолодження води.

Результати експериментів показують, що середня температура гальмування в котлі з приймачем з конічною порожниною становила 267,35 °С. Форма приймача з конічною порожниною забезпечує кращу теплопередачу і низькі теплові втрати, що робить його придатним для застосування в СПФ. СНПЩР±850 Вт/м<sup>2</sup> забезпечує температуру фокусної точки 1064 °С, коефіцієнт тепловідведення 7,39 Вт/м<sup>2</sup>·°С, і коефіцієнт оптичної ефективності 0,312. Таким чином, тепловий ККД СПФ становить 27,72 %. Тепловий ККД має тенденцію до зниження до кінця процесу через вплив коефіцієнта оптичної ефективності.

**Ключові слова:** лінза Френеля, сонячна плита, сонячна енергія, сонячний котел, приймач, конічна порожнина, температура, коефіцієнт тепловідведення, коефіцієнт оптичної ефективності.

**DOI: 10.15587/1729-4061.2020.209751**

## **ПІДВИЩЕННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ВХІДНОЇ ВОДИ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕПЛА КОНДЕНСАЦІЇ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СОНЯЧНОГО ОПРІСНЕННЯ (с. 42–54)**

**Rusdi Sambada, Sudjito Soeparman, Widya Wijayanti, Eko Siswanto**

Підвищення температури вхідної води є одним із способів підвищення ефективності сонячного опріснення. Регенерація тепла за допомогою подвійного скління є більш простим способом підвищення температури вхідної води. У попередніх дослідженнях температура вхідної води підвищувалася за допомогою додаткового обладнання, такого як колектор сонячного водонагрівача, або з використанням тепла стічних вод з іншої системи опріснення води. Методика попередніх досліджень ускладнювала сонячне опріснення води, а вартість виробництва була високою. Регенерація тепла являє собою процес використання конденсації тепла водяної пари для підвищення температури вхідної води. При звичайному сонячному опрісненні тепло конденсації не використовується і викидається в навколишнє середовище. Подвійне скло – це два скла, розташовані паралельно, один поверх іншого. Відстань між стеклами становить 2 мм. Нижнє скло являє собою дистилаційне покривне скло площею 1 м<sup>2</sup>. Вода тече між нижнім і верхнім стеклом перед тим, як потрапити в модель опріснення. У вхідній воді відбувається конденсація тепла, тому температура підвищується. Підвищення температури призводить до зменшення втрат тепла і підвищення ефективності. Дане дослідження спрямоване на

виявлення впливу регенерації тепла з використанням подвійного скління для підвищення ефективності сонячного опріснення. Дослідження проводилося за допомогою лабораторних випробувань і моделювання. На процес регенерації тепла впливає товщина нижнього і верхнього стекол і площа верхнього скла. У даному дослідженні використовувалися два варіанти товщини скла, 3 мм і 5 мм. Площа верхнього скла варіювалася на 0,1, 0,5, 0,7 і 1,0 м<sup>2</sup>. Максимальне підвищення ефективності в порівнянні з опрісненням без регенерації тепла становить 39,6 % при товщині скла 3 мм і 51,0 % при товщині скла 5 мм, при варіюванні площі верхнього скла на 0,1 м<sup>2</sup>.

**Ключові слова:** регенерація тепла, подвійне скління, температура вхідної води, підвищення ефективності.

DOI: 10.15587/1729-4061.2020.213968

### ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ДОБАВОК ФУЛЕРЕНУ C<sub>60</sub> В КОМПРЕСОРНІ МАСТИЛА РІЗНОЇ В'ЯЗКОСТІ НА ПАРАМЕТРИ ЕФЕКТИВНОСТІ ХОЛОДИЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ (с. 55–62)

С. Г. Корнієвич, В. П. Железний, О. Я. Хлієва, М. О. Шимчук, Н. В. Волгушева

Оптимальний вибір компресорного мастила і застосування добавок наночастинок є перспективним напрямком підвищення ефективності холодильного обладнання. Основною перешкодою на шляху практичної реалізації такого підходу є неможливість теоретичного прогнозування очікуваних ефектів на показники енергетичної ефективності холодильного обладнання.

Отримані експериментальні значення холодопродуктивності, споживаної компресором потужності і холодильного коефіцієнта (COP) при роботі експериментальної установки (холодильна компресорна система з компресором Embraco Aspera EMT6152U). Для заправки системи застосовувався холодоагент R290 і чотири мастила: алкілбензолне RENISO SP46 (в'язкість 46 мм<sup>2</sup>·с<sup>-1</sup> при 40 °С), це ж мастило з вмістом 0.223·10<sup>-4</sup> кг·кг<sup>-1</sup> фулерену C<sub>60</sub>, поліефірне ProEco® RF22S (в'язкість 22.26 мм<sup>2</sup>·с<sup>-1</sup> при 40 °С), це ж мастило з вмістом 6.837·10<sup>-4</sup> кг·кг<sup>-1</sup> C<sub>60</sub>. Експеримент був виконаний при температурі конденсації холодоагенту 318.5±1.0 К в інтервалі температур кипіння 252...271 К.

Споживана компресором потужність при використанні чистих мастил відрізнялася на 2...3 %. Ефект добавок C<sub>60</sub> в мастила на величину потужності компресора був різним для різних мастил. Використання більш в'язкого мастила, так само як і присутність C<sub>60</sub> в мастилі, призводило до зростання холодопродуктивності. Використання менш в'язкого мастила ProEco® RF22S в порівнянні з RENISO SP46 призводило до збільшення COP (до 20 %) при температурі кипіння 270 К і не впливало на COP при низьких температурах кипіння. Домішки C<sub>60</sub> в обох мастилах сприяли збільшенню COP у всьому інтервалі температур кипіння на 15...20 %.

Підтверджено доцільність застосування фулерену C<sub>60</sub> в компресорних маслах з метою підвищення енергоефективності пароконденсійного холодильного обладнання без його істотної модернізації.

**Ключові слова:** R290, компресорне масло, фулерен C<sub>60</sub>, пароконденсійна холодильна машина, холодильний коефіцієнт, енергозбереження.

DOI: 10.15587/1729-4061.2020.214154

### РОЗРОБКА МОДЕЛІ УПРАВЛІННЯ ТЕПЛОВИМ РЕЖИМОМ ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНИХ ОХОЛОДЖУЮЧИХ ПРИСТРОЇВ ПРИ МІНІМІЗАЦІЇ КОМПЛЕКСУ З ТРЬОХ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ (с. 63-73)

В. П. Зайков, В. И. Мещеряков, Ю. И. Журавльов

Системи забезпечення теплових режимів є необхідною складовою теплонавантаженої радіоелектронної апаратури, без якої неможливо її функціонування. Неоднорідне розподілення тепловиділення таких компонентів як напівпровідникові лазери, приймачі інтенсивного інфрачервоного випромінювання робить переважними для них термоелектричні охолоджувачі. Сумісне використання охолоджувача і теплонавантаженого елемента суттєво ускладнює вимоги до показників надійності і динамічним характеристикам охолоджувача. Причиною є вплив температурних градієнтів спаїв різномірних матеріалів термоелементів і електроду підкладки. Основними параметрами термоелектричного охолоджувача є кількість термоелементів і величина робочого струму. При орієнтації проектування термоелектричних систем забезпечення теплових режимів на показники надійності запропоновано оптимізація задачі на комплекс: кількість термоелементів, робочий струм і відносна інтенсивність відмов. При фіксованій геометрії глок зменшення кількості термоелементів приводить до зниження теплового навантаження, що можна компенсувати ростом робочого струму термоелектричного охолоджувача. Одержано співвідношення для відносного робочого струму, відповідного мінімальній величині комплексу. Використання комплексу дозволяє вибрати необхідний робочий струм, для якого є екстремум, що оптимізує процес управління охолоджувачем. Виграш холодильного коефіцієнту порівняно з режимом максимальної холодопродуктивності складає 15 %. Це свідчить о перевазі комплексного показника, що дозволяє розробляти системи забезпечення теплових режимів для практичних застосувань, зокрема, бортових систем, де енергоспоживання критично. Оригінальність одержаних результатів складається у застосування комплексного критерію основних експлуатаційних показників, який має мінімум.

**Ключові слова:** термоелектричний охолоджувач, термоелементи, робочий струм, інтенсивність відмов, час виходу на режим.

DOI: 10.15587/1729-4061.2020.214712

### ВИЗНАЧЕННЯ СТРУКТУРИ ТЕЧІЇ В ПАКЕТАХ ПЛОСКООВАЛЬНИХ ТРУБ З НЕПОВНИМ ОРЕБРЕННЯМ В УМОВАХ ПРИРОДНОЇ ТЯГИ (с. 74–79)

М. М. Вознюк, Є. М. Письменний, О. М. Терех, О. В. Баранюк, В. А. Кондратюк

Розглянуто доцільність використання „сухих” систем охолодження технологічних продуктів. Показана доцільність використання плоскоовальних труб з неповним оребрением в якості теплообмінних поверхонь апаратів повітряного охолодження. Обґрунтовано

переведення режиму роботи апаратів повітряного охолодження у режим роботи з відключеними вентиляторами протягом певної пори року. Встановлення додаткової витяжної башти може призвести до економії електроенергії на привід вентиляторів до 55 %.

Наведено методику числового моделювання та проведення експериментального дослідження структури течії в пакеті плоскоовальних труб з неповним оребренням в умовах природної тяги. Проведено експериментальні дослідження та computational fluid dynamics (CFD)-моделювання структури течії та полів осередненої швидкості в пакеті плоскоовальних труб з неповним оребренням в умовах природної тяги. Отримані числові та експериментальні розподіли швидкостей і температур поблизу поверхні труб та в сліді за ними дають уявлення про особливості обтікання труб і вплив структури течії на інтенсивність їх тепловіддачі. Встановлено, що гідродинамічна картина течії в пакеті плоскоовальних труб за результатами CFD-моделювання відповідає класичним представленням гідродинаміки. Обґрунтована відсутність частини оребрення у кормовій частині плоскоовальних труб з неповним оребренням, де спостерігається утворення кормової циркуляційної зони. Проведено верифікацію даних CFD-моделювання та даних експериментального дослідження з визначення середніх швидкостей і температур в потоці за пакетом плоскоовальних труб з неповним оребренням. Результати верифікації свідчать, що середня похибка числового моделювання не перевищує 18 %. Наведено, що для визначення оптимальних, з точки зору теплообміну, геометричних параметрів ряду плоскоовальних труб в умовах природної тяги доцільно використовувати CFD-моделювання.

**Ключові слова:** течія рідини, чисельне моделювання, теплообмін, оребрена труба, природна тяга.

**DOI:** 10.15587/1729-4061.2020.211425

**ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНИХ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ РОТОРНО-ПОРШНЕВОГО ДВИГУНА (с. 80–85)**

**О. С. Митрофанов, А. Ю. Проскурін, А. С. Познанський**

Наведені результати експериментальних досліджень дослідного зразка роторно-поршневого пневмодвигуна РПД-4,4/1,75 у вигляді швидкісних характеристик.

Визначено максимуми ефективних показників роботи пневмодвигуна та діапазони зміни обертів, відповідні до них. Максимальні значення ефективної потужності відповідають 1200...1400 об/хв, а крутного моменту та середнього ефективного тиску – 1000...1200 об/хв.

Установлено, що для діапазону зміни тиску повітря у впускному ресивері 0,4...0,8 МПа максимальне значення ефективної потужності складає 1,7...2,5 кВт. При цьому максимальне значення крутного моменту та середнього ефективного тиску для даного діапазону тиску у впускному ресивері 17,0...18,2 Н·м і 0,13...0,18 МПа відповідно.

Отримано залежність годинної витрати повітря залежно від обертів і тиску у впускному ресивері. Залежно від режиму випробувань значення годинної витрати повітря знаходиться в межах 25...226 кг/год.

Установлено, що мінімальні значення питомої ефективної витрати повітря відповідають 800...1000 об/хв. Так, для максимального значення тиску повітря у впускному ресивері 0,8 МПа питома ефективна витрата складає 60,8...93,2 кг/(кВт·год), а при найменшому 0,4 МПа – 49,7...81,3 кг/(кВт·год).

Визначено потенціал потужності адіабатного розширення, підведений до пневмодвигуна, а також ефективний адіабатний ККД. Максимальні значення ККД пневмодвигуна відповідають 800...1000 об/хв. При цьому максимальне значення ККД отримано при тиску у впускному ресивері 0,4 МПа та складає 0,41.

Отримано залежності зміни тиску відпрацьованого повітря у впускному ресивері, максимальне значення якого не перевищує 0,075 МПа.

**Ключові слова:** роторно-поршневий пневмодвигун, енергетичні показники, експлуатаційні параметри, годинна витрата, розширення.