

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.228941

IMPROVED CONTROL OF ENERGY CONSUMPTION BY A PHOTOVOLTAIC SYSTEM EQUIPPED WITH A STORAGE DEVICE TO MEET THE NEEDS OF A LOCAL FACILITY (p. 6–15)

Olexander ShavolkinKyiv National University of Technologies and Design,
Kyiv, UkraineORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3914-0812>**Iryna Shvedchykova**Kyiv National University of Technologies and Design,
Kyiv, UkraineORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3005-7385>**Jasim Mohmed Jasim Jasim**Al-Furat Al-Awsat Technical University –
Al-Musssaib Technical College, Al-Kufa, IraqORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2983-416X>

This paper has considered improving the management of energy consumption by a photovoltaic system with a storage device for a local object connected to the network. The aim of the study is to reduce expenditures when paying for electricity consumed from the network, when loading an object, independent of the time of year, and to eliminate energy generation to the grid. An energy generation control algorithm has been improved whereby the state of battery charge during the day is based on a forecast. That could reduce electricity consumption at night with better utilization of rechargeable battery and photovoltaic battery power during the day. It is proposed to use autonomous operation by disconnecting from the network during peak tariff hours and during the day with enough energy generation by a photovoltaic battery. This would ensure the normal functioning of an object in the event of a possible deterioration in the quality of voltage in the network while reducing the loss of energy in the inverter. Predictive control of the expected battery charge at the next checkpoint (at 0.5 hours or less between control points) has been proposed. A control system structure has been developed whereby a rechargeable battery current is set depending on an operational mode, the tariff zone, and the projected generation by a photovoltaic battery while reducing the modulation frequency under an autonomous mode. In this case, the modes are switched and the structure is changed taking into consideration the state of battery charge. Simulation in the daily cycle has shown the possibility of reducing the cost of electricity consumed from the network by 1.7–8 times at two or three tariff rates. Simulation of electromagnetic processes in the system confirms acceptable regulation indicators when switching the structure, as well as a decrease in the energy loss in an inverter under an autonomous mode by up to 40 %.

Keywords: energy redistribution, rechargeable battery charge state, control structure, predictive control, autonomous mode, battery current regulation, multi-zone pricing.

References

1. Pro vnesennia zmin do deiakykh zakoniv Ukrainy shchodo udoskonalennia umov pidtrymky vyrobnytstva elektrychnoi enerhiyi z alternatyvnykh dzherel enerhiyi. Zakon Ukrainy vid 21 lypnia 2020 r. No. 810-IX. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/810-20#Text>
2. Rao, B. H., Selvan, M. P. (2020). Prosumer Participation in a Transactive Energy Marketplace: A Game-Theoretic Approach. 2020 IEEE International Power and Renewable Energy Conference. doi: <https://doi.org/10.1109/iprecon49514.2020.9315274>
3. Nicolson, M., Fell, M., Huebner, G. (2018). Consumer demand for time of use electricity tariffs: A systematized review of the empirical evidence. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 97, 276–289. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.08.040>
4. Product manual REACT-3.6/4.6-TL (from 3.6 to 4.6 kW). ABB solar inverters. Available at: https://seasolargroup.com/wp-content/uploads/2018/08/REACT-3.6_4.6-TL-Product-manual-EN-RevBM0000025BG.pdf
5. Conext SW. Hybrid Inverter. Available at: <https://www.se.com/ww/en/product-range-presentation/61645-conext-sw/>
6. Ma, T.-T. (2012). Power Quality Enhancement in Micro-grids Using Multifunctional DG Inverters. *Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists. Vol. II, IMECS 2012*. Hong Kong, 996–1001.
7. Vigneysh, T., Kumarappan, N. (2017). Grid interconnection of renewable energy sources using multifunctional grid-interactive converters: A fuzzy logic based approach. *Electric Power Systems Research*, 151, 359–368. doi: <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2017.06.010>
8. Guerrero-Martinez, M., Milanes-Montero, M., Barrero-Gonzalez, E., Miñambres-Marcos, V., Romero-Cadaval, E., Gonzalez-Romera, E. (2017). A Smart Power Electronic Multiconverter for the Residential Sector. *Sensors*, 17 (6), 1217. doi: <https://doi.org/10.3390/s17061217>
9. Roncero-Clemente, C., Gonzalez-Romera, E., Barrero-Gonzalez, E., Milanes-Montero, M. I., Romero-Cadaval, E. (2021). Power-Flow-Based Secondary Control for Autonomous Droop-Controlled AC Nanogrids With Peer-to-Peer Energy Trading. *IEEE Access*, 9, 22339–22350. doi: <https://doi.org/10.1109/access.2021.3056451>
10. Slama, F., Radjeai, H., Mouassa, S., Chouder, A. (2021). New algorithm for energy dispatch scheduling of grid-connected solar photovoltaic system with battery storage system. *Electrical Engineering & Electromechanics*, 1, 27–34. doi: <https://doi.org/10.20998/2074-272X.2021.1.05>
11. Mellit, A., Pavan, A. M., Lughi, V. (2021). Deep learning neural networks for short-term photovoltaic power forecasting. *Renewable Energy*, 172, 276–288. doi: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.02.166>
12. Forecast.Solar. Available at: <https://forecast.solar/>
13. Iyengar, S., Sharma, N., Irwin, D., Shenoy, P., Ramamritham, K. (2014). SolarCast - an open web service for predicting solar power generation in smart homes. *Proceedings of the 1st ACM Conference on Embedded Systems for Energy-Efficient Buildings*. doi: <https://doi.org/10.1145/2674061.2675020>
14. Sangrody, H., Zhou, N., Zhang, Z. (2020). Similarity-Based Models for Day-Ahead Solar PV Generation Forecasting. *IEEE Access*, 8, 104469–104478. doi: <https://doi.org/10.1109/access.2020.2999903>
15. Michaelson, D., Mahmood, H., Jiang, J. (2017). A Predictive Energy Management System Using Pre-Emptive Load Shedding for Islanded Photovoltaic Microgrids. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 64 (7), 5440–5448. doi: <https://doi.org/10.1109/tie.2017.2677317>
16. Traore, A., Taylor, A., Zohdy, M. A., Peng, F. Z. (2017). Modeling and Simulation of a Hybrid Energy Storage System for Residential Grid-Tied Solar Microgrid Systems. *Journal of Power and Energy Engineering*, 05 (05), 28–39. doi: <https://doi.org/10.4236/jpee.2017.55003>

17. Shavolkin, O., Shvedchikova, I., Kravchenko, O. (2019). Three-phase Grid Inverter for Combined Electric Power System with a Photovoltaic Solar Battery. 2019 IEEE International Conference on Modern Electrical and Energy Systems (MEES). doi: <https://doi.org/10.1109/mees.2019.8896661>
18. Shavolkin, O., Shvedchikova, I. (2020). Improvement of the Three-Phase Multifunctional Converter of the Photoelectric System with a Storage Battery for a Local Object with Connection to a Grid. 2020 IEEE Problems of Automated Electrodrive. Theory and Practice (PAEP). doi: <https://doi.org/10.1109/paep49887.2020.9240789>
19. Sotnyk, I., Zavdovyeva Y., Zavdovyev, A. (2014). Multi-rate Tariffs in the Management of Electricity Demand. Mechanism of Economic Regulation, 2, 106–115. Available at: https://mer.fem.sumdu.edu.ua/content/acticles/issue_21/IRYNA_M_SOTNYK_YULIA_N_ZAVDOVYEVA_ALEXANDER_I_ZAVDOVYEVMulti_Rate_Tariffs_in_the_Management_of_Electricity_Demand.pdf
20. OPzV12-100 (12V100Ah). Hengyang Ritar Power CO.,LTD. Available at: <https://www.ritarpower.com/uploads/ueditor/spec/OPzV12-100.pdf>
21. Shavolkin, O., Shvedchikova, I. (2020). Improvement of the multifunctional converter of the photoelectric system with a storage battery for a local object with connection to a grid. 2020 IEEE KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek). Kharkiv, 287–292.
22. Shavolkin, O., Shvedchikova, I. (2018). Forming of Current of the Single-Phase Grid Inverter of Local Combined Power Supply System with a Photovoltaic Solar Battery. 2018 IEEE 3rd International Conference on Intelligent Energy and Power Systems (IEPS). doi: <https://doi.org/10.1109/ieps.2018.8559540>
23. Shavelkin, A., Jasim, J. M. J., Shvedchikova, I. (2019). Improvement of the current control loop of the single-phase multifunctional grid-tied inverter of photovoltaic system. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 6 (5 (102)), 14–22. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.185391>
24. Photovoltaic geographical information system. Available at: https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html#SA
25. Shavelkin, A., Shvedchikova, I. (2020). Management of generation and redistribution electric power in grid-tied photovoltaic system of local object. Tekhnichna Elektrodynamika, 4, 55–59. doi: <https://doi.org/10.15407/techned2020.04.055>

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.230218

IMPROVEMENT OF METHODS OF COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF THE OPERATION EFFICIENCY OF CENTRALIZED HEAT SUPPLY SYSTEMS IN MUNICIPAL HEAT POWER ENGINEERING (p. 16–22)

Igor Kozlov

Odessa National Polytechnic University,
Odessa, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0435-6373>

Vyacheslav Kovalchuk

Odessa National Polytechnic University,
Odessa, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8696-4414>

Oleksandr Klymchuk

Odessa National Polytechnic University,
Odessa, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5207-7259>

Katerina Sova

Odessa National Polytechnic University, Odessa, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8775-745X>

Inna Aksyonova

Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture,
Odessa, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3210-3405>

Krystyna Borysenko

Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture,
Odessa, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6179-6271>

The possibility of a comprehensive assessment of the efficiency of the operation of a district heating system based on the indicator of the overall efficiency of the equipment OEE (overall equipment efficiency) and its extension to the system as a whole is considered. The disunity of the direction of existing approaches in assessing the efficiency of operation of district heating systems does not allow a comprehensive assessment of the overall efficiency of the functioning of the technological sequence of the entire system.

It is proposed to consider efficiency as the probability of full functioning of all elements of the heat supply system.

It is shown that the heat output of the boiler house is proportional to the power consumption of the boiler house and is approximated by a periodic function.

It is shown that the main element of the heat supply system, which determines its efficiency, is the heat-generating source. As a result of the study, it is determined that the efficiency of the heat-generating source functioning increases as the maximum value of its efficiency is reached.

Numerical modeling has shown that the flexible use of the installed heat generator capacity contributes to an increase in the efficiency factor from 0.53 to 0.70 and the overall efficiency of the heat supply system can be increased by more than 30 %. When designing a boiler house, it was recommended to provide for the installation of capacities with gradation 1; 0.5; 0.25.

It is shown that the OEE indicator allows one to characterize the efficiency of both the heat supply system as a whole and its individual components, and can be used in the design and analysis of the operation of systems.

Keywords: heat supply system, heat supply modes, central boiler houses, efficiency criterion, efficiency assessment.

References

1. Zhou, Y., Yu, W., Zhu, S., Yang, B., He, J. (2021). Distributionally robust chance-constrained energy management of an integrated retailer in the multi-energy market. Applied Energy, 286, 116516. doi: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2021.116516>
2. Zhirkova, M. V., Kolodeznikova, A. N. (2017). Performance indicators of the heat supply system's operational condition. International Research Journal, 1 (55), 67–69. doi: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.55.164>
3. Mazurenko, A., Klimchuk, A., Yurkovsky, S., Omeko, R. (2015). Development of the scheme of combined heating system using seasonal storage of heat from solar plants. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 1 (8 (73)), 15–20. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2015.36902>
4. Zaytsev, O. N., Lapina, E. A. (2017). Increasing the efficiency of the condensing boiler. Journal of Physics: Conference Series, 891, 012158. doi: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/891/1/012158>
5. Wang, Z., Luo, M., Geng, Y., Lin, B., Zhu, Y. (2018). A model to compare convective and radiant heating systems for intermittent space heating. Applied Energy, 215, 211–226. doi: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.01.088>
6. Klymchuk, O., Denysova, A., Balasanian, G., Ivanova, L. (2020). Enhancing efficiency of using energy resources in heat supply sys-

- tems of buildings with variable operation mode. EUREKA: Physics and Engineering, 3, 59–68. doi: <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2020.001252>
7. Schlosser, F., Jesper, M., Vogelsang, J., Walmsley, T. G., Arpagaus, C., Hesselbach, J. (2020). Large-scale heat pumps: Applications, performance, economic feasibility and industrial integration. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 133, 110219. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110219>
 8. Pan, E., Li, H., Wang, Z., Peng, D., Zhao, L., Fan, L. et al. (2020). Operation optimization of integrated energy systems based on heat storage characteristics of heating network. *Energy Science & Engineering*, 9 (2), 223–238. doi: <https://doi.org/10.1002/ese3.842>
 9. Klymchuk, O., Denysova, A., Shramenko, A., Borysenko, K., Ivanova, L. (2019). Theoretical and experimental investigation of the efficiency of the use of heat-accumulating material for heat supply systems. EUREKA: Physics and Engineering, 3, 32–40. doi: <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2019.00901>
 10. Bertoldi, P., de Raveschoot, R. P., Paina, F., Melica, G., Janssens-Maenhout, I. G. G. et al. (2014). How to develop a Sustainable Energy Action Plan (SEAP) in the Eastern Partnership and Central Asian cities. EUR 26741. Luxembourg: Publications Office of the European Union. doi: <https://doi.org/10.2790/33989>
 11. Savchenko, O., Voznyak, O., Myroniuk, K., Dovbush, O. (2020). Thermal Renewal of Industrial Buildings Gas Supply System. *Proceedings of EcoComfort 2020*, 385–392. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-57340-9_47
 12. Ganzha, A. M., Zaiets, O. M., Marchenko, N. A., Kollarov, O. J., Njemcev, E. M. (2018). Methodology of calculation of multiplex heat exchang apparatus with cross flow and mixing in heat carriers. *Journal of new technologies in environmental science*, 2 (1), 26–35.
 13. Myroniuk, K., Voznyak, O., Yurkevych, Y., Gulay, B. (2020). Technical and Economic Efficiency After the Boiler Room Renewal. *Proceedings of EcoComfort 2020*, 311–318. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-57340-9_38
 14. Lutsenko, I. A. (2012). *Osnovy teorii effektivnosti*. Altaspera Publishing & Literary Agency Inc., 71. Available at: <https://ua1lib.org/book/3031189/438b46?id=3031189&secret=438b46>
 15. Li, X., Gui, D., Zhao, Z., Li, X., Wu, X., Hua, Y. et al. (2021). Operation optimization of electrical-heating integrated energy system based on concentrating solar power plant hybridized with combined heat and power plant. *Journal of Cleaner Production*, 289, 125712. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125712>
 16. Rachkov, M. R., Melnikov, V. M. (2017). Development of the method of operational efficiency assessment for centralized heat supply systems in small towns. *Vestnik IGEU*, 4, 13–20. doi: <https://doi.org/10.17588/2072-2672.2017.4.013-020>
 17. Ryabtsev, G. A., Ryabtsev, V. I. (2003). Noviy obschiy pokazatel' effektivnosti raboty teploseti. *Novosti teplosnabzheniya*, 9, 56–59.
 18. Kuznik, I. V. (2011). Otsenka effektivnosti transportirovaniya teplovooy energii. *Energoberezhenie*, 3, 42–47.
 19. Nakajima, S. (1988). *Introduction to TPM: Total Productive Maintenance (Preventative Maintenance Series)*. Productivity Pr, 129.
 20. De Ron, A. J., Rooda, J. E. (2006). OEE and equipment effectiveness: an evaluation. *International Journal of Production Research*, 44 (23), 4987–5003. doi: <https://doi.org/10.1080/00207540600573402>
 21. de Ron, A. J., Rooda, J. E. (2005). Equipment Effectiveness: OEE Revisited. *IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing*, 18 (1), 190–196. doi: <https://doi.org/10.1109/tsm.2004.836657>
 22. Morozuk, L., Sokolovska-Yefymenko, V., Gayduk, S., Moshkatiuk, A. (2018). Entropybased methods applied to the evaluation of a real refrigeration machine. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (8 (96)), 49–56. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.147710>
 23. OEE. Available at: <https://ru.wikipedia.org/wiki/OEE>
 24. Chernousenko, O., Butovsky, L., Rindiyuk, D., Granovska, O., Moroz, O. (2017). Analysis of residual operational resource of high-temperature elements in power and industrial equipment. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (8 (85)), 20–26. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.92459>
 25. Monitoring effektivnosti ispol'zovaniya proizvodstvennogo obrudovaniya. Available at: http://www.up-pro.ru/library/information_systems/toir/monitoring-effektivnosti.html
 26. Narula, K., De Oliveira Filho, F., Chambers, J., Romano, E., Holmluller, P., Patel, M. K. (2020). Assessment of techno-economic feasibility of centralised seasonal thermal energy storage for decarbonising the Swiss residential heating sector. *Renewable Energy*, 161, 1209–1225. doi: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.06.099>
 27. Klymchuk, A. A., Lozhechnikov, V. F., Mykhailenko, V. S., Lozhechnikova, N. V. (2019). Improved Mathematical Model of Fluid Level Dynamics in a Drum-Type Steam Generator as a Controlled Object. *Journal of Automation and Information Sciences*, 51 (5), 65–74. doi: <https://doi.org/10.1615/jautomatinfscien.v51.i5.60>
 28. Zhong, J., Li, Y., Cao, Y., Tan, Y., Peng, Y., Zeng, Z., Cao, L. (2020). Stochastic optimization of integrated energy system considering network dynamic characteristics and psychological preference. *Journal of Cleaner Production*, 275, 122992. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122992>

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.229515

DEVELOPMENT OF A METHOD TO IMPROVE THE CALCULATION ACCURACY OF SPECIFIC FUEL CONSUMPTION FOR PERFORMANCE MODELING OF AIR-BREATHING ENGINES (p. 23–30)

Oleh Kislov

National Aerospace University “Kharkiv Aviation Institute”,
Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4814-9368>

Maya Ambrozhevich

National Aerospace University “Kharkiv Aviation Institute”,
Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0856-8234>

Mykhailo Shevchenko

National Aerospace University “Kharkiv Aviation Institute”,
Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0806-6632>

Determination of specific fuel consumption of air-breathing engines is one of the problems of modeling their performance. As a rule, the estimation error of the specific fuel consumption while calculating air-breathing engine performance is greater than that of thrust. In this work, this is substantiated by the estimation error of the fuel-air ratio, which weakly affects thrust but significantly affects the specific fuel consumption. The presence of a significant error in the fuel-air ratio is explained by the use of simplified methods, which use the dependence of enthalpy as a function of mixture temperature and composition without taking into account the effect of pressure. The developed method to improve the calculation accuracy of specific fuel consumption of air-breathing engines is based on the correction of the fuel-air ratio in the combustor, determined by the existing mathematical models. The correction of the fuel-air ratio is made using the dependences of enthalpy on mixture temperature, pressure and composition. The enthalpy of the mixture is calculated

through the average isobaric heat capacity obtained by integrating the isobaric heat capacity, depending on mixture temperature, pressure and composition. The calculation accuracy of the fuel-air ratio was verified by comparing it with the known experimental data on the combustion chamber of the General Electric CF6-80A engine (USA). The average calculation error of the fuel-air ratio does not exceed 3%. The developed method was applied for correcting the specific fuel consumption for calculating the altitude-airspeed performance of the D436-148B turbofan engine (Ukraine), which made it possible to reduce the estimation error of the fuel-air ratio and specific fuel consumption to an average of 3%.

Keywords: fuel-air ratio, specific fuel consumption, combustor, isobaric heat capacity, air-breathing engine.

References

- Khoreva, E. A., Ezrokhi, Yu. A. (2017). Ordinary Mathematical Models in Calculating the Aviation GTE Parameters. *Aerokosmicheskiy nauchniy zhurnal*, 3 (1), 1–14.
- Boldyrev, O. I., Gorynov, I. M. (2012). Influence of thermal dissociation of hydrocarbonic fuel combustion products on parameters of working process perspective gas-turbine engines. *Modern problems of science and education*, 1. Available at: <https://www.science-education.ru/pdf/2012/1/15.pdf>
- Abdelwahid, M. B., Cherkasov, A. N., Fedorov, R. M., Fedechkin, C. S. (2014). Numerical investigation of erosion effect on altitude-speed characteristics of a turbojet engine. *Vestnik UGATU*, 18 (3), 16–22. Available at: <http://journal.ugatu.ac.ru/index.php/Vestnik/article/view/1758/1637>
- Walsh, P. P., Fletcher, P. (2004). *Gas Turbine Performance*. Blackwell Science Ltd. doi: <https://doi.org/10.1002/9780470774533>
- Rahman, M. M., Ibrahim, T. K., Abdalla, A. N. (2011). Thermodynamic performance analysis of gas-turbine power-plant. *International Journal of the physical Science*, 6 (14), 3539–3550. Available at: https://www.researchgate.net/publication/233532668_Thermodynamic_performance_analysis_of_gas_turbine_power_plant
- Oyedepo, S. O., Kilanko, O. (2014). Thermodynamic Analysis of a Gas Turbine Power Plant Modelled with an Evaporative Cooler. *International Journal of Thermodynamics*, 17 (1). doi: <https://doi.org/10.5541/ijot.480>
- Kotowicz, J., Job, M., Brzeczek, M., Nawrat, K., Mędrych, J. (2016). The methodology of the gas turbine efficiency calculation. *Archives of Thermodynamics*, 37 (4), 19–35. doi: <https://doi.org/10.1515/aoter-2016-0025>
- Andrei, I.-C., Rotaru, C., Fadgyas, M.-C., Stroe, G., Leonida, Niculescu, M. (2017). Numerical investigation of turbojet engine thrust correlated with the combustion chamber's parameters. *Scientific Research and Education In The Air Force*, 19 (1), 23–34. <https://doi.org/10.19062/2247-3173.2017.19.1.2>
- Qi, L., Zhao, N., Wang, Z., Yang, J., Zheng, H. (2018). Pressure Gain Characteristic of Continuously Rotating Detonation Combustion and its Influence on Gas Turbine Cycle Performance. *IEEE Access*, 6, 70236–70247. doi: <https://doi.org/10.1109/access.2018.2880994>
- Hashmi, M. B., Lemma, T. A., Abdul Karim, Z. A. (2019). Investigation of the Combined Effect of Variable Inlet Guide Vane Drift, Fouling, and Inlet Air Cooling on Gas Turbine Performance. *Entropy*, 21 (12), 1186. doi: <https://doi.org/10.3390/e21121186>
- Udeh, G. T., Udeh, P. O. (2019). Comparative thermo-economic analysis of multi-fuel fired gas turbine power plant. *Renewable Energy*, 133, 295–306. doi: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.10.036>
- Dobromirescu, C., Vilag, V. (2019). Energy conversion and efficiency in turboshaft engines. *E3S Web of Conferences*, 85, 01001. doi: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20198501001>
- Kofman, V. (2016). Methodology of experimental and estimated determination of performance indicators of the main gte combustion chambers based on the results of their autonomous tests on the chamber stands. *Perm National Research Polytechnic University Aerospace Engineering Bulletin*, 46, 6–39. doi: <https://doi.org/10.15593/2224-9982/2016.46.01>
- Il'ichev, Ya. T. (1975). *Termodinamicheskiy raschet vozdušno-reaktivnykh dvigateley*. Moscow: Tsentral'niy institut aviatsionnogo motorostroeniya, 126.
- Kuznetsov, V. I., Shpakovsky, D. D. (2020). Methodology for estimating the specific fuel consumption of a two-circuit turbojet engine. *Journal of «Almaz – Antey» Air and Defence Corporation*, 2, 93–102. doi: <https://doi.org/10.38013/2542-0542-2020-2-93-102>
- Rivkin, S. L. (1987). *Termodinamicheskie svoystva gazov*. Moscow: Energoatomizdat, 288.
- Kishalov, A. E., Markina, K. V. (2017). Research and prediction of thermal gas parameters flow combustion chambers of aviation GTE. *Vestnik voronezhskogo gosudarstvennogo tehnikeskogo universiteta*, 13 (1), 60–68.
- Kyprianidis, K. G., Sethi, V., Ogaji, S. O. T., Pilidis, P., Singh, R., Kalfas, A. I. (2009). *Thermo-Fluid Modelling for Gas Turbines – Part I: Theoretical Foundation and Uncertainty Analysis. Volume 4: Cycle Innovations; Industrial and Cogeneration; Manufacturing Materials and Metallurgy; Marine*. doi: <https://doi.org/10.1115/gt2009-60092>
- Gazzetta Junior, H., Bringham, C., Barbosa, J. R., Tomita, J. T. (2017). Real-Time Gas Turbine Model for Performance Simulations. *Journal of Aerospace Technology and Management*, 9 (3), 346–356. doi: <https://doi.org/10.5028/jatm.v9i3.693>
- NIST Reference Fluid Thermodynamic and Transport Properties Database (REFPROP): Version 10. Available at: <https://www.nist.gov/srd/refprop>
- Li, H., Huang, H., Xu, G., Wen, J., Wu, H. (2017). Performance analysis of a novel compact air-air heat exchanger for aircraft gas turbine engine using LMTD method. *Applied Thermal Engineering*, 116, 445–455. doi: <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2017.01.003>
- Klein, S. A. (2015). *Engineering Equation Solver (EES). F-Chart Software*. Madison, WI.
- Boldyrev, O. I. (2012). Metodika rascheta ravnovesnogo sostoyaniya gomogennoy smesi produktov sgoraniya uglevodorodnogo topliva v kamere sgoraniya GTD. *Vestnik Ufimskogo gosudarstvennogo aviatsionnogo tehnikeskogo universiteta*, 16 (2 (47)), 106–112. Available at: <http://journal.ugatu.ac.ru/index.php/Vestnik/article/view/701/535>
- Dolmatov, D. A. (2011). Management of air hydrocarbon flames by short arc. *Visnyk dvyhunobuduvannya*, 2, 41–51.
- Ambrozhevich, M. V., Shevchenko, M. A. (2019). Analytical determination of isobaric heat capacity of air and combustion gases with influence of pressure and effect of thermal dissociation. *Aerospace technic and technology*, 1 (153), 4–17. doi: <https://doi.org/10.32620/akt.2019.1.01>
- Dodds, W., Ekstedt, E., Bahr, D. (1983). Methanol combustion in a CF61-80A engine combustor. 19th Joint Propulsion Conference. doi: <https://doi.org/10.2514/6.1983-1138>
- Dodds, W., Ekstedt, E., Bahr, D., Fear, J. (1982). NASA/General Electric broad-specification fuels combustion technology program - Phase I results and status. 18th Joint Propulsion Conference. doi: <https://doi.org/10.2514/6.1982-1089>
- Dvigatel' D-436-148. Rukovodstvo po tehnikeskoy ekspluatatsii. Available at: https://www.studmed.ru/dvigatel-d-436-148-rukovodstvo-po-tehnikeskoy-ekspluatatsii_d8160eb83ce.html
- Ambrozhevich, M. V., Shevchenko, M. A. (2019). Equations of average isobaric heat capacity of air and combustion gases with influence of pressure and effect of thermal dissociation. *Aerospace Technic and Technology*, 2, 18–29. doi: <https://doi.org/10.32620/akt.2019.2.02>

30. Glushko, V. P. (Ed.) (1978). *Termodinamicheskie svoystva individual'nyh veshchestv*. Vol. 1, Kn. 2. Moscow: «Nauka», 328.
31. ASTM D1655-20d. Standard Specification for Aviation Turbine Fuels (2020). ASTM International, West Conshohocken, PA. doi: <https://doi.org/10.1520/d1655>
32. Druzhinin, L. N., Shvets, L. I., Malinina, N. S. (1983). Metod i podprogramma rascheta termodinamicheskikh parametrov vozduha i produktov sgoraniya uglevodorodnykh topliv. Rukovodiyaschiy tehn. material aviatsionnoy tehniky. RTM 1677–83. Dvigateli aviatsionnye i gazoturbinye. Moscow, 68.
33. Demenchonok, V. P., Druzhinin, L. N., Parhomov, A. L. et. al.; Shlyahentko, S. M., Sosunova, V. A. (Eds.) (1979). *Teoriya dvuhkonturnykh turboreaktivnykh dvigateley*. Moscow: Mashinostroenie, 432.
34. Druzhinin, L. N., Shvets, L. I., Lanshin, A. I. (1979). *Matematicheskoe modelirovanie GTD na sovremennykh EVM pri issledovanii parametrov i harakteristik aviatsionnykh dvigateley*. Moscow: Trudy TSIAM, 45.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.229545

IMPROVING ENERGY EFFICIENCY OF THE SYSTEMS FOR OBTAINING WATER FROM ATMOSPHERIC AIR (p. 31–40)

Nataliia Bilenko

Odessa National Academy of Food Technologies, Odessa, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6164-7954>

Oleksandr Titlov

Odessa National Academy of Food Technologies, Odessa, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1908-5713>

This paper outlines the prospect of obtaining water from atmospheric air by cooling it to the dew point temperature using refrigeration machines in order to partially reduce water scarcity in the arid regions of our planet. To minimize energy costs in the systems for obtaining water from atmospheric air, it is proposed to utilize solar energy with absorption refrigeration units (ARUs) acting as a source of artificial cold.

The characteristic thermodynamic processes have been analyzed in a modernized ARU, capable of working at a lower thermal energy source's temperature than its analogs. The possibility has been studied to reduce the temperature of the heat source by including a solution vaporizer in the ARU scheme. The analysis involved an authentic method based on the balance of specific streams of ARU working body components and actual boundary conditions at characteristic points of the cycle. A limit was shown for the level of a minimum boiling temperature in the ARU generator (from 90 °C) when the systems for obtaining water from atmospheric air are operated under current climatic conditions.

The simulation of heat-and-mass exchange processes during contact interaction between a steam-gas mixture and ammonia water solution was carried out.

Based on variant calculations, it has been shown that the proposed ARU structure with an adiabatic solution vaporizer could work as part of systems to obtain water from atmospheric air at a hot spring temperature above 100 °C and constructively enough fits into the element base of standard models.

It has been proposed to use two types of solar thermal energy sources to operate ARU. In a tropical climate, with vacuum solar collectors or solar energy hubs; in a temperate climate zone, with solar collectors with water as a heat carrier.

Keywords: water from atmospheric air, refrigeration machines, absorption refrigeration units, solar energy.

References

1. Mehanizm «OON – vodnye resursy». Mezhdunarodnoe desyatiletie deystviy «Voda dlya zhizni», 2005-2015 gody. Available at: <http://www.un.org/ru/waterforlifedecade/unwater.shtml>
2. Thimmaraju, M., Sreepada, D., Babu, G. S., Dasari, B. K., Velpula, S. K., Vallepu, N. (2018). Desalination of Water. Desalination and Water Treatment. doi: <https://doi.org/10.5772/intechopen.78659>
3. Al' Maytami Valid Abdulvahid Mohammed, Frumin, G. T. (2007). Directions of perfection of water supply in the countries of the arabian peninsula. Modern problems of science and education, 6, 13–17. Available at: <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=769>
4. Salehi, A. A., Ghannadi-Maragheh, M., Torab-Mostaedi, M., Torkaman, R., Asadollahzadeh, M. (2020). A review on the water-energy nexus for drinking water production from humid air. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 120, 109627. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109627>
5. Al' Maytami Valid Abdulvahid Mohammed, Frumin, G. T. (2008). Ecologically safe technologies of water supply in the countries of arabian peninsula. Modern problems of science and education, 3, 111–115. Available at: <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=764>
6. Tu, Y., Wang, R., Zhang, Y., Wang, J. (2018). Progress and Expectation of Atmospheric Water Harvesting. Joule, 2 (8), 1452–1475. doi: <https://doi.org/10.1016/j.joule.2018.07.015>
7. Srivastava, S., Yadav, A. (2018). Water generation from atmospheric air by using composite desiccant material through fixed focus concentrating solar thermal power. Solar Energy, 169, 302–315. doi: <https://doi.org/10.1016/j.solener.2018.03.089>
8. Zolfagharkhani, S., Zamen, M., Shahmardan, M. M. (2018). Thermodynamic analysis and evaluation of a gas compression refrigeration cycle for fresh water production from atmospheric air. Energy Conversion and Management, 170, 97–107. doi: <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2018.05.016>
9. The European Solar Thermal Industry Federation (ESTIF). Available at: <http://www.estif.org/>
10. Thermal solar line. Rotartica, air conditioning appliances: Solar Line, single effect 4,5kW. Available at: http://andyschroder.com/static/pdf/Rotartica/Rotartica_Product_Description.pdf
11. Perel'shteyn, B. H. (2008). *Novye energeticheskie sistemy*. Kazan': Izd-vo Kazan. gos. tehn. un-ta, 208.
12. Vasylyv, O. B., Kovalenko, O. O. (2009). Struktura ta shliakhy rationalnoho vykorystannia vody na kharchovykh pidpriemstvakh. Naukovi pratsi ONAKhT, 35, 54–58.
13. Elsheniti, M. B., Elsamni, O. A., Al-dadah Raya K., Mahmoud, S., Elsayed, E., Saleh, K. (2018). Adsorption Refrigeration Technologies. Sustainable Air Conditioning Systems. doi: <https://doi.org/10.5772/intechopen.73167>
14. Vasylyv, O. B., Titlov, O. S., Osadchuk, Ye. O. (2015). Pat. No. 100195 UA. Sposib oderzhannia vody z atmosfernoho povitria. No. u201501512; declared: 20.02.2015; published: 10.07.2015, Bul. No. 13. Available at: <https://uapatents.com/7-100195-sposib-oderzhannia-vodi-z-atmosfernogopovitrya.html>
15. Busso, A., Franco, J., Sogari, N., Cáceres, M. (2011). Attempt of integration of a small commercial ammonia-water absorption refrigerator with a solar concentrator: Experience and results. International Journal of Refrigeration, 34 (8), 1760–1775. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2011.07.004>
16. Gutiérrez, F. (1988). Behavior of a household absorption-diffusion refrigerator adapted to autonomous solar operation. Solar Energy, 40 (1), 17–23. doi: [https://doi.org/10.1016/0038-092x\(88\)90067-9](https://doi.org/10.1016/0038-092x(88)90067-9)
17. Osadchuk, E. A., Titlov, A. S., Mazurenko, S. Yu. (2014). Determination of power efficient operating conditions of absorption water-

- ammonia refrigerating machine in the systems for obtaining water from atmospheric air. Refrigerating and accompanying technologies, 50 (4), 54–57. doi: <https://doi.org/10.15673/0453-8307.4/2014.28054>
18. Osadchuk, E., Titlov, A., Kuzakon, V., Shlapak, G. (2015). Development of schemes of pump and gasoline-pump absorption water-ammonia refrigeration machines to work in a system of water production from the air. Technology audit and production reserves, 3 (3 (23)), 30–37. doi: <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2015.44139>
 19. Osadchuk, E. A., Titlov, A. S., Vasylyv, O. B., Mazurenko, S. Yu. (2014). Poisk energeticheski effektivnostivnyh rezhimov raboty absorbtionnoy vodoammiachnoy holodil'noy mashiny v sistemah polucheniya vody iz atmosferno go vozduha. Naukovi pratsi ONAKhT, 1 (45), 65–69.
 20. Gerhard, K. (1999). Pat. No. 57849 UA. Absorption cooling machine. No. 2001031479; declared: 03.09.1999; published: 15.07.2003, Bul. No. 7. Available at: <https://uapatents.com/7-57849-absorbciijnakholodilna-mashina.html>
 21. Natural Refrigerants. Available at: https://www.linde-gas.com/en/products_and_supply/refrigerants/natural_refrigerants/index.html
 22. Hobin, V. A., Titlova, O. A. (2014). Energoeffektivnoe upravlenie absorbtionnymi holodil'nikami. Kherson: Grin' D.S., 216.
 23. Tiukhai, D. S. (1999). Poshuk enerhozberihaiuchykh rezhymiv roboty absorbtisyne-dyfuziynoi tekhniki na bazi unifikovanoi ADKhM. Naukovi pratsi ONAKhT, 20, 229–234.
 24. Osadchuk, Ye., Titlov, O. (2020). Search for energy efficient modes of systems operation for obtaining water from atmospheric air on the basis of absorption water-ammonia thermal transformers of heat and solar collectors. Refrigeration Engineering and Technology, 56 (3-4), 78–91. doi: <https://doi.org/10.15673/ret.v56i3-4.1951>
 25. Titlov, A. S. (2008). Povyshenie energeticheskoy effektivnosti absorbtionnykh holodil'nykh priborov. Naukovi pratsi ONAHT, 1 (34), 295–303.
 26. Ishchenko, I. M., Titlov, O. S. (2018). Improvement of regime parameters of water-absorbing ammonia refrigeration units operating in a wide range of ambient temperatures. Refrigeration Engineering and Technology, 54 (3), 10–20. doi: <https://doi.org/10.15673/ret.v54i3.1096>
 27. Galimova, L. I. (1997). Absorbtsionnye holodil'nye mashiny i teplovye nasosy. Astrahan', 226.
 28. Ischenko, I. N. (2010). Modelirovanie tsiklov nasosnykh i beznasosnykh absorbtionnykh holodil'nykh agregatov. Naukovi pratsi ONAKhT, 2 (38), 393–405.
 29. Morozyuk, T. V. (2006). Teoriya holodil'nykh mashin i teplovykh nasosov. Odessa: Studiya «Negotsiant», 712.
 30. Mazouz, S., Mansouri, R., Bellagi, A. (2014). Experimental and thermodynamic investigation of an ammonia/water diffusion absorption machine. International Journal of Refrigeration, 45, 83–91. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2014.06.002>
 31. Jemaa, R. B., Mansouri, R., Boukholda, I., Bellagi, A. (2016). Experimental investigation and exergy analysis of a triple fluid vapor absorption refrigerator. Energy Conversion and Management, 124, 84–91. doi: <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2016.07.008>
 32. Mansouri, R., Bourouis, M., Bellagi, A. (2017). Experimental investigations and modelling of a small capacity diffusion-absorption refrigerator in dynamic mode. Applied Thermal Engineering, 113, 653–662. doi: <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2016.11.078>
 33. Yildiz, A., Ersöz, M. A. (2013). Energy and exergy analyses of the diffusion absorption refrigeration system. Energy, 60, 407–415. doi: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2013.07.062>
 34. Ben Jemaa, R., Mansouri, R., Boukholda, I., Bellagi, A. (2017). Experimental characterization and performance study of an ammonia–water–hydrogen refrigerator. International Journal of Hydrogen Energy, 42 (13), 8594–8601. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2016.06.150>
 35. Taieb, A., Mejbri, K., Bellagi, A. (2016). Detailed thermodynamic analysis of a diffusion-absorption refrigeration cycle. Energy, 115, 418–434. doi: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2016.09.002>
 36. Ersöz, M. A. (2015). Investigation the effects of different heat inputs supplied to the generator on the energy performance in diffusion absorption refrigeration systems. International Journal of Refrigeration, 54, 10–21. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2015.02.013>
 37. Jelinek, M., Levy, A., Borde, I. (2016). The influence of the evaporator inlet conditions on the performance of a diffusion absorption refrigeration cycle. Applied Thermal Engineering, 99, 979–987. doi: <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2016.01.152>
 38. Srihirin, P., Aphornratana, S. (2002). Investigation of a diffusion absorption refrigerator. Applied Thermal Engineering, 22 (11), 1181–1193. doi: [https://doi.org/10.1016/s1359-4311\(02\)00049-2](https://doi.org/10.1016/s1359-4311(02)00049-2)
 39. Bogdanov, S. N., Burtsev, S. I., Ivanov, O. P., Kupriyanova, A. V. (1999). Holodil'naya tekhnika. Konditsionirovanie vozduha. Svoystva veschestv. Sankt-Peterburg: SPbGAHPT (Sankt-Peterburgskaya gosudarstvennaya akademiya holoda i pischevykh tekhnologiy), 320.
 40. Osadchuk, E. A., Titlov, A. S. (2011). Analiticheskie zavisimosti dlya rascheta termodinamicheskikh parametrov i teplofizicheskikh svoystv vodoammiachnogo rastvora. Naukovi pratsi ONAKhT, 1 (39), 178–182.
 41. Titlov, A. S., Vasylyv, O. B., Adambaev, D. B. (2018). Modeling of the manual non-stopped current modes of the liquid phase of the working body in the elements of absorption refrigerating devices. Refrigeration Engineering and Technology, 54 (3), 21–32. doi: <https://doi.org/10.15673/ret.v54i3.1108>
 42. Osipov, Yu. V., Tret'yakov, N. P., Nekrasov, N. N. (1971). Teplo- i massoobmen pri absorbtzii ammiaka vodoammiachnym rastvorom iz vodoammiachnoy smesi. Holodil'naya tekhnika, 9, 47–50.
 43. Du, S., Wang, R. Z., Lin, P., Xu, Z. Z., Pan, Q. W., Xu, S. C. (2012). Experimental studies on an air-cooled two-stage NH₃-H₂O solar absorption air-conditioning prototype. Energy, 45 (1), 581–587. doi: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2012.07.041>
 44. Galimova, L. V., Vedeneeva, A. I. (2014). Scientific and practical foundations of removal of application to serving absorption water-ammonia chiller. Nauchnyi zhurnal NIU ITMO. Seriya «Holodil'naya tekhnika i konditsionirovanie», 1. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/nauchno-prakticheskie-osnovy-protseassa-absorbtsii-s-primeneniem-k-deystviyushey-absorbtsionnoy-vodoammiachnoy-holodilnoy-mashiny>
 45. Kaynakli, O., Yamankaradeniz, R. (2007). Thermodynamic analysis of absorption refrigeration system based on entropy generation. Current Science, 92 (4), 472–479.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.230211

DETERMINING THE THERMAL MODE OF BIO-BASED RAW MATERIALS COMPOSTING PROCESS IN A ROTARY-TYPE CHAMBER (p. 41–52)

Gennadii Golub

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2388-0405>

Ivan Grabar

Polissia National University, Zhytomyr, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7193-6960>

Dmytro Derevyanko

Polissia National University, Zhytomyr, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1408-6274>

Anna Holubenko

Polissia National University, Zhytomyr, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5018-5312>

Oleksandr Medvedskyi

Polissya National University, Zhytomyr, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7458-5337>

Viacheslav Chuba

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,
 Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4119-0520>

Oleksandr Solarov

Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1485-0685>

Tamara Bilko

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,
 Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3164-3298>

Maksym Pavlenko

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,
 Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9344-4895>

Anatolii Saienko

Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1272-5298>

One of the promising methods to dispose of agricultural bio-based raw materials is to produce compost by aerobic fermentation in rotary chambers. High efficiency of the composting process is achieved when a proper temperature mode is maintained at each phase of the process. Changes in temperature are directly related to the effective transformation of organic substrates by microorganisms and are the reason for the low quality of produced compost in terms of its agrochemical and microbiological parameters.

It was established that a high-temperature regime is achieved on the condition that the amount of heat released during the biodegradation of raw materials by microorganisms is greater than the heat loss associated with the substrate aeration and surface cooling. Therefore, the time during which the fermented mass remains warm depends entirely on the substrate's physical-chemical characteristics, the parameters of the equipment, and the modes of its operation.

To describe the established conditions, based on the equation of thermal balance, a mathematical model has been built. The model relates the thermal costs necessary to maintain the optimal temperature regime of the process to the substrate's moisture content and specific active heat generation, as well as to such an important thermal physical parameter of the chamber as the coefficient of heat transfer of the wall material.

A rotary chamber was manufactured to investigate the thermal mode of the bio-based raw materials composting process. It has been experimentally established that the chamber walls' heat transfer coefficient of $1.6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$, a value of the substrate's specific active heat generation of $9.2 \text{ W}/\text{kg}$, and a moisture content of 58 % provide for the thermal needs for the process with the release of 140 MJ of excess heat.

The reported study could be the basis for the modernized methodology of thermal calculations of the bio-based raw materials composting process in closed fermentation chambers.

Keywords: heat transfer coefficient, specific active heat generation, substrate, composting, fermentation, rotary chamber.

References

- Hemati, A., Aliasgharzad, N., Khakvar, R., Khoshmanzar, E., Asgari Lajayer, B., van Hullebusch, E. D. (2021). Role of lignin and thermophilic lignocellulolytic bacteria in the evolution of humification indices and enzymatic activities during compost production. *Waste Management*, 119, 122–134. doi: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.09.042>
- Arora, S., Rani, R., Ghosh, S. (2018). Bioreactors in solid state fermentation technology: Design, applications and engineering aspects. *Journal of Biotechnology*, 269, 16–34. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2018.01.010>
- Jaramillo, A. C., Cobas, M., Hormaza, A., Sanromán, M. Á. (2017). Degradation of Adsorbed Azo Dye by Solid-State Fermentation: Improvement of Culture Conditions, a Kinetic Study, and Rotating Drum Bioreactor Performance. *Water, Air, & Soil Pollution*, 228 (6). doi: <https://doi.org/10.1007/s11270-017-3389-2>
- Kauser, H., Pal, S., Haq, I., Khwairakpam, M. (2020). Evaluation of rotary drum composting for the management of invasive weed *Mikania micrantha* Kunth and its toxicity assessment. *Bioresource Technology*, 313, 123678. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.123678>
- Shikata, A., Sermsathanaswadi, J., Thianheng, P., Baramée, S., Tachaapaikoon, C., Waeonukul, R. et al. (2018). Characterization of an Anaerobic, Thermophilic, Alkaliphilic, High Lignocellulosic Biomass-Degrading Bacterial Community, ISHI-3, Isolated from Biocompost. *Enzyme and Microbial Technology*, 118, 66–75. doi: <https://doi.org/10.1016/j.enzmictec.2018.07.001>
- Radziemska, M., Mazur, Z. (2015). Effect of compost from by-product of the fishing industry on crop yield and microelement content in maize. *Journal of Ecological Engineering*, 16, 168–175. doi: <https://doi.org/10.12911/22998993/59378>
- Jiang, Z., Li, X., Li, M., Zhu, Q., Li, G., Ma, C. et al. (2021). Impacts of red mud on lignin depolymerization and humic substance formation mediated by laccase-producing bacterial community during composting. *Journal of Hazardous Materials*, 410, 124557. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.124557>
- Duan, Y., Awasthi, S. K., Liu, T., Verma, S., Wang, Q., Chen, H. et al. (2019). Positive impact of biochar alone and combined with bacterial consortium amendment on improvement of bacterial community during cow manure composting. *Bioresource Technology*, 280, 79–87. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.02.026>
- Liu, H., Wang, L., Lei, M. (2019). Positive impact of biochar amendment on thermal balance during swine manure composting at relatively low ambient temperature. *Bioresource Technology*, 273, 25–33. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2018.10.033>
- Wang, Y., Pang, L., Liu, X., Wang, Y., Zhou, K., Luo, F. (2016). Using thermal balance model to determine optimal reactor volume and insulation material needed in a laboratory-scale composting reactor. *Bioresource Technology*, 206, 164–172. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2016.01.097>
- Ahn, H. K., Richard, T. L., Choi, H. L. (2007). Mass and thermal balance during composting of a poultry manure – Wood shavings mixture at different aeration rates. *Process Biochemistry*, 42(2), 215–223. doi: <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2006.08.005>
- Smith, B. A. M., Eudoxie, G., Stein, R., Ramnarine, R., Raghavan, V. (2020). Effect of neem leaf inclusion rates on compost physico-chemical, thermal and spectroscopic stability. *Waste Management*, 114, 136–147. doi: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.06.026>
- He, X., Han, L., Huang, G. (2020). Analysis of regulative variables on greenhouse gas emissions and spatial pore gas concentrations with modeling during large-scale trough composting. *Journal of Cleaner Production*, 277, 124066. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124066>
- Korolev, S. A., Maykov, D. V. (2012). Identification of a mathematical model and research of the various modes of methanogenesis in mesophilic

- environments. *Computer Research and Modeling*, 4 (1), 131–141. doi: <https://doi.org/10.20537/2076-7633-2012-4-1-131-141>
15. Uvarov, R., Briukhanov, A., Spesivtsev, A., Spesivtsev, V. (2017). Mathematical model and operation modes of drum-type biofermenter. Proceedings of 16th International Scientific Conference “Engineering for Rural Development”. Jelgava, 1006–1011. doi: <https://doi.org/10.22616/erdev2017.16.n212>
 16. Malakov, Yu. F., Sokolov, A. V. (2008). Model' protsessa raboty ustroystva dlya pererabotki organicheskikh othodov. Aktual'nye problemy nauki v APK: Materialy 59-y mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii: Vol. 3. Kostroma: Izd. KGSHA, 166–169.
 17. Irvine, G., Lamont, E. R., Antizar-Ladislao, B. (2010). Energy from Waste: Reuse of Compost Heat as a Source of Renewable Energy. *International Journal of Chemical Engineering*, 2010, 1–10. doi: <https://doi.org/10.1155/2010/627930>
 18. Kaya, K., Ak, E., Yaslan, Y., Oktug, S. F. (2021). Waste-to-Energy Framework: An intelligent energy recycling management. *Sustainable Computing: Informatics and Systems*, 30, 100548. doi: <https://doi.org/10.1016/j.suscom.2021.100548>
 19. Ghaly, A. E., Alkokaik, F., Snow, A. (2006). Thermal balance of invessel composting of tomato plant residues. *Canadian Biosystems Engineering*, 48, 6.1–6.11.
 20. Bach, P. D., Nakasaki, K., Shoda, M., Kubota, H. (1987). Thermal balance in composting operations. *Journal of Fermentation Technology*, 65 (2), 199–209. doi: [https://doi.org/10.1016/0385-6380\(87\)90165-8](https://doi.org/10.1016/0385-6380(87)90165-8)
 21. Alkokaik, F., Abdel-Ghany, A., Rashwan, M., Fulleros, R., Ibrahim, M. (2018). Energy Analysis of a Rotary Drum Bioreactor for Composting Tomato Plant Residues. *Energies*, 11 (2), 449. doi: <https://doi.org/10.3390/en11020449>
 22. Santos, D. A., Dadalto, F. O., Scatena, R., Duarte, C. R., Barrozo, M. A. S. (2015). A hydrodynamic analysis of a rotating drum operating in the rolling regime. *Chemical Engineering Research and Design*, 94, 204–212. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cherd.2014.07.028>
 23. Toundou, O., Pallier, V., Feuillade-Cathalifaud, G., Tozo, K. (2021). Impact of agronomic and organic characteristics of waste composts from Togo on *Zea mays* L. nutrients contents under water stress. *Journal of Environmental Management*, 285, 112158. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112158>
 24. Hryshchuk, Yu. S. (2008). *Osnovy naukovykh doslidzhen*. Kharkiv: NTU «KhPI», 232.
 25. Mel'nikov, S. V., Atselkin, V. R., Roschin, P. M. (1980). *Planirovanie eksperimenta v issledovaniyah sel'skohozyaystvennykh protsessov*. Leningrad: Kolos, 168.
 26. Krishna, C. (2005). Solid-State Fermentation Systems – An Overview. *Critical Reviews in Biotechnology*, 25 (1-2), 1–30. doi: <https://doi.org/10.1080/07388550590925383>

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.228941

УДОСКОНАЛЕННЯ УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯМ ФОТОЕЛЕКТРИЧНОЇ СИСТЕМИ З НАКОПИЧУВАЧЕМ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОТРЕБ ЛОКАЛЬНОГО ОБ'ЄКТА (с. 6–15)

О. О. Шавьолкін, І. О. Шведчикова, Jasim Mohmed Jasim Jasim

Розглянуто вдосконалення управління енергоспоживанням фотоелектричної системи з накопичувачем для локального об'єкта, підключеного до мережі. Метою дослідження є зниження витрат на оплату електроенергії, споживаної з мережі, при навантаженні об'єкта, що не залежить від пори року, і виключенні генерації енергії в мережу. Удосконалено алгоритм управління генерацією з формуванням ступеня заряду батареї протягом доби за даними прогнозу. Це дозволить знизити споживання електроенергії в нічний час при більш повному використанні енергії акумулятора і фотоелектричної батареї вдень. Запропоновано використовувати автономне функціонування з відключенням від мережі в години пікових тарифів і вдень при достатній генерації фотоелектричної батареї. Це забезпечить нормальне функціонування об'єкта при можливому погіршенні якості напруги в мережі при зниженні втрат енергії в інверторі. Запропоновано предиктивний контроль очікуваного ступеня заряду батареї в наступній контрольній точці (з інтервалом 0.5 години або менше між точками контролю). Розроблено структуру системи управління із завданням струму акумуляторної батареї в залежності від режиму роботи, тарифної зони і прогнозованої генерації фотоелектричної батареї при зниженні частоти модуляції в автономному режимі. Перемикання режимів і зміна структури при цьому здійснюються з урахуванням ступеня заряду батареї. Моделювання в добовому циклі показало можливість зниження витрат на споживану з мережі електроенергію в 1.7–8 разів при двох або трьох ставках тарифу. Моделювання електромагнітних процесів в системі підтверджує прийнятні показники регулювання при перемиканні структури і зниження втрат енергії в інверторі в автономному режимі до 40 відсотків.

Ключові слова: перерозподіл енергії, ступінь заряду акумулятора, структура управління, предиктивний контроль, автономний режим, регулювання струму батареї, багатозонна тарифікація.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.230218

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ КОМПЛЕКСНОЇ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СИСТЕМ ЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ В КОМУНАЛЬНІЙ ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЦІ (с. 16–22)

І. Л. Козлов, В. І. Ковальчук, О. А. Климчук, К. О. Сова, І. М. Аксьонова, К. І. Борисенко

Розглянуто можливість комплексної оцінки ефективності експлуатації системи централізованого теплопостачання, заснованої на загальному показнику ефективності роботи обладнання ОЕЕ (overall equipment effectiveness) і поширення його на систему в цілому. Розрізненість спрямованості існуючих підходів в оцінці ефективності експлуатації систем централізованого теплопостачання не дозволяє комплексно оцінити загальну ефективність функціонування технологічної послідовності всієї системи.

Запропоновано розглядати ефективність як ймовірність повноцінного функціонування всіх елементів системи теплопостачання.

Показано, що продуктивність котельні по тепловій енергії пропорційна споживанню електроенергії котельні і апроксимується періодичною функцією.

Показано, що основним елементом системи теплопостачання, визначаючим її ефективність, є теплогенеруюче джерело.

В результаті дослідження визначено, що ефективність функціонування теплогенеруючого джерела підвищується в міру досягнення максимального значення його коефіцієнта корисної дії (ККД).

Чисельне моделювання показало, що гнучке використання встановлених потужностей, тобто використанні потужності котлів в режимі, близькому до оптимального, коефіцієнт продуктивності ділянки генерації тепла зростає від 0,53 до 0,70 і загальний показник ефективності системи теплопостачання від 0,44 до 0,59 можна підвищити більш ніж на 30 %. Рекомендовано при проектуванні котельні передбачати установку потужностей з градацією 1; 0,5; 0,25.

Показано, що показник ОЕЕ дозволяє характеризувати ефективність як системи теплопостачання в цілому, так і її окремих складових, і може застосовуватися при проектуванні та аналізі експлуатації систем.

Ключові слова: система теплопостачання, режими теплопостачання, центральні котельні, критерій ефективності, оцінки ефективності.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.229515

РОЗРОБКА МЕТОДУ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ РОЗРАХУНКУ ПИТОМОЇ ВИТРАТИ ПАЛИВА ПРИ МОДЕЛЮВАННІ ХАРАКТЕРИСТИК ПОВІТРЯНО-РЕАКТИВНИХ ДВИГУНІВ (с. 23–30)

О. В. Кіслов, М. В. Амброжевич, М. А. Шевченко

Визначення питомої витрати палива повітряно-реактивних двигунів є однією із задач математичного моделювання їх характеристик. Як правило, при розрахунку показників повітряно-реактивних двигунів похибка визначення питомої витрати палива більше ніж тяги. У даній роботі обґрунтовується, що це пояснюється похибкою визначення відносної витрати палива, яка слабо впливає на параметри потоку і тяги, але сильно – на питому витрату палива. Наявність істотної похибки відносної витрати палива пояснюється застосуванням спрощених методів, в яких використовується залежність ентальпії тільки від температури і складу суміші без урахування впливу тиску. Розроблений метод підвищення точності розрахунку питомої витрати палива повітряно-реактивних двигунів за-

снований на коригуванні величини відносної витрати палива в камері згоряння, яка отримана за допомогою існуючих математичних моделей. Коригування відносної витрати палива ґрунтується на використанні залежностей ентальпії від температури, тиску і складу суміші. Ентальпія суміші розраховується через середню ізобарну теплоємність, отриману за допомогою інтегрування дійсної ізобарної теплоємності, яка залежить від температури тиску і складу суміші. Верифікація точності розрахунку відносної витрати палива виконана шляхом порівняння з відомими експериментальними даними по камері згоряння двоконтурного турбореактивного двигуна CF6-80A фірми «General Electric» (США). Середня похибка розрахунку відносної витрати палива не перевищує 3 %. Застосування розробленого методу коригування питомої витрати палива для розрахунку висотно-швидкісних характеристик двоконтурного турбореактивного двигуна Д436-148В (Україна) дозволило зменшити похибку визначення відносної витрати палива і питомої витрати палива в середньому до 3 %.

Ключові слова: відносна витрата палива, питома витрата палива, камера згоряння, питома ізобарна теплоємність, повітряно-реактивний двигун.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.229545

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМ ОТРИМАННЯ ВОДИ З АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ (с. 31–40)

Н. О. Біленко, О. С. Тітлов

Для часткового скорочення дефіциту води в посушливих регіонах планети показана перспектива отримання води з атмосферного повітря методом охолодження до температури точки роси за допомогою холодильних машин. Для мінімізації енерговитрат в системах отримання води з атмосферного повітря запропоновано використовувати сонячну енергію, а в якості джерела штучного холоду – холодильні абсорбційні агрегати (АХА).

Проведено аналіз характерних термодинамічних процесів модернізованого АХА, здатного працювати при знижених, у порівнянні з аналогами, температурах джерела теплової енергії. Вивчено можливість зниження рівня температур джерела тепла за рахунок включення до складу схема АХА випарника розчинів. При аналізі був використаний оригінальний метод, заснований на балансі питомих потоків компонентів робочого тіла АХА і реальних граничних умовах в характерних точках циклу. Було показано обмеження за рівнем мінімальних температур кипіння в генераторі АХА (від 90 °С) при роботі в актуальних кліматичних умовах систем отримання води з атмосферного повітря.

Проведено моделювання процесів теплообміну при контактній взаємодії парогазової суміші і водоаміачного розчину.

На основі варіантних розрахунків показано, що запропонована конструкція АХА з адіабатних випарником розчину може працювати в складі систем отримання води з атмосферного повітря при температурах гарячого джерела від 100 °С і цілком конструктивно вписується в елементну базу типових моделей.

Запропоновано використовувати два типи джерела сонячної теплової енергії для роботи АХА. У тропічному кліматі – з вакуумними сонячними колекторами або концентраторами сонячної енергії, а в зоні помірного клімату – з сонячними колекторами з водою в якості теплоносія.

Ключові слова: вода з атмосферного повітря, холодильні машини, абсорбція холодильні агрегати, сонячна енергія.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.230211

ВИЗНАЧЕННЯ ТЕПЛООВОГО РЕЖИМУ ПРОЦЕСУ КОМПОСТУВАННЯ БІОСИРОВИНИ В КАМЕРІ ОБЕРТОВОГО ТИПУ (с. 41–52)

Г. А. Голуб, І. Г. Грабар, Д. А. Дерев'яно А. А. Голубенко, О. В. Медведський, В. В. Чуба, О. О. Соларьов, Т. О. Білько, М. Ю. Павленко, А. В. Саєнко

Одним з перспективних методів утилізації сільськогосподарської біосировини є виробництво компостів шляхом аеробної ферментації в обертових камерах. Висока ефективність процесу компостування досягається при умові забезпечення належного температурного режиму на кожній з фаз процесу. Зміни температури напряму пов'язані з ефективністю трансформації мікроорганізмами органічних субстратів і є причиною низької якості виробленого компосту за агрохімічними та мікробіологічними показниками.

Встановлено, що високий температурний режим досягається при умові, що кількість теплоти, виділена під час біодеградації сировини мікроорганізмами, є більшою за втрати теплоти, пов'язані з аерацією та поверхневим охолодженням субстрату. Тому час, упродовж якого ферментована маса буде залишатися розігрітою, цілком залежить від фізико-хімічних характеристик субстрату, параметрів обладнання та режимів його функціонування.

Для опису встановлених умов, виходячи з рівняння теплового балансу, створено математичну модель. Модель поєднує теплові витрати, необхідні для підтримання оптимального температурного режиму процесу з вологістю і питомим активним тепловиділенням субстрату, а також з важливим теплофізичним параметром камери – коефіцієнтом теплопередачі матеріалу стінки.

Для проведення досліджень теплового режиму процесу компостування біосировини виготовлено обертову камеру. Експериментально встановлено: при коефіцієнті теплопередачі стінки камери 1,6 Вт/(м²·°С), величині питомого активного тепловиділення субстрату 9,2 Вт/кг вологістю 58 % забезпечуються теплові потреби на процес з виділенням 140 МДж надлишкової теплоти.

Дослідження можуть бути покладені в основу сучасної методології теплових розрахунків процесу компостування біосировини в закритих камерах ферментації.

Ключові слова: коефіцієнт теплопередачі, питоме активне тепловиділення, субстрат, компостування, ферментація, обертова камера.