

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.288834
EVALUATION OF A BIOMASS COMBUSTION FURNACE USING DIFFERENT KINDS OF COMBUSTION CHAMBER CASING MATERIALS (p. 6–15)

Sallolo Suluh

Indonesia Christian University Toraja,
 South Sulawesi, Indonesia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8616-4644>

Dennis Lorenza

Indonesia Christian University Toraja,
 South Sulawesi, Indonesia

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-8565-6959>

Rigel Sampelolo

Indonesia Christian University Toraja,
 South Sulawesi, Indonesia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4960-9952>

GAN Pongdatu

Indonesia Christian University Toraja,
 South Sulawesi, Indonesia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1929-6078>

Dina Ramba

Indonesia Christian University Toraja,
 South Sulawesi, Indonesia

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-0068-6906>

Agus Widyanto

Universitas Negeri Yogyakarta,
 Yogyakarta Special Region, Indonesia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1554-2561>

This research systematically evaluates a biomass combustion furnace, focusing on the influence of varying combustion chamber casing materials. The study employs controlled laboratory experiments to investigate the impact of different casing materials on combustion performance, thermal efficiency, and practical applications such as water boiling capacity. The research uses distinct materials, including clay, steel, and aluminum, for combustion chamber casings while maintaining consistent dimensions. The central experimental apparatus, an aluminum stove, was meticulously crafted, adhering to precise measurements. Coconut shell briquettes served as the primary fuel source for this investigation. The results reveal intriguing dynamics in combustion behavior. Notably, the choice of combustion chamber casing material significantly affects fire temperature, sleeve wall temperature, thermal efficiency, and the ability to boil water. Clay emerges as a standout performer, achieving high thermal efficiency (56.8%), substantial water boiling capacity (25 liters), and efficient fuel consumption (1.28 kg of burnt briquettes). However, steel casing materials excel in generating the highest fire temperatures (up to 557 °C), underscoring their exceptional heat-conducting properties. Aluminum has fast temperature responses but may not

retain heat like clay. The findings help optimize biomass combustion furnaces and associated applications. Material selection is crucial to attaining combustion goals like efficiency, temperature generation, or practical heat. These discoveries could lead to more efficient and ecologically friendly biomass combustion systems for sustainable energy and resource use.

Keywords: coconut shell briquettes, cylindrical shapes, household briquette stoves, thermal characteristics.

References

1. Njenga, M., Karanja, N., Karlsson, H., Jamnadass, R., Iiyama, M., Kithinji, J., Sundberg, C. (2014). Additional cooking fuel supply and reduced global warming potential from recycling charcoal dust into charcoal briquette in Kenya. *Journal of Cleaner Production*, 81, 81–88. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.06.002>
2. Yuliah, Y., Kartawidjaja, M., Suryaningsih, S., Ulfi, K. (2017). Fabrication and characterization of rice husk and coconut shell charcoal based bio-briquettes as alternative energy source. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 65, 012021. doi: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/65/1/012021>
3. Amoako, G., Mensah-Amoah, P. (2018). Determination of calorific values of coconut shells and coconut husks. *Journal of Materials Science Research and Reviews*, 2 (2). Available at: <https://ir.ucc.edu.gh/xmlui/handle/123456789/6153>
4. Lukas, A. G., Lombok, J. Z., Anom, I. D. K. (2018). Briquettes Made with Mixtures of Salak Seed (*Salacca zalacca*) Charcoal and Coconut Shell Charcoal and the Potential as an Alternative Energy Source. *International Journal of Applied Engineering Research*, 13 (12), 10588–10592. Available at: https://www.ripublication.com/ijaer18/ijaerv13n12_64.pdf
5. Musabbikhah, Saptoadi, H., Subarmono, Wibisono, M. A. (2016). Optimization of temperature and time for drying and carbonization to increase calorific value of coconut shell using Taguchi method. *AIP Conference Proceedings*. doi: <https://doi.org/10.1063/1.4943430>
6. Sagdinakiadtikul, T., Supakata, N. (2016). The application of using rice straw coconut shell and rice husk for briquette and charcoal production. *International Journal of Energy, Environment and Economics*, 24 (2/3), 283–292. Available at: <https://www.proquest.com/docview/1903095179?fromopenview=true&pq-origsite=gscholar>
7. Djafar, Z., Suluh, S., Amaliyah, N., Piarah, W. H. (2022). Comparison of the Performance of Biomass Briquette Stoves on Three Types of Stove Wall Materials. *International Journal of Design & Nature and Ecodynamics*, 16 (6), 145–149. doi: <https://doi.org/10.18280/ijdne.170119>
8. Djafar, Z., Amaliyah, N., Suluh, S., Isra, M., Piarah, W. H. (2020). The Performance of Clay Furnace with Variation in the Diameters of the Briquette Burning Chamber. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 875 (1), 012068. doi: <https://doi.org/10.1088/1757-899x/875/1/012068>

9. Wang, J., Lou, H. H., Yang, F., Cheng, F. (2016). Development and performance evaluation of a clean-burning stove. *Journal of Cleaner Production*, 134, 447–455. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.01.068>
10. Orhevba, B. A., Olatunji, O. I., Obasa, P. A. (2018). Performance evaluation of a modified briquette stove. *Nigerian Research Journal of Engineering and Environmental Sciences*, 3 (2), 898–908. Available at: https://www.researchgate.net/publication/334330905_Performance_evaluation_of_a_modified_briquette_stove
11. Tyagi, S. K., Pandey, A. K., Sahu, S., Bajala, V., Rajput, J. P. S. (2012). Experimental study and performance evaluation of various cook stove models based on energy and exergy analysis. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 111 (3), 1791–1799. doi: <https://doi.org/10.1007/s10973-012-2348-9>
12. Hailu, A. (2022). Development and performance analysis of top lit updraft: natural draft gasifier stoves with various feed stocks. *Heliyon*, 8 (8), e10163. doi: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e10163>
13. Bokov, V., Sisa, O., Mirzak, V., Medvedieva, O. (2020). Pressing technology and burning quality of spherical fuel briquettes made from autumn leaves. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (1 (104)), 60–72. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.198724>
14. Okino, J., Komakech, A. J., Wanyama, J., Ssegane, H., Olomo, E., Omara, T. (2021). Performance Characteristics of a Cooking Stove Improved with Sawdust as an Insulation Material. *Journal of Renewable Energy*, 2021, 1–12. doi: <https://doi.org/10.1155/2021/9969806>
15. Akolgo, G. A., Essandoh, E. O., Gyamfi, S., Atta-Darkwa, T., Kumi, E. N., Maia, C. M. B. de F. (2018). The potential of a dual purpose improved cookstove for low income earners in Ghana – Improved cooking methods and biochar production. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82, 369–379. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.09.044>
16. Dang, H., Wang, G., Wang, C., Ning, X., Zhang, J., Mao, X. et al. (2021). Comprehensive Study on the Feasibility of Pyrolysis Biomass Char Applied to Blast Furnace Injection and Tuyere Simulation Combustion. *ACS Omega*, 6 (31), 20166–20180. doi: <https://doi.org/10.1021/acsomega.1c01677>
17. Rasoulkhani, M., Ebrahimi-Nik, M., Abbaspour-Fard, M. H., Rohani, A. (2018). Comparative evaluation of the performance of an improved biomass cook stove and the traditional stoves of Iran. *Sustainable Environment Research*, 28 (6), 438–443. doi: <https://doi.org/10.1016/j.serj.2018.08.001>
18. Bondarenko, I., Kutniashenko, O., Toporov, A., Anishchenko, L., Ziuz, O., Dunayev, I. et al. (2020). Improving the efficiency of equipment and technology of waste briquetting. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (10 (108)), 36–52. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.220349>
19. Murali, G., Channankaiah, P., Hasan, I. E., Anbarasan, P. (2015). Performance study of briquettes from agricultural waste for wood stove with catalytic combustor. *International Journal of ChemTech Research*, 8 (1), 30–36. Available at: [https://sphinxesai.com/2015/ch_vol8_no1/1/\(30-36\)%20V8N1.pdf](https://sphinxesai.com/2015/ch_vol8_no1/1/(30-36)%20V8N1.pdf)
20. Panwar, N. L. (2010). Performance Evaluation of Developed Domestic Cook Stove with *Jatropha* Shell. *Waste and Biomass Valorization*, 1 (3), 309–314. doi: <https://doi.org/10.1007/s12649-010-9040-8>
21. Ahiduzzaman, Md., Islam, A. K. M. S. (2013). Development of Biomass Stove for Heating up Die Barrel of Rice Husk Briquette Machine. *Procedia Engineering*, 56, 777–781. doi: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2013.03.194>
22. Kumar, M., Kumar, S., Tyagi, S. K. (2013). Design, development and technological advancement in the biomass cookstoves: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 26, 265–285. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.05.010>
23. MacCarty, N., Bryden, K. M. (2013). A Heat Transfer Model for the Conceptual Design of a Biomass Cookstove for Developing Countries. *ASME 2013 International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference*. doi: <https://doi.org/10.1115/detc2013-12650>
24. Bentson, S., Evitt, D., Still, D., Lieberman, D., MacCarty, N. (2022). Retrofitting stoves with forced jets of primary air improves speed, emissions, and efficiency: Evidence from six types of biomass cookstoves. *Energy for Sustainable Development*, 71, 104–117. doi: <https://doi.org/10.1016/j.esd.2022.09.013>
25. Ambreen, T., Saleem, A., Park, C. W. (2019). Pin-fin shape-dependent heat transfer and fluid flow characteristics of water- and nanofluid-cooled micropin-fin heat sinks: Square, circular and triangular fin cross-sections. *Applied Thermal Engineering*, 158, 113781. doi: <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2019.113781>
26. Wang, J., Gan, Y., Liang, J., Tan, M., Li, Y. (2019). Sensitivity analysis of factors influencing a heat pipe-based thermal management system for a battery module with cylindrical cells. *Applied Thermal Engineering*, 151, 475–485. doi: <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2019.02.036>
27. Li, X., He, L., Qian, P., Huang, Z., Luo, C., Liu, M. (2021). Heat transfer enhancement of droplet two-phase flow in cylindrical microchannel. *Applied Thermal Engineering*, 186, 116474. doi: <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2020.116474>
28. Ikram, M. Md., Saha, G., Saha, S. C. (2023). Unsteady conjugate heat transfer characteristics in hexagonal cavity equipped with a multi-blade dynamic modulator. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 200, 123527. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2022.123527>

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.288225

EFFICIENCY OF GAS PREPARATION TECHNOLOGY USING A BLOCK DRYING PLANT (p. 16–23)

Oleksandr Petrash

Poltava State Agrarian University, Poltava, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8151-6460>

Stanislav Popov

Poltava State Agrarian University, Poltava, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2381-152X>

Ruslan Petrash

Poltava State Agrarian University, Poltava, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5812-4044>**Yuliia Levchenko**

Poltava State Agrarian University, Poltava, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7087-3681>**Anton Kelemesh**

Poltava State Agrarian University, Poltava, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9429-8570>

The object of research is the technology of gas drying using a mobile block installation. The task to ensure compliance of the composition of natural gas with the values of a number of basic characteristics before its supply to main pipelines has been solved. The results of a complex analysis of the gas preparation technology of the deposit, which is located in an agricultural area and is at a late stage of exploitation, are reported. It was established that in order to ensure the supply of conditioned gas to the system of main gas pipelines under the conditions of low gas pressures, the construction of gas treatment plants is required, first of all, for its drying.

The method of ensuring gas quality considered in the current paper involves the use of a block-type gas drying installation as part of a low-temperature separation installation and a source of artificial cold. As the latter, it is envisaged to use a freon-refrigerating unit. The study shows that the proposed block gas drying units can be unified for different gas productivity and are characterized by relatively low capital and operating costs. The main advantages of the introduction of gas preparation block installations and the scheme of connecting the installation to the existing line are presented.

Based on the results of the economic efficiency indicators, it was established that the use of a block gas drying unit is a profitable project with the value of the accumulated reduced free cash flow of almost 843 thousand conditional units; the investment payback period is 3 years. The results could be effectively used in the gas distribution sector, provided that the gas is extracted from a field close to exhaustion, which is characterized by low reservoir pressures.

Keywords: freon refrigeration plant, gas drying, separation, payback period, gas distribution system.

References

1. Biletskyi, V. S., Orlovskiy, V. M., Vitryk, V. H. (2018). *Osnovy naftohazovoi inzheneriyi*. Poltava: ASMI, 415. Available at: <https://repository.kpi.kharkov.ua/items/7178193a-9948-4638-924f-657cbb91366c>
2. Mykhailov, V. A., Vakarchuk, S. H., Zeikan, O. Yu., Kasianchuk, S. V., Kurovets, I. M., Vyzhva, S. A. et al. (2014). *Netradytsiyni dzherela vuhlevodniv Ukrainy*. Kyiv: Nika-Tsentr, 280. Available at: <http://elar.nung.edu.ua/handle/123456789/5162>
3. Agarwal, P., Patel, P., Jain, S. (2013). Installation of Unique & First of Its kind, Gas Enrichment Plant - Natural Gas Purification and Drying Unit to Remove the Excessive Quantity of Nitrogen, Carbon Dioxide & Helium from the Natural Gas Produced at the Marginal Gas Fields of Rajasthan, India. Proceedings of SPE Asia Pacific Oil & Gas Conference and Exhibition. doi: <https://doi.org/10.2118/165741-ms>
4. Jin, L., Hawthorne, S., Sorensen, J., Pekot, L., Bosshart, N., Gorecki, C. et al. (2017). Utilization of Produced Gas for Improved Oil Recovery and Reduced Emissions from the Bakken Formation. SPE Health, Safety, Security, Environment, & Social Responsibility Conference. doi: <https://doi.org/10.2118/184414-ms>
5. Kravchenko, S., Popov, S., Gnitko, S. (2016). The working pressure research of piston pump RN-3.8. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 5(1 (83)), 15–20. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.80626>
6. Sivanandam, S., Al Ali, M. (2020). Capturing in Gas Treating Plants Technology Review and Selection. Abu Dhabi International Petroleum Exhibition & Conference. doi: <https://doi.org/10.2118/203479-ms>
7. Saha, C. K., Sabbir, A. S. M. Y. B., Sarker, S., Alam, Md. M. (2020). Development and Evaluation of LPG Based Heating System for BAU-STR Dryer. 2020 ASABE Annual International Virtual Meeting. doi: <https://doi.org/10.13031/aim.202000780>
8. Orymbetov, E., Orymbetova, G. E., Khussanov, A. E., Orymbetov, T. E., Orymbetov, B. E. (2022). Sectioning of petroleum gas adsorption drying. Series of geology and technical sciences, 3 (453), 155–165. doi: <https://doi.org/10.32014/2022.2518-170x.187>
9. Laing, W. (2003). Rising to the rural challenges. Petroleum review (London. 1968). MAR, 26–28.
10. Liashenko, A., Makarenko, V., Vynnykov, Y., Petrash, O. (2021). Oil wells hydrate formation regularities. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 3 (6 (111)), 19–24. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.233511>

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.287391**CONSTRUCTING A PHYSICAL-MATHEMATICAL MODEL OF GRAIN MASS SELF-HEATING BY A ROD SITE OF RECTANGULAR CROSS-SECTION (p. 24–30)****Maksym Slipchenko**

State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9728-661X>**Vadym Bredykhin**

State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5956-5458>**Andrey Pak**

State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3140-3657>**Petro Gurskyi**

State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5119-6048>**Oleksiy Alfyorov**

Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0357-3141>**Alina Pak**

Ukrainian Engineering

Pedagogics Academy, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0311-9731>

This paper considers the issue related to improving the energy and resource efficiency of the process of storing raw materials of plant origin, namely, preventing self-heating of grain masses in elevator silos. It was noted that the effectiveness of the analysis of self-heating of grain mass increases with the use of mathematical models of temperature fields of grain mass during storage together with data obtained experimentally. A physical-mathematical model has been built that describes a two-dimensional localized non-stationary temperature field of seed material generated by a homogeneous rod cell with a rectangular cross-section. A technique for accelerating the convergence of the series is proposed for the constructed analytical solution, which is based on the selection and analytical calculation of the sum of the component of slow convergence. The adequacy of the physical-mathematical model has been proven by calculations and by comparing the temperature of the self-heating site, obtained theoretically, and the temperature obtained under industrial setting. The established temperature kinetics of grain mass volumes during storage, obtained experimentally and theoretically, correlate with each other in the duration range from 0 to 30 days with a correlation coefficient of at least 0.98. This proves the possibility of applying forecasts of the temperature of self-heating sites in the volume of grain mass, obtained by using the physical-mathematical model built, under industrial setting. A limitation of the study is that the model is not universal. It is another stage on the way to a universal model. A limitation of the study is that for storage periods of more than 30 days, a new excess temperature forecast must be made.

Keywords: self-heating of grain mass, temperature kinetics, model of a rod site of rectangular section.

References

- Domaracka, L., Matuskova, S., Tausova, M., Senova, A., Kowal, B. (2022). Efficient Use of Critical Raw Materials for Optimal Resource Management in EU Countries. *Sustainability*, 14 (11), 6554. doi: <https://doi.org/10.3390/su14116554>
- Chen, G., Hou, J., Liu, C. (2022). A Scientometric Review of Grain Storage Technology in the Past 15 Years (2007–2022) Based on Knowledge Graph and Visualization. *Foods*, 11 (23), 3836. doi: <https://doi.org/10.3390/foods11233836>
- Olorunfemi, B. J., Kayode, S. E. (2021). Post-Harvest Loss and Grain Storage Technology- A Review. *Turkish Journal of Agriculture – Food Science and Technology*, 9 (1), 75–83. doi: <https://doi.org/10.24925/turjaf.v9i1.75-83.3714>
- Cui, H., Zhang, Q., Wu, W., Zhang, H., Ji, J., Ma, H. (2022). Modeling and Application of Temporal Correlation of Grain Temperature during Grain Storage. *Agriculture*, 12 (11), 1883. doi: <https://doi.org/10.3390/agriculture12111883>
- Wang, X., Wu, W., Yin, J., Zhang, Z., Wu, Z., Zhang, H. (2018). Analysis of wheat bulk mould and temperature-humidity coupling based on temperature and humidity field cloud map. *Nongye Gongcheng Xuebao/Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 34 (10), 260–266. doi: <https://doi.org/10.11975/j.issn.1002-6819.2018.10.033>
- Yan, H., Chen, G., Zhou, Y., Liu, L. (2012). Primary study of temperature distribution measurement in stored grain based on acoustic tomography. *Experimental Thermal and Fluid Science*, 42, 55–63. doi: <https://doi.org/10.1016/j.expthermflusci.2012.04.010>
- Ge, L Chen, E. (2021). Research on grain storage temperature prediction model based on improved long short-term memory. *Journal of Computational Methods in Sciences and Engineering*, 21 (5), 1145–1154. doi: <https://doi.org/10.3233/jcm-204751>
- Quemada-Villagómez, L. I., Molina-Herrera, F. I., Carra-Rodríguez, M., Calderón-Ramírez, M., Martínez-González, G. M., Navarrete-Bolaños, J. L., Jiménez-Islas, H. (2020). Numerical Study to Predict Temperature and Moisture Profiles in Unventilated Grain Silos at Prolonged Time Periods. *International Journal of Thermophysics*, 41 (5). doi: <https://doi.org/10.1007/s10765-020-02636-5>
- Ol'shanskii, V. P. (2001). Temperature field of bedded self-heating of a bank in a silo. *Combustion, Explosion and Shock Waves*, 37, 53–56. doi: <https://doi.org/10.1023/A:1002816725317>
- Ol'shanskii, V. P. (2004). Identification of the Parameters of a Nested Cylindrical Heat Source under Stationary Self-Heating of a Raw Material Mass of the Same Form. *Journal of engineering physics and thermophysics*, 77 (1), 242–246. doi: <https://doi.org/10.1023/B:JOEP.0000020747.49072.8b>
- Jayanti, S., Valette, M. (2005). Calculation of dry out and post-dry out heat transfer in rod bundles using a three field model. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 48 (9), 1825–1839. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijheat-masstransfer.2004.11.005>
- Ol'shanskii, V. P. (2002). Steady-state temperature field of a cylindrical mass of raw material when it is self-heated by an ellipsoidal source. *Journal of Engineering Physics and Thermophysics*, 75 (4), 954–956. doi: <https://doi.org/10.1023/A:1020331622455>
- Olshanskiy, V. P., Slipchenko, M. V., Olshanskiy, O. V. (2021). To calculation and forecast of the temperature of formation self-heating of plant raw materials. *Engineering of nature management*, 3 (21), 66–72. doi: <https://doi.org/10.5281/zenodo.7316973>
- Biliaiev, M. M., Berlov, O. V., Biliaieva, V. V., Kozachyna, V. A. (2022). Numerical simulation of the process of self-heating of plant raw materials for the purpose of determining the time of the fire initiation. *Ukrainian Journal of Civil Engineering and Architecture*, 6, 7–13. doi: <https://doi.org/10.30838/j.bpsacea.2312.281221.7.809>
- Subrot Panigrahi, S., Singh, C. B., Fielke, J., Zare, D. (2019). Modeling of heat and mass transfer within the grain storage ecosystem using numerical methods: A review. *Drying Technology*, 38 (13), 1677–1697. doi: <https://doi.org/10.1080/07373937.2019.1656643>
- Olshanskyi, B., Kharchenko, C., Slipchenko, M., Kovalyshyn, C., Mazurak, M. (2021). On calculation of the temperature of raw material self-heating in cylindrical tanks. *Bulletin of Lviv National Environmental University. Agroengineering Research*, 25, 21–27. doi: <https://doi.org/10.31734/agroengineering2021.25.021>
- Askarov, A., Tlevlessova, D., Ostrikov, A., Shambulov, Y., Kairbayeva, A. (2022). Developing a statistical model for the

active ventilation of a grain layer with high moisture content. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (11 (115)), 6–14. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.253038>

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.290012
IDENTIFYING SOME REGULARITIES OF
HYDROPOWER COMPONENTS FUNCTIONING
FOR PROPER OPERATION OF CHAMELIYA
HYDROPOWER PLANT IN NEPAL (p. 31–40)

Roshan Pandey

Tribhuvan University, Lalitpur, Nepal

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5372-5484>

Rajendra Shrestha

Tribhuvan University, Lalitpur, Nepal

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4978-3005>

Nawraj Bhattarai

Tribhuvan University, Lalitpur, Nepal

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3577-3436>

The main objective of the research study is to identify the status and analyze the problems in Chameliya hydropower plants in Nepal. In this paper, the hydropower has been studied to identify some regularities of hydropower components on proper operation and generation through primary and secondary data. Further, it been analyzed by bottlenecking through mechanical components testing for the detail study to find the actual problems. Hydropower contributes about 86 % of total internal generation to available energy in Nepal with 93 % of people having access to electricity through the national grid. Small hydropower plants (less than 30 MW) are 90 % of the installed plants contributing the major electricity demands of nearly 50 % in the country. Though hydropower is one of the major export commodities in the past few years, it still has deficits in the dry season. Chameliya hydropower plant, 30 MW situated in the far-western part of Nepal, generates 670 MWh of energy in the wet season and which declines to 384 MWh in the dry season. Even though the plant does not have the problem of much erosion and has a sufficient flow in the dry season, the generation value is still below the design.

The issue of variation in shaft speed, misalignment of shaft bearing integrity and ultimately friction due to vibration, rises the temperature beyond the limit in the bearing Babbitt material result for failure in the plant with problematic shutdown. Thus, this research primarily focuses on the problem analysis in hydropower plants, concluding with the result that the developing countries need to have more focus on regular preventive maintenance and also schedule large maintenance on mechanical components like shafts, bearings, turbine etc. to avoid bigger damage in the long run. Hence, the study also suggests that mechanical failure in a hydropower is mostly common and therefore, a robust mechanical structure along with high safety factor components need to be encouraged where the possibilities of regular maintenance and smooth operation are reduced.

Keywords: energy, generation, Chameliya hydropower, mechanical, problem, failure, operation, maintenance, thermal, component.

References

1. World Energy Outlook 2019. IEA. Available at: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2019>
2. Power Plants :: Hydro (More than 1MW). Department of Electricity Development. Available at: <http://doed.gov.np/license/54>
3. Liu, D., Liu, H., Wang, X., Kremere, E. (Eds.) (2019). World Small Hydropower Development Report 2019. United Nations Industrial Development Organization. Available at: <https://www.unido.org/sites/default/files/files/2020-02/WSHPDR%202019%20Case%20Studies.pdf>
4. Bhutto, A. W., Bazmi, A. A., Zahedi, G. (2012). Greener energy: Issues and challenges for Pakistan-hydel power prospective. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16 (5), 2732–2746. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.02.034>
5. Killingtveit, Å. (2022). Hydropower Resources Assessment-Potential for Further Development. *Comprehensive Renewable Energy*, 14–29. doi: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-819727-1.00069-8>
6. Gunatilake, H., Wijayatunga, P., Roland-Holst, D. (2020). Hydropower Development and Economic Growth in Nepal. ADB South Asia Working Paper Series. doi: <https://doi.org/10.22617/wps200161-2>
7. Use and Capacity of Global Hydropower. World Watch Institute. Available at: <http://www.worldwatch.org/node/9527>
8. Alam, F., Alam, Q., Reza, S., Khurshid-ul-Alam, S. M., Saleque, K., Chowdhury, H. (2017). A Review of Hydropower Projects in Nepal. *Energy Procedia*, 110, 581–585. doi: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.03.188>
9. Final Report, Evaluation of Small Hydro Power (SHP) Programme of MNRE (2017). Ministry of New & Renewable Energy (MNRE), 90.
10. Paish, O. (2002). Small hydro power: technology and current status. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 6 (6), 537–556. doi: [https://doi.org/10.1016/s1364-0321\(02\)00006-0](https://doi.org/10.1016/s1364-0321(02)00006-0)
11. Ghosh A, M. S. K. A. (2012). Steady growth in small hydropower in India. ICRA rating feature, New Dehli.
12. Sapkota, P., Chitrakar, S., Neopane, H. P., Thapa, B. (2022). Problem Identification and Condition Monitoring status of Nepalese Power Plants. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1079 (1), 012064. doi: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1079/1/012064>
13. Thapa, S. K., Poudel, L. (2017). Performance Evaluation of Francis Turbine using thermodynamics analysis: A Case Study of Kali Gandaki A Hydropower Plant-144 MW. Proceedings of IOE Graduate Conference.
14. Feng, D., Wang, Z., Ma, P., Wang, W. (2013). Analysis and Application of Hydropower Real-time Performance Calculation. *Energy and Power Engineering*, 05 (04), 63–67. doi: <https://doi.org/10.4236/epe.2013.54b012>
15. Pandey, R., Shrestha, R., Bhattarai, N., Dhakal, R. (2023). Problems identification and performance analysis in small

- hydropower plants in Nepal. *International Journal of Low-Carbon Technologies*, 18, 561–569. doi: <https://doi.org/10.1093/ijlct/ctad043>
16. Verma, H., Kumar, A. (2007). Performance Testing and Evaluation of Small Hydropower Plants. *International Conference on Small Hydropower*. Sri Lanka. Available at: <https://www.yumpu.com/en/document/read/33482849/-performance-testing-and-evaluation-of-small-hydropower-ahec>
 17. Zegarac, N. (2017). Improving technical maintenance of systems of mini hydropower plants: Analysis of causes of malfunctions, faults, failures and system failures. *Vojnotehnicki Glasnik*, 65 (3), 673–702. doi: <https://doi.org/10.5937/vojtehg65-13246>
 18. Yaseen, Z. M., Ameen, A. M. S., Aldlemy, M. S., Ali, M., Abdulmohsin Afan, H., Zhu, S. et al. (2020). State-of-the-Art-Powerhouse, Dam Structure, and Turbine Operation and Vibrations. *Sustainability*, 12 (4), 1676. doi: <https://doi.org/10.3390/su12041676>
 19. Bashyal, M., Poudel, L. (2021). Performance analysis and rehabilitation prospective of aged Small Hydropower Plant – A Case Study of Fewa Hydropower Plant (1 MW). *Proceedings of 10th IOE Graduate Conference*. Lalitpur, 161–169.
 20. Prajapati, R. N., Deo, K., Rauniyar, N., Shrestha, J., Neupane, P. (2017). Identification of Reduction of Power Production in 50 Years Old Panauti Hydropower Plant in Nepal. *Journals of Recent Activities in Infrastructure Science*, 2 (2). Available at: https://www.researchgate.net/publication/324138661_Identification_of_Reduction_of_Power_Production_in_50_Years_Old_Panauti_Hydropower_Plant_in_Nepal
 21. Singh, P. (2020). Interview, Performance of Small Hydro Power.
 22. Mohanta, R. K., Chelliah, T. R., Allamsetty, S., Akula, A., Ghosh, R. (2017). Sources of vibration and their treatment in hydro power stations-A review. *Engineering Science and Technology, an International Journal*, 20 (2), 637–648. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jestch.2016.11.004>
 23. Sob, P. (2021). Interview, Performance Analysis of Small Hydro Power.
 24. Iliev, H. (1999). Failure analysis of hydro-generator thrust bearing. *Wear*, 225–229, 913–917. doi: [https://doi.org/10.1016/s0043-1648\(98\)00410-4](https://doi.org/10.1016/s0043-1648(98)00410-4)
 25. NEA, Generation Magazine 14th Issue (2022). Generation Directorate, Nepal Electricity Authority. Available at: https://www.nea.org.np/admin/assets/uploads/annual_publications/Generation_2021-22.pdf
 26. Stack, J. R., Habetler, T. G., Harley, R. G. (2003). Effects of machine speed on the development and detection of rolling element bearing faults. *IEEE Power Electronics Letters*, 1 (1), 19–21. doi: <https://doi.org/10.1109/lpel.2003.814607>
 27. Hopf, G., Schüler, D. (1989). Investigations on Large Turbine Bearings Working Under Transitional Conditions Between Laminar and Turbulent Flow. *Journal of Tribology*, 111 (4), 628–634. doi: <https://doi.org/10.1115/1.3261987>
 28. Mikula, A. M. (1986). Evaluating Tilting-Pad Thrust Bearing Operating Temperatures. *A S L E Transactions*, 29 (2), 173–178. doi: <https://doi.org/10.1080/05698198608981675>

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.288834**ОЦІНКА ПЕЧІ СПАЛЮВАННЯ БІОМАСИ З ВИКОРИСТАННЯМ РІЗНИХ ВИДІВ МАТЕРІАЛІВ КОРПУСУ КАМЕРИ ЗГОРЯННЯ (с. 6–15)****Sallolo Suluh, Dennis Lorenza, Rigel Sampelolo, GAN Pongdatu, Dina Ramba, Agus Widianto**

Це дослідження систематично оцінює піч для спалювання біомаси, зосереджуючись на впливі різних матеріалів корпусу камери згоряння. У дослідженні використовуються контрольовані лабораторні експерименти для дослідження впливу різних матеріалів корпусу на ефективність згоряння, теплову ефективність і практичні застосування, такі як здатність до кипіння води. У дослідженні використовуються різні матеріали, включаючи глину, сталь і алюміній, для корпусів камер згоряння, зберігаючи незмінні розміри. Центральний експериментальний апарат, алюмінієва плита, був ретельно виготовлений із дотриманням точних вимірювань. Основним джерелом палива для цього дослідження були брикети зі шкаралупи кокосового горіха. Результати показують інтригуючу динаміку в поведінці горіння. Слід зазначити, що вибір матеріалу корпусу камери згоряння суттєво впливає на температуру вогню, температуру стінки рукава, теплову ефективність і здатність кип'ятити воду. Глина є видатним виконавцем, досягаючи високого термічного ККД (56,8%), значної потужності для кип'ятіння води (25 літрів) і економічного споживання палива (1,28 кг спалених брикетів). Однак сталеві матеріали корпусу витримують найвищі температури вогню (до 557 °C), що підкреслює їхні виняткові теплопровідні властивості. Алюміній швидко реагує на температуру, але може не зберегти тепло, як глина. Отримані результати допомагають оптимізувати печі для спалювання біомаси та пов'язані з ними програми. Вибір матеріалу має вирішальне значення для досягнення цілей спалювання, таких як ефективність, генерація температури або практичне тепло. Ці відкриття можуть призвести до більш ефективних і екологічно чистих систем спалювання біомаси для сталого використання енергії та ресурсів.

Ключові слова: брикети зі шкаралупи кокосового горіха; циліндричні форми; побутові брикетні печі; теплові характеристики.

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.288225**ЕФЕКТИВНІСТЬ ТЕХНОЛОГІЇ ПІДГОТОВКИ ГАЗУ З ВИКОРИСТАННЯМ БЛОЧНОЇ УСТАНОВКИ ОСУШКИ (с. 16–23)****О. В. Петраш, С. В. Попов, Р. В. Петраш, Ю. В. Левченко, А. О. Келемеш**

Об'єктом дослідження є технологія осушки газу за допомогою мобільної блочної установки. Вирішено проблему забезпечення відповідності складу природного видобувного газу значенням ряду основних характеристик перед його подачею до магістральних трубопроводів. Представлені результати комплексного аналізу технології підготовки газу родовища, котре розташоване у сільсько-господарському районі та перебуває на пізньому етапі експлуатації. Встановлено, що для забезпечення подачі кондиційного газу в систему магістральних газопроводів за умови низьких тисків газу потрібно будівництво установок по обробці газу, в першу чергу – по його осушенню.

Розглядаваний у роботі метод забезпечення якості газу передбачає використання установки осушки газу блочного типу в складі установки низькотемпературної сепарації та джерела штучного холоду. В якості останнього передбачається використання фреоново-холодильної установки. У дослідженні показано, що запропоновані блочні установки осушки газу можуть бути уніфікованими для різної продуктивності по газу та характеризуються порівняно невеликими капітальними та експлуатаційними витратами. Наведено основні переваги запровадження блочних установок підготовки газу та схему підключення установки до існуючої лінії.

За результатами показників економічної ефективності встановлено, що застосування блочної установки осушки газу є окупним проектом зі значенням накопиченого приведенного вільного грошового потоку у майже 843 тисячі умовних одиниць та терміном окупності інвестицій 3 роки. Отримані результати можна ефективно використовувати у газорозподільчій сфері за умови, що газ видобувається з близького до виснаження родовища, яке характеризується низькими пластовими тисками.

Ключові слова: фреонова холодильна установка, осушка газу, сепарація, термін окупності, газорозподільча система.

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.287391**РОЗРОБКА ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ САМОНАГРІВАННЯ ЗЕРНОВОЇ МАСИ СТРИЖНЕВИМ ОСЕРЕДКОМ ПРЯМОКУТНОГО ПЕРЕРІЗУ (с. 24–30)****М. В. Сліпченко, В. В. Бредихін, А. О. Пак, П. В. Гурський, О. І. Алфьоров, А. В. Пак**

Робота присвячена підвищенню енерго- та ресурсоефективності процесу зберігання сировини рослинного походження, а саме, запобіганню самонагрівання зернових мас у силосах елеваторів. Відзначено, що ефективність аналізу самонагрівання зернових мас підвищується за умови використання математичних моделей температурних полів зернової маси під час зберігання разом із даними отриманими експериментально. Розроблено фізико-математичну модель, що описує двовимірне локалізоване нестационарне температурне поле насінневого матеріалу, породжене однорідним стрижневим осередком прямокутного поперечного перерізу. До побудованого аналітичного розв'язку запропоновано спосіб прискорення збіжності рядів, що ґрунтується на виділенні та аналітичному обчисленні суми складової повільної збіжності. Доведено адекватність фізико-математичної моделі шляхом розрахунків та шляхом порівняння температури осередку самонагрівання, отриманої теоретично, та температури, отриманої у виробничих умовах. Встановлені кінетики температури об'ємів зернової маси під час зберігання, отримані експериментально та теоретично, корелюють між собою в діапазоні тривалості від 0 до 30 днів із коефіцієнтом кореляції не менше 0,98. Це доводить можливість застосування прогнозів температури осередків самонагрівання в об'ємі зернової маси, отриманих з використанням розробленої фізико-математичної моделі, у виробничих умовах. Обмеженням дослідження є те, що модель не є універсальною. Вона є черговим етапом на шляху

до універсальної моделі. Обмеження дослідження полягає у тому, що для термінів зберігання більше за 30 діб необхідно проводити новий прогноз надлишкової температури.

Ключові слова: самонагрівання зернової маси, кінетика температури, модель стрижневого осередку прямокутного перерізу.

DOI: 10.15587/1729-4061.2023.290012

ВИЗНАЧЕННЯ ДЕЯКИХ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ФУНКЦІОНУВАННЯ ГІДРОЕНЕРГЕТИЧНИХ КОМПОНЕНТІВ ДЛЯ ПРАВИЛЬНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ГЕС ХАМЕЛІЯ В НЕПАЛІ (с. 31–40)

Roshan Pandey, Rajendra Shrestha, Nawraj Bhattarai

Основна мета дослідження полягає в тому, щоб визначити стан і проаналізувати проблеми гідроелектростанцій Chameliya в Непалі. У цьому документі наведено результати досліджень, спрямованих на виявлення деяких закономірностей компонентів гідроенергетики щодо належної роботи та виробництва за допомогою первинних і вторинних даних. Крім того, проаналізовано функціонування шляхом тестування механічних компонентів для детального вивчення для виявлення фактичних проблем. Гідроенергетика забезпечує близько 86 % загальної внутрішньої генерації наявної енергії в Непалі, при цьому 93 % людей мають доступ до електроенергії через національну мережу. Малі гідроелектростанції (потужністю менше 30 МВт) складають 90 % встановлених станцій, що забезпечують майже 50 % основних потреб країни в електроенергії. Хоча гідроенергетика є одним із основних експортних товарів за останні кілька років, вона все ще має дефіцит у сухий сезон. ГЕС Chameliya потужністю 30 МВт, розташована в крайньо-західній частині Непалу, виробляє 670 МВт-год енергії в сезон дощів і знижується до 384 МВт-год в сухий сезон. Незважаючи на те, що станція не має проблеми значної ерозії та має достатній потік у сухий сезон, значення генерації все ще нижче за проектне.

Проблема зміни швидкості валу, порушення цілісності підшипника валу та, зрештою, тертя через вібрацію, підвищує температуру понад лімітовану у бабітовому матеріалі підшипника, що призводить до поломки установки з проблемною зупинкою. Таким чином, це дослідження в першу чергу зосереджено на аналізі проблем на гідроелектростанціях, в результаті чого країни, що розвиваються, повинні приділяти більше уваги регулярному профілактичному технічному обслуговуванню, а також планувати масштабне технічне обслуговування механічних компонентів, таких як вали, підшипники, турбіна тощо, щоб уникнути більшого пошкодження в довгостроковій перспективі. Таким чином, дослідження також припускає, що механічні збої в гідроелектростанціях є здебільшого поширеним явищем, і тому необхідно заохочувати надійну механічну конструкцію разом із компонентами з високим коефіцієнтом безпеки, де можливості регулярного технічного обслуговування та безперебійної роботи зменшуються.

Ключові слова: енергія, генерація, гідроелектростанція Chameliya, механічні, проблема, відмова, експлуатація, технічне обслуговування, теплова, компонент.