

## ABSTRACT AND REFERENCES

## ENGINEERING TECHNOLOGICAL SYSTEMS

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.254277

**IMPROVING THE EFFICIENCY OF AN AIRCRAFT POWER PLANT WITH A TURBOPROP ENGINE BASED ON WATER-METHANOL MIXTURE INJECTION (p. 6–15)****Yurii Ulitenko**

State Enterprise «Ivchenko-Progress», Zaporizhzhia, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7540-2264>**Vasyl Loginov**

National Aerospace University

«Kharkiv Aviation Institute», Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4915-7407>**Igor Kravchenko**

State Enterprise «Ivchenko-Progress», Zaporizhzhia, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0381-8372>**Viktor Popov**

Private Joint-Stock Company «FED», Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9189-6882>**Oleksandr Rasstrygin**Central Scientific Research Institute of Armament  
and Military Equipment of the Armed Forces  
of Ukraine, Kyiv, UkraineORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1483-6111>**Olexandr Yelans'ky**

State Enterprise «Ivchenko-Progress», Zaporizhzhia, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8265-8652>

This paper considers a technique for modernizing the power plant (PP) of a regional aircraft. The modernization is based on the injection of water or a water-methanol mixture into the compressor or combustion chamber of a turboprop engine (TPE). An algorithm has been developed for the thermodynamic calculation of TPE parameters, taking into consideration the injected mixture; the mathematical model (MM) has been improved. Methodical studies of the operability and range of application of the improved MM were carried out. The results of mathematical modeling were validated. For verification, the AI-450M turboshaft engine produced by GP Ivchenko-Progress (Ukraine) was used as an object of research. Based on the improved MM, a software module has been developed to study the performance characteristics of a regional aircraft with a TPE. The influence of water injection and a water-methanol mixture on the TPE operating process and the operational characteristics of a regional passenger aircraft has been studied.

The proposed measures could be implemented in existing TPEs. This would allow the operation of aircraft without significant modernization of the airport infrastructure. For TPE, the injection of water and a water-methanol mixture is an alternative way of boosting in order to temporarily improve performance. A given modernization technique could improve the TPE power up to ~10 %, as well as reduce the amount of harmful emissions.

The results obtained showed a satisfactory convergence of estimated and experimental data. The error of the results under the accepted assumptions does not exceed 3 %. The calculation results demonstrate the advantages of injection at the take-off stage of the aircraft to reduce the take-off distance (up to 45 % in hot conditions TAMB=+30 °C) and reduce the time of climbing the echelon (~10 %).

**Keywords:** turboprop engine, boosting, performance characteristics, water, mathematical model, harmful emissions.

**References**

1. Daggett, D., Fucke, L., Hendricks, R., Eames, D. (2004). Water Injection of Commercial Aircraft to Reduce Airport Emissions. 40th AIAA/ASME/SAE/ASEE Joint Propulsion Conference and Exhibit. doi: <https://doi.org/10.2514/6.2004-4198>
2. Liu, C., Li, X., Zhang, H., Zheng, Q. (2017). Heat and Mass Transfer Characteristics of Water Droplets in Wet Compression Process. Volume 3: Coal, Biomass and Alternative Fuels; Cycle Innovations; Electric Power; Industrial and Cogeneration Applications; Organic Rankine Cycle Power Systems. doi: <https://doi.org/10.1115/gt2017-63516>
3. Wang, T., Khan, J. R. (2010). Overspray and Interstage Fog Cooling in Gas Turbine Compressor Using Stage-Stacking Scheme – Part I: Development of Theory and Algorithm. Journal of Thermal Science and Engineering Applications, 2 (3). doi: <https://doi.org/10.1115/1.4002754>
4. Wang, T., Khan, J. R. (2010). Overspray and Interstage Fog Cooling in Gas Turbine Compressor Using Stage-Stacking Scheme – Part II: Case Study. Journal of Thermal Science and Engineering Applications, 2 (3). doi: <https://doi.org/10.1115/1.4002755>
5. Tudosie, A.-N. (2014). Mathematical model for a jet engine with cooling fluid injection into its compressor. Proceedings of International Conference of Scientific Papers (AFASES 2014). Available at: [https://www.afahc.ro/ro/afases/2014/mecanica/Tudosie\\_compressor.pdf](https://www.afahc.ro/ro/afases/2014/mecanica/Tudosie_compressor.pdf)
6. Tudosie, A.-N. (2014). Mathematical model for a jet engine with cooling fluid injection into its combustor. Proceedings of International Conference of Scientific Papers (AFASES 2014). Available at: [https://www.afahc.ro/ro/afases/2014/mecanica/Tudosie\\_combustor.pdf](https://www.afahc.ro/ro/afases/2014/mecanica/Tudosie_combustor.pdf)
7. Tudosie, A. N. (2018). Aircraft Gas-Turbine Engine with Coolant Injection for Effective Thrust Augmentation as Controlled Object. Aircraft Technology. doi: <https://doi.org/10.5772/intechopen.76856>
8. Sun, L., Sun, T., Wang, Y., Yang, W. (2016). Numerical Simulation of Pollutant Emission of a Turbojet Engine With Water Injection. Volume 1: Aircraft Engine; Fans and Blowers; Marine. doi: <https://doi.org/10.1115/gt2016-57074>
9. Mourouzidis, C., Igie, U., Pilidis, P., Singh, R. (2015). Water injection on aircraft engines: a performance, emissions and economic study. In: ISABE 22nd International Symposium on Air Breathing Engines 2015 Phoenix. Available at: <https://dspace.lib.cranfield.ac.uk/handle/1826/15176>
10. Naegeli, D. W., Yost, D. M., Owens, E. C. (1984). Engine Wear With Methanol Fuel in a Nitrogen-Free Environment. SAE Technical Paper Series. doi: <https://doi.org/10.4271/841374>
11. Breda, S., Berni, F., d' Adamo, A., Testa, F., Severi, E., Cantore, G. (2015). Effects on Knock Intensity and Specific Fuel Consumption of Port Water/Methanol Injection in a Turbocharged GDI Engine: Comparative Analysis. Energy Procedia, 82, 96–102. doi: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.11.888>
12. Favorskii, O. N., Alekseev, V. B., Zalkind, V. I., Zeigarnik, Y. A., Ivanov, P. P., Marinichev, D. V. et al. (2014). Experimentally studying TV3-117 gas-turbine unit characteristics at superheated water injection into a compressor. Thermal Engineering, 61 (5), 376–384. doi: <https://doi.org/10.1134/s0040601514050024>
13. Egorov, I. N., Kretinin, G. V., Leschenko, I. A. (1988). Osobennosti matematicheskogo modelirovaniya aviatsionnykh GTD. Moscow: VVIA im. prof. N. E. Zhukovskogo, 177.
14. Nechaev, Yu. N., Fedorov, R. M. (1977). Teoriya aviatsionnykh gazo-turbinnnykh dvigateley. Ch. 1. Moscow: Mashinostroenie, 312.
15. Shlyakhtenko, S. M. (1975). Teoriya vozdušno-reaktivnykh dvigateley. Moscow: Mashinostroenie, 567.
16. Barten'ev, O. V. (2000). Sovremenniy Fortran. Moscow: Dialog Mifi, 450. Available at: <https://docplayer.com/408341-O-v-bar>

tenev-sovremenny-fortran-izdanie-trete-dopolnennoe-i-pererabotannoe.html

17. Kozyrev, A. M., Butov, L. A. (1993). *Matematicheskoe modelirovanie rabocheho protsessa aviatsionnykh dvigateley*. Moscow: VVIA im. prof. N. E. Zhukovskogo, 144.
18. Dubovkin, N. F. (1962). *Spravochnik po uglevodorodnym toplivam i ikh produktam sgoraniya*. Moscow: Gosudarstvennoe energeticheskoe izdatel'stvo, 288.
19. Glushko, V. P. (1971). *Termodinamicheskie i teplofizicheskie svoystva produktov sgoraniya*. Vol. 1. *Metody rascheta*. Moscow: izdatel'stvo AN SSSR, 497.
20. Glushko, V. P. (1978). *Termodinamicheskie svoystva individual'nykh veschestv*. Vol. 4. Moscow: «Nauka», 559.
21. Kirichkov, M. A., Yelansky, A. V., Kravchenko, I. F. (2013). Developing a small-size family of gas turbine engine based on single core. *Aviatsionno-kosmicheskaya tekhnika i tekhnologiya*, 10, 37–41. Available at: <http://nti.khai.edu:57772/csp/nauchportal/Arhiv/AKTT/2013/AKTT1013/Kirichk.pdf>
22. Proverka rabotosposobnosti dvigatelya AI-450M (AI-450M1) pri imitatsii popadaniya v nego dozhdya. *Tekhnicheskii otchet, T/o No. 114/2012-450M, GP «Ivchenko-Progress»* (2012). Zaporozh'e.
23. Otsenka sistemy vpryska vody dvigatelya AI-450M. *Tekhnicheskii otchet, T/o No. 570/2018-450M, GP «Ivchenko-Progress»* (2018). Zaporozh'e.
24. Tekhnicheskoe zadanie na razrabotku sistemy vpryska vody v turboval'nyy dvigatel' AI-450M. *Tekhnicheskoe zadanie, No. 450M-TZ-9, GP «Ivchenko-Progress»* (2018). Zaporozh'e.
25. Rivkin, S. L. (1984). *Termodinamicheskie svoystva vozdukh i produktov sgoraniya*. Moscow: Energoatomizdat, 104.
26. Tekhnicheskoe zadanie na rabochee proektirovanie turbovintovogo dvigatelya AI-450C. *Tekhnicheskoe zadanie, 4510000000 TZ, GP «Ivchenko-Progress»* (2013). Zaporozh'e.
27. *Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation* (2008). World Meteorological Organization. Available at: <https://www.posmet.ufv.br/wp-content/uploads/2016/09/MET-474-WMO-Guide.pdf>
28. Sheynin, V. M., Kozlovskiy, V. I. (1984). *Vesovoe proektirovanie i effektivnost' passazhirskikh samoletov*. Vol. 1. Moscow: Mashinostroenie, 551.

**DOI: 10.15587/1729-4061.2022.253990**  
**ANALYSIS OF THE NATURAL COMPOSITE MATERIAL LAYERS INFLUENCE ON THE CANTILEVER'S STRUCTURAL PERFORMANCE (p. 16–23)**

**Ali hammoudi Abdul-Kareem Al wazir**

University of Warith Al-Anbiyaa, Karbalaa-Baghdad Rd, Iraq

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-2252-0344>

In this study, with their high strength-to-weight ratio, adaptability, and lack of corrosion, composite materials are widely used in aircraft construction and can be considered an acceptable metal substitute by all parties involved. Static load tests have been performed under identical conditions and stresses, but the layer sequence was changed. The Ansys workbench ACP-pre is utilized to analyze the data. Various deformations were found as a result of this. There are values of 14.265 and 0.1335 for the smallest z-direction deformation and for the overall strain in the composite 3 examples. Boundary conditions have been confirmed with 1,500 N as a resultant force with the static condition. The simulation results have been analyzed as a static condition. Four materials have been employed in different order to be investigated and these materials are Sisal, Pineapple, Jute, and Kenaf. The numerical results have been undertaken using the static structure of Ansys 16.1 Version tool. Geometry has been

modeled and meshed using Ansys workbench. The model has been verified using convergence test. As the output, total deformation and von Mises stresses were investigated and explained accordingly. Numerical results stated that the maximum deformation due applied load was at the Z-axis. The maximum total deformation value is 1.254 mm and the minimum is 2.5 mm. Furthermore, von Mises stresses of the entire body have been calculated. The numerical results have shown the maximum result due to 1,500 N is 1.1 mPa. Eventually, the main aim has been achieved by employing total deformation and von Mises stresses accordingly.

**Keywords:** natural fiber, natural composite, finite element method, static structure, cantilever.

**References**

1. Alsubari, S., Zuhri, M. Y. M., Sapuan, S. M., Ishak, M. R., Ilyas, R. A., Asyraf, M. R. M. (2021). Potential of Natural Fiber Reinforced Polymer Composites in Sandwich Structures: A Review on Its Mechanical Properties. *Polymers*, 13 (3), 423. doi: <https://doi.org/10.3390/polym13030423>
2. Birman, V., Kardomateas, G. A. (2018). Review of current trends in research and applications of sandwich structures. *Composites Part B: Engineering*, 142, 221–240. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2018.01.027>
3. Tran, P., Peng, C. (2020). Triply periodic minimal surfaces sandwich structures subjected to shock impact. *Journal of Sandwich Structures & Materials*, 23 (6), 2146–2175. doi: <https://doi.org/10.1177/1099636220905551>
4. Sugiyama, K., Matsuzaki, R., Ueda, M., Todoroki, A., Hirano, Y. (2018). 3D printing of composite sandwich structures using continuous carbon fiber and fiber tension. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 113, 114–121. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2018.07.029>
5. Sergi, C., Sarasini, F., Russo, P., Vitiello, L., Barbero, E., Sanchez-Saez, S., Tirillò, J. (2021). Effect of temperature on the low-velocity impact response of environmentally friendly cork sandwich structures. *Journal of Sandwich Structures & Materials*, 24 (2), 1099–1121. doi: <https://doi.org/10.1177/10996362211035421>
6. Akhavan, H., Ghadiri, M., Zajkani, A. (2019). A new model for the cantilever MEMS actuator in magnetorheological elastomer cored sandwich form considering the fringing field and Casimir effects. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 121, 551–561. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2018.11.046>
7. Sharaf, H. K., Ishak, M. R., Sapuan, S. M., Yidris, N. (2020). Conceptual design of the cross-arm for the application in the transmission towers by using TRIZ-morphological chart-ANP methods. *Journal of Materials Research and Technology*, 9 (4), 9182–9188. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2020.05.129>
8. Raheemah, S. H., Fadheel, K. I., Hassan, Q. H., Aned, A. M., Turki Al-Taie, A. A., Sharaf, H. K. (2021). Numerical Analysis of the Crack Inspections Using Hybrid Approach for the Application of the Circular Cantilever Rods. *Pertanika Journal of Science and Technology*, 29 (2). doi: <https://doi.org/10.47836/pjst.29.2.22>
9. Sharaf, H. K., Salman, S., Abdulateef, M. H., Magizov, R. R., Troitskii, V. I., Mahmoud, Z. H. et al. (2021). Role of initial stored energy on hydrogen microalloying of ZrCoAl(Nb) bulk metallic glasses. *Applied Physics A*, 127 (1). doi: <https://doi.org/10.1007/s00339-020-04191-0>
10. Hamamed, N., Bouaziz, S., Hentati, H., Haddar, M., El Guerjouma, R., Yaakoubi, N. (2021). Numerical validation of experimental results for the dynamic behavior of sandwich structures. 2021 18th International Multi-Conference on Systems, Signals & Devices (SSD). doi: <https://doi.org/10.1109/ssd52085.2021.9429366>
11. John, M., Schäuble, R., Schlimper, R. (2018). Fatigue testing of sandwich structures using the single cantilever beam test at constant energy release rates. 12th International Conference on Sandwich

- Structures ICSS-12: Proceedings, 205–207. doi: <https://doi.org/10.5075/epfl-ICSS12-2018-205-207>
12. Saseendran, V., Berggreen, C. (2018). Mixed-mode fracture evaluation of aerospace grade honeycomb core sandwich specimens using the Double Cantilever Beam-Uneven Bending Moment test method. *Journal of Sandwich Structures & Materials*, 22 (4), 991–1018. doi: <https://doi.org/10.1177/1099636218777964>
  13. Zhang, J., Yang, X., Zhang, W. (2018). Free Vibrations and Nonlinear Responses for a Cantilever Honeycomb Sandwich Plate. *Advances in Materials Science and Engineering*, 2018, 1–12. doi: <https://doi.org/10.1155/2018/8162873>
  14. Kardomateas, G. A., Yuan, Z. (2020). Closed form solution for the energy release rate and mode partitioning of the single cantilever beam sandwich debond from an elastic foundation analysis. *Journal of Sandwich Structures & Materials*, 23 (8), 3495–3518. doi: <https://doi.org/10.1177/1099636220932900>
  15. Pradeep, K. R., Thomas, A. M., Basker, V. T. (2018). Finite Element Modelling and Analysis of Damage Detection Methodology in Piezo Electric Sensor and Actuator Integrated Sandwich Cantilever Beam. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 330, 012040. doi: <https://doi.org/10.1088/1757-899x/330/1/012040>
  16. Asyraf, M. R. M., Ishak, M. R., Sapuan, S. M., Yidris, N., Ilyas, R. A. (2020). Woods and composites cantilever beam: A comprehensive review of experimental and numerical creep methodologies. *Journal of Materials Research and Technology*, 9 (3), 6759–6776. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2020.01.013>
  17. Basu, A. K., Sah, A. N., Dubey, M. M., Dwivedi, P. K., Pradhan, A., Bhattacharya, S. (2020). MWCNT and  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> embedded rGO-nanosheets based hybrid structure for room temperature chloroform detection using fast response/recovery cantilever based sensors. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 305, 127457. doi: <https://doi.org/10.1016/j.snb.2019.127457>
  18. Solly, J., Fröh, N., Saffarian, S., Aldinger, L., Margariti, G., Knippers, J. (2019). Structural design of a lattice composite cantilever. *Structures*, 18, 28–40. doi: <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2018.11.019>
  19. Zhang, W., Yang, J. H., Zhang, Y. F., Yang, S. W. (2019). Nonlinear transverse vibrations of angle-ply laminated composite piezoelectric cantilever plate with four-modes subjected to in-plane and out-of-plane excitations. *Engineering Structures*, 198, 109501. doi: <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2019.109501>
  20. Van Viet, N., Zaki, W., Umer, R. (2019). Bending theory for laminated composite cantilever beams with multiple embedded shape memory alloy layers. *Journal of Intelligent Material Systems and Structures*, 30 (10), 1549–1568. doi: <https://doi.org/10.1177/1045389x19835954>
  21. Viet, N. V., Zaki, W., Umer, R. (2018). Analytical model of functionally graded material/shape memory alloy composite cantilever beam under bending. *Composite Structures*, 203, 764–776. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2018.07.041>
  22. Solly, J., Frueh, N., Saffarian, S., Prado, M., Vasey, L., Felbrich, B. et. al. (2018). ICD/ITKE Research Pavilion 2016/2017: integrative design of a composite lattice Cantilever. *Proceedings of the IASS Symposium 2018 Creativity in Structural Design*. Boston. Available at: [https://www.researchgate.net/publication/326606101\\_ICDITKE\\_Research\\_Pavilion\\_20162017\\_Integrative\\_Design\\_of\\_a\\_Composite\\_Lattice\\_Cantilever](https://www.researchgate.net/publication/326606101_ICDITKE_Research_Pavilion_20162017_Integrative_Design_of_a_Composite_Lattice_Cantilever)
  23. Wu, J., Habibi, M. (2021). Dynamic simulation of the ultra-fast-rotating sandwich cantilever disk via finite element and semi-numerical methods. *Engineering with Computers*. doi: <https://doi.org/10.1007/s00366-021-01396-6>
  24. Mathew, R., Sankar, A. R. (2020). Temperature drift-aware material selection of composite piezoresistive micro-cantilevers using Ashby's methodology. *Microsystem Technologies*, 27 (7), 2647–2660. doi: <https://doi.org/10.1007/s00542-020-05013-2>
  25. Guo, X., Wang, S., Sun, L., Cao, D. (2020). Dynamic responses of a piezoelectric cantilever plate under high–low excitations. *Acta-MechanicaSinica*, 36 (1), 234–244. doi: <https://doi.org/10.1007/s10409-019-00923-5>
  26. Dimitri, R., Tornabene, F., Zavarise, G. (2018). Analytical and numerical modeling of the mixed-mode delamination process for composite moment-loaded double cantilever beams. *Composite Structures*, 187, 535–553. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2017.11.039>
  27. Goryk, A. V., Koval'chuk, S. B. (2018). Elasticity Theory Solution of the Problem on Plane Bending of a Narrow Layered Cantilever Beam by Loads at Its Free End. *Mechanics of Composite Materials*, 54 (2), 179–190. doi: <https://doi.org/10.1007/s11029-018-9730-z>
  28. Shanmugam, L., Naebe, M., Kim, J., Varley, R. J., Yang, J. (2019). Recovery of Mode I self-healing interlaminar fracture toughness of fiber metal laminate by modified double cantilever beam test. *Composites Communications*, 16, 25–29. doi: <https://doi.org/10.1016/j.coco.2019.08.009>
  29. Suoware, T., Amgbari, C. O. (2022). A Review of the Fire Behaviour of Agro-Waste Fibre Composite Material for Industrial Utilization in Nigeria. *Advances in Chemical and Materials Engineering*, 278–300. doi: <https://doi.org/10.4018/978-1-7998-9574-9.ch016>
  30. Sampath, B., Naveenkumar, N., Sampathkumar, P., Silambarasan, P., Venkadesh, A., Sakthivel, M. (2022). Experimental comparative study of banana fiber composite with glass fiber composite material using Taguchi method. *Materials Today: Proceedings*, 49, 1475–1480. doi: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.07.232>
  31. Rao, S., Budzik, M. K., Dias, M. A. (2022). On microscopic analysis of fracture in unidirectional composite material using phase field modelling. *Composites Science and Technology*, 220, 109242. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compscitech.2021.109242>
  32. Gupta, A., Hasanov, S., Fidan, I., Zhang, Z. (2021). Homogenized modeling approach for effective property prediction of 3D-printed short fibers reinforced polymer matrix composite material. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 118 (11-12), 4161–4178. doi: <https://doi.org/10.1007/s00170-021-08230-9>
  33. Siddiqui, M. F., Khan, S. A., Hussain, D., Tabrez, U., Ahamad, I., Fatma, T., Khan, T. A. (2022). A sugarcane bagasse carbon-based composite material to decolor and reduce bacterial loads in waste water from textile industry. *Industrial Crops and Products*, 176, 114301. doi: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.114301>
  34. Hao, C., Wang, X., Wu, X., Guo, Y., Zhu, L., Wang, X. (2022). Composite material CCO/Co-Ni-Mn LDH made from sacrifice template CCO/ZIF-67 for high-performance supercapacitor. *Applied Surface Science*, 572, 151373. doi: <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2021.151373>
  35. Shishvan, S. S., DiniZarnagh, M. H., Deshpande, V. S. (2022). Energy dissipation and effective properties of a nominally elastic composite material. *European Journal of Mechanics – A/Solids*, 92, 104452. doi: <https://doi.org/10.1016/j.euromechsol.2021.104452>

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.253657

**CONSTRUCTION OF A REGRESSION MODEL FOR ASSESSING THE EFFICIENCY OF SEPARATION OF LIGHTWEIGHT SEEDS ON VIBRATORY MACHINES INVOLVING MEASURES TO REDUCE THE HARMFUL INFLUENCE OF THE AERODYNAMIC FACTOR (p. 24–34)**

**Anton Nykyforov**

State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7788-8878>

**Roman Antoshchenkov**

State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0769-7464>

**Ivan Halych**

State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-9137-036X>

**Victor Kis**

State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-7014-4873>

**Pavlo Polyansky**

Mykolayiv National Agrarian University, Mykolaiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-5661-8166>

**Vitalii Koshulko**

Dnipro State Agrarian and Economic University, Dnipro, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-0744-6318>

**Dmytro Tymchak**

Dnipro State Agrarian and Economic University, Dnipro, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-1216-6078>

**Alla Dombrovska**

O. M. Beketov National University  
of Urban Economy in Kharkiv, Kharkiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-4610-8220>

**Inna Kilimnik**

O. M. Beketov National University  
of Urban Economy in Kharkiv, Kharkiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-3225-6257>

When separating (cleaning) lightweight seed mixtures with the help of vibratory machines, there is an issue related to the harmful effect of air movement in the gaps between parallel working surfaces of vibratory machine units. This factor is particularly harmful to seed material, which is sensitive to air movement (some medicinal and vegetable crops). To address this issue, the design of vibratory machines is changed while their operational regimes are configured accordingly. This requires many full-scale experiments and (or) time-consuming personal computer-based simulation of the working processes of the vibrational motion of such seed mixtures.

This paper proposes several regression models that make it possible to replace time-consuming numerical modeling with simple analytical expressions (regression equations). These equations are used for a quantitative assessment of the degree of influence of aerodynamics on the kinematic parameters of the vibrational motion of particles of seed mixtures. The assessment is derived depending on the geometric characteristics of the aerodynamic screen, the design of the unit, and the amplitude of oscillations of the working surfaces of a vibratory machine. The models take the form of equations of multiple linear regression of the second order, obtained on the basis of a series of numerical experiments. The processes of vibration movement of the seed material of parsnips, lettuce, and fragrant dill were investigated. The coefficient of determination equaled 0.956...0.967.

The results reported here are useful for the construction of algorithms to optimize the design and adjust the operating modes of vibratory separators according to the criterion of minimizing the harmful effects of the aerodynamic factor.

**Keywords:** aerodynamic factor, aerodynamic screen, vibratory machine, vibration motion, multiple linear regression.

**References**

- Zaika, P. M., Il'in, V. Ya. (1978). Opredelenie statsionarnoy sostavyayushey skorosti vozdushnogo potoka mezhdru rabochimi poverkhnostyami mnogodekovogo vibroseparatora. V kn.: Primenenie noveyshikh matematicheskikh metodov i vychislitel'noy tekhniki v reshenii inzhenernykh zadach. Sb. n. tr. MIISP, XV (10), 54–58.
- El-Gamal, R. A., Radwan, S. M. A., ElAmir, M. S., El-Masry, G. M. A. (2011). Aerodynamic properties of some oilseeds crops under different moisture conditions. *Journal of Soil Sciences and Agricultural Engineering*, 2 (5), 495–507. doi: <https://doi.org/10.21608/jssae.2011.55480>
- Chen, B., Wang, B., Mao, F., Ke, B., Wen, J., Tian, R., Lu, C. (2020). Review on separation mechanism of corrugated plate separator. *Annals of Nuclear Energy*, 144, 107548. doi: <https://doi.org/10.1016/j.anucene.2020.107548>
- Ghiasi, P., Masoumi, A., Hemmat, A., Najafi, Gh. (2020). ANN-based Modeling of Sunflower Threshing Process and Defining the Optimal Operation Point for Separation Efficiency. *Journal of Agricultural Machinery*, 10 (1), 73–82. Available at: <https://www.sid.ir/en/journal/ViewPaper.aspx?id=803384>
- Zhang, N., Fu, J., Chen, Z., Chen, X., Ren, L. (2021). Optimization of the Process Parameters of an Air-Screen Cleaning System for Frozen Corn Based on the Response Surface Method. *Agriculture*, 11 (8), 794. doi: <https://doi.org/10.3390/agriculture11080794>
- Allen, T. T. (2010). *Introduction to Engineering Statistics and Lean Sigma. Statistical Quality Control and Design of Experiments and Systems*. Springer, 572. doi: <https://doi.org/10.1007/978-1-84996-000-7>
- Golovanevskiy, V. A., Arsentyev, V. A., Blekhman, I. I., Vasilkov, V. B., Azbel, Y. I., Yakimova, K. S. (2011). Vibration-induced phenomena in bulk granular materials. *International Journal of Mineral Processing*, 100 (3-4), 79–85. doi: <https://doi.org/10.1016/j.minpro.2011.05.001>
- Bourges, G., Medina, M. (2013). Air-seeds flow analysis in a distributor head of an «air drill» seeder. *Acta Horticulturae*, 1008, 259–264. doi: <https://doi.org/10.17660/actahort.2013.1008.34>
- Aliiev, E., Gavrilchenko, A., Tesliuk, H., Tolstenko, A., Koshul'ko, V. (2019). Improvement of the sunflower seed separation process efficiency on the vibrating surface. *Acta Periodica Technologica*, 50, 12–22. doi: <https://doi.org/10.2298/apt1950012a>
- Luk'janenko, V., Nikiforov, A. (2017). Statement of the problem calculation of the velocity field of the air environment between two equidistant planes committed by simultaneous harmonic. *Scientific journal «Engineering of nature management»*, 2 (8), 33–37. Available at: <http://enm.khntusg.com.ua/index.php/enm/article/view/53>
- Antoshchenkov, R., Nikiforov, A., Galych, I., Tolstolutskiy, V., Antoshchenkova, V., Diundik, S. (2020). Solution of the system of gas-dynamic equations for the processes of interaction of vibrators with the air. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (7 (104)), 67–73. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.198501>
- Acevedo, M. F. (2013). *Data Analysis and Statistics for Geography, Environmental Science, and Engineering*. CRC Press, 557. doi: <https://doi.org/10.1201/b13675>
- Nikiforov, A., Nykyforova, A., Antoshchenkov, R., Antoshchenkova, V., Diundik, S., Mazanov, V. (2021). Development of a mathematical model of vibratory non-lift movement of light seeds taking into account the aerodynamic forces and moments. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (1 (111)), 70–78. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.232508>
- Lukynenko, V., Nikiforov, A., Galych, I. (2015). The method of calculating the aerodynamic characteristics of three-dimensional figures of irregular shape. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu silskoho hospodarstva imeni Petra Vasylenka*, 156, 459–464.
- Metcalfe, A., Green, D., Greenfield, T., Mansor, M., Smith, A., Tuke, J. (2019). *Statistics in Engineering: With Examples in MATLAB and R*. Chapman and Hall/CRC, 810. doi: <https://doi.org/10.1201/9781315117232>

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.253978

## ESTABLISHING AN INTERCONNECTION BETWEEN THE TECHNICAL AND TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF MILKING EQUIPMENT BASED ON THE MOVEMENT OF A MILK-AIR MIXTURE IN A MILKING MACHINE (p. 35–46)

Elchyn Aliiev

Dnipro State Agrarian and Economic University, Dnipro, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4006-8803>

Andriy Paliy

State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9525-3462>

Volodymyr Dudin

Dnipro State Agrarian and Economic University, Dnipro, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1414-7690>

Viktor Kis

State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1316-7013>

Anatoliy Paliy

National Scientific Center «Institute of Experimental and Clinical Veterinary Medicine», Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9193-3548>

Volodymyr Ostapenko

Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0586-4452>

Iruna Levchenko

Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7134-2505>

Mikola Prihodko

Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5899-6662>

Olga Korg

Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9134-5148>

Larysa Kladnytska

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

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9360-0587>

Machine milking is one of the main technological processes in the dairy industry whose efficiency level largely affects cattle breeding in general. The key role, in this case, belongs to milking equipment. The design and use of technical means of milking are associated with certain difficulties related to the imperfection of milk discharge. Therefore, the current study is due to the need to investigate the process of moving the milk mixture in a milking machine.

A physical-mathematical model of the process of moving the two-phase milk-air mixture along the milk-conducting line of a milking machine has been built. The mathematical model relates the value of the fluctuating of vacuummetric pressure  $\Delta P$ , the rate of milk discharge  $Q_M$ , the pulse rate  $\zeta$ , and the value of working vacuummetric pressure  $P$ . It was found that in the milk-conducting system with the upper milk pipeline there is a large fluctuation of vacuummetric pressure  $\Delta P = 1.02\text{--}4.69$  kPa, which exceeds the regulated value (2.5 kPa). In a milk-conducting system with a lower milk pipeline, the vacuummetric pressure fluctuation is  $\Delta P = 0.59\text{--}1.84$  kPa.

The patterns of change in the value of working pressure  $P$  and the frequency of pulsations  $\zeta$  in the milking machines of simultaneous and pair action depending on the rate of milk discharge from the udder have been determined.

It is established that the maximum deviation of the value of fluctuation of vacuummetric pressure  $\Delta P$  between the experimental and theoretical data within a predefined range of factors is 0.81 kPa. The correlation coefficient is 0.92, which indicates the adequacy of the constructed models. Owing to this, the task of the rational choice of milking equipment is resolved.

**Keywords:** milking machine, vacuum system, milk-air mixture, milk discharge speed, vacuummetric pressure.

### References

- Ivanova, L. (2017). Milk succession: current status and problems of solution. *Agrosvit*, 22, 23–27. Available at: <http://www.agrosvit.info/index.php?op=1&z=2503&i=3>
- Pezzuolo, A., Cillis, D., Marinello, F., Sartori, L. (2017). Estimating efficiency in automatic milking systems. doi: <https://doi.org/10.22616/erdev2017.16.n148>
- Paliy, A., Nanka, A., Marchenko, M., Bredykhin, V., Paliy, A., Negreba, J. et al. (2020). Establishing changes in the technical parameters of nipple rubber for milking machines and their impact on operational characteristics. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (1 (104)), 78–87. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.200635>
- Tremblay, M., Hess, J. P., Christenson, B. M., McIntyre, K. K., Smink, B., van der Kamp, A. J. et al. (2016). Factors associated with increased milk production for automatic milking systems. *Journal of Dairy Science*, 99 (5), 3824–3837. doi: <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10152>
- Paliy, A. P., Handola, Yu. M., Shevchenko, I. O., Stotskyi, A. O., Stotskyi, O. G., Sereda, A. I. et al. (2020). Assessment of cow lactation and milk parameters when applying various milking equipment. *Ukrainian Journal of Ecology*, 10 (4), 195–201. Available at: <https://www.ujecology.com/articles/assessment-of-cow-lactation-and-milk-parameters-when-applying-various-milking-equipment.pdf>
- Paliy, A., Aliiev, E., Nanka, A., Bogomolov, O., Bredixin, V., Paliy, A. et al. (2021). Identifying changes in the technical parameters of milking rubber under industrial conditions to elucidate their effect on the milking process. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (1 (111)), 21–29. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.231917>
- Achkevych, O. M., Achkevych, O. I. (2019). Vstanovlennia parametriv systemy transportuvannia moloka vid kolektora do molokoprodu. *Visnyk KhNTUSH*, 2, 28–37.
- Galicheva, M. S., Dokhuzhev, Yu. G., Golovan', V. T. (2009). Puti sokrascheniya poter' moloka pri doennii v molokoprovod. *Novye tekhnologii*, 3, 12–16.
- Ul'yanov, V. M., Khripin, V. A., Nabatchikov, A. V., Panferov, N. S., Khripin, A. A. (2017). Obosnovanie konstruktivno-rezhimnykh parametrov doil'nogo apparata s verkhnim otvodom moloka iz kolektora. *Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P. A. Kostycheva*, 3 (35), 106–113.
- Vukolov, V. I., Boltianska, N. I. (2020). Suchasni pidkhody do doinnia vysokoproduktyvnykh koriv. *Tekhnichniy prohres u tvarynnyts'tvi ta kormovyrobnytstvi: materialy IX Mizhnarodnoi naukovo-tekhnichnoi konferentsiyi. Hlevakha – Kyiv*, 106–108.
- Dmytriv, V., Dmytriv, I., Lavryk, Y., Horodeckyy, I. (2018). Models of adaptation of the milking machines systems. *BIO Web of Conferences*, 10, 02004. doi: <https://doi.org/10.1051/bioconf/20181002004>
- Shevchenko, I. A., Aliiev, E. B. (2012). Pidvyshchennia yakosti vykonannia tekhnolohichnoho protsesu mashynnoho doinnia. *Visnyk ahrarnoi nauky*, 6, 57–59.
- Lynnyk, Yu. O., Pavlenko, S. I., Hrytsun, A. V. (2014). Doslidzhennia dynamiky zmin kolyvan vakuumetrychnoho tysku v avtomatyzovanyy doilniy ustanovtsi. *Zb. nauk. prats Vinnytskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu*, 1 (84), 104–108.

14. Achkevych, V. I., Khmelevsky, V. S., Achkevych, O. M. (2020). The influence of the design parameters of the milking machine collector on the oscillation of the vacuum pressure in the suction phase. *Meh. Electrification Agric.*, 11 (110), 117–123. doi: <https://doi.org/10.37204/0131-2189-2020-11-13>
15. Enokidani, M., Kawai, K., Shinozuka, Y., Watanabe, A. (2016). Milking performance evaluation and factors affecting milking claw vacuum levels with flow simulator. *Animal Science Journal*, 88 (8), 1134–1140. doi: <https://doi.org/10.1111/asj.12741>
16. Paliy, A., Aliiev, E., Paliy, A., Ishchenko, K., Shkromada, O., Musiienko, Y. et. al. (2021). Development of a device for cleansing cow udder teats and testing it under industrial conditions. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (1 (109)), 43–53. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.224927>
17. Golsiz, E., Kupczyk, A., Majkowska, M., Trajer, J. (2021). Simulation Tests of a Cow Milking Machine – Analysis of Design Parameters. *Processes*, 9 (8), 1358. doi: <https://doi.org/10.3390/pr9081358>
18. Shevchenko, I. A., Aliiev, E. B. (2013). Naukovo-metodychni rekomendatsiyi z bahatokryterialnoho vyrobnychoho kontroliu doilnykh ustanovok. *Zaporizhzhia: Aktsent Invest-treid*, 156.
19. Krasovskiy, G. I., Filaretov, G. F. (1982). *Planirovanie eksperimenta*. Minsk: Izd-vo BGU, 302.
20. Aliiev, E. B., Bandura, V. M., Pryshliak, V. M., Yaropud, V. M., Trukhanska, O. O. (2018). Modeling of mechanical and technological processes of the agricultural industry. *INMATEH – Agricultural Engineering*, 54 (1), 95–104.
21. Lutsenko, M., Halai, O., Legkoduh, V., Lastovska, I., Borshch, O., Nadochii, V. (2021). Milk production process, quality and technological properties of milk for the use of various types of milking machines. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 43, e51336. doi: <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v43i1.51336>
22. Jacobs, J. A., Siegford, J. M. (2012). Invited review: The impact of automatic milking systems on dairy cow management, behavior, health, and welfare. *Journal of Dairy Science*, 95 (5), 2227–2247. doi: <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4943>
23. Lyons, N. A., Kerrisk, K. L. (2017). Current and potential system performance on commercial automatic milking farms. *Animal Production Science*, 57 (7), 1550. doi: <https://doi.org/10.1071/an16513>
24. Paliy, A., Naumenko, A., Paliy, A., Zolotaryova, S., Zolotarev, A., Tarasenko, L. et. al. (2020). Identifying changes in the milking rubber of milking machines during testing and under industrial conditions. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (1 (107)), 127–137. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.212772>

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.253884

#### APPLICATION OF TRIZ TO MODIFY OVEN DRYING FOR SMES TO MAINTAIN THE EUGENOL CONTENT IN DRIED CLOVES (p. 47–54)

Beauty Sustining Diyah Dewanti

International Islamic University Malaysia, Selangor, Malaysia  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4355-4807>

Erry Yulian Triblas Adesta

Universitas Indo Global Mandiri (UIGM), Palembang, Indonesia  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5564-5442>

Ahmad Faris Ismail

International Islamic University Malaysia, Selangor, Malaysia  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6096-8430>

Clove essential oil (EO) has a high eugenol content. Fresh cloves need to go through a drying and distillation process to produce essential oils. However, sun drying cannot be done optimally during the rainy season. Therefore, some farmers (SMEs) use the oven drying method. The initial study found that the eugenol con-

tent after the drying process decreased. Therefore, this study aimed to maintain high eugenol content in dry cloves. After identifying the problem, it is solved using the TRIZ method, and research is continued for a new oven prototype. Three issues are found in drying cloves based on field surveys and literature studies. First, the clove moisture content is not uniform after the drying process. The second problem was that the clove was too dry after the drying process and the eugenol content decreased. And the third problem is the oven that has been used so far is still fuel-wasting. The literature studies also found several parameters to be a reference in designing a new oven: the number of trays in the oven, clove thickness, the space between the trays in the oven, and the steam gap on the tray. In addition, the appropriate oven coating material can also be determined (plywood, galvanized plate, and air). In the TRIZ method, several solutions were found to design a new oven. Eight things have been changed from the existing drying oven, including the number of trays in the oven, a steam gap in each tray, the size of the mesh used for the tray base, material for the drying oven, the thickness of the cloves on the tray, the temperature used in the drying process, installation of a thermostat to control the temperature in the oven, separate combustion chamber from the tray space (indirect heating), and without using a blower.

**Keywords:** clove, essential oil, eugenol content, SMEs, oven drying, TRIZ method.

#### References

1. Sun, Y., Guo, X., Xu, B., Wang, C., Wang, Y., Jiao, Y. et. al. (2019). Design and test of a novel wheat drying oven based on the real-time utilization of diesel engine waste heat. *Cogent Engineering*, 6 (1). doi: <https://doi.org/10.1080/23311916.2019.1673118>
2. Ajala, A. S., Ngoddy, P. O., Olajide, J. O. (1970). Design and construction of a tunnel dryer for food crops drying. *International Multidisciplinary Research Journal*, 8, 01–07. doi: <https://doi.org/10.25081/imrj.2018.v8.3449>
3. Mahmoodi Sourestani, M., Malekzadeh, M., Tava, A. (2014). Influence of drying, storage and distillation times on essential oil yield and composition of anise hyssop [*Agastache foeniculum* (Pursh.) Kuntze]. *Journal of Essential Oil Research*, 26 (3), 177–184. doi: <https://doi.org/10.1080/10412905.2014.882274>
4. Alma, M. H., Ertas, M., Nitz, S., Kollmannsberger, H. (2007). Chemical composition and content of essential oil from the bud of cultivated Turkish clove (*Syzygium aromaticum* L.). *BioResources*, 2 (2), 265–269. doi: <https://doi.org/10.15376/biores.2.2.265-269>
5. Hastuti, L. T., Saepudin, E., Cahyana, A. H., Rahayu, D. U. C., Murni, V. W., Haib, J. (2017). The influence of sun drying process and prolonged storage on composition of essential oil from clove buds (*Syzygium aromaticum*). *AIP Conference Proceedings*. doi: <https://doi.org/10.1063/1.4991196>
6. Ozdemir, N., Ozgen, Y., Kiralan, M., Bayrak, A., Arslan, N., Ramadan, M. F. (2017). Effect of different drying methods on the essential oil yield, composition and antioxidant activity of *Origanum vulgare* L. and *Origanum onites* L. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 12 (2), 820–825. doi: <https://doi.org/10.1007/s11694-017-9696-x>
7. Ebadi, M. T., Azizi, M., Sefidkon, F., Ahmadi, N. (2015). Influence of different drying methods on drying period, essential oil content and composition of *Lippia citriodora* Kunth. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 2 (4), 182–187. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2015.06.001>
8. Thamkaew, G., Sjöholm, I., Galindo, F. G. (2020). A review of drying methods for improving the quality of dried herbs. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 61 (11), 1763–1786. doi: <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1765309>
9. Murni, V. W., Saepudin, E., Cahyana, A. H., Rahayu, D. U. C., Hastuti, L. T., Haib, J. (2017). Effect of oven drying and storage on essential

- oil composition of clove (*Syzygium aromaticum*) from Toli-Toli. AIP Conference Proceedings. doi: <https://doi.org/10.1063/1.4991188>
10. Ghasemi Pirbalouti, A., Salehi, S., Craker, L. (2017). Effect of drying methods on qualitative and quantitative properties of essential oil from the aerial parts of coriander. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 4, 35–40. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2016.07.006>
  11. Mansoor, M., Mariun, N., AbdulWahab, N. I. (2017). Innovating problem solving for sustainable green roofs: Potential usage of TRIZ – Theory of inventive problem solving. *Ecological Engineering*, 99, 209–221. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.11.036>
  12. Ekmekci, I., Nebati, E. E. (2019). Triz Methodology and Applications. *Procedia Computer Science*, 158, 303–315. doi: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.09.056>
  13. Petrov, V. (2019). Review of TRIZ. TRIZ. Theory of Inventive Problem Solving, 13–33. doi: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-04254-7\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-030-04254-7_2)
  14. Russo, D., Schöfer, M., Bersano, G. (2015). Supporting ECO-innovation in SMEs by TRIZ Eco-guidelines. *Procedia Engineering*, 131, 831–839. doi: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.12.388>
  15. Irawan, B., Subagiyo, S., Suyono, E. H. (2017). Numerical Solution and Scale Analysis Method of Nusselt Numbers for Vertical Flat Plate and Closed Cavity. *International Review of Mechanical Engineering (IREME)*, 11 (12), 945. doi: <https://doi.org/10.15866/ireme.v11i12.11881>
  16. Dewanti, B. S. D., Ismail, A. F., Yulian, E., Adesta, T. (2020). Alternative Drying Methods to Improve the Quality of Dried Cloves. *Test Engineering and Management. TEST*, 6928–6939. Available at: [https://www.researchgate.net/publication/344827750\\_Alternative\\_Drying\\_Methods\\_to\\_Improve\\_the\\_Quality\\_of\\_Dried\\_Cloves](https://www.researchgate.net/publication/344827750_Alternative_Drying_Methods_to_Improve_the_Quality_of_Dried_Cloves)

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.255389

## TECHNOLOGY FOR PROGRAMMING CONTOUR MILLING ON A CNC MACHINE (p. 55–61)

**Yuriy Petrakov**

National Technical University of Ukraine  
«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0525-4769>

**Volodymyr Korenkov**

National Technical University of Ukraine  
«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1911-9496>

**Artur Myhovych**

National Technical University of Ukraine  
«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8687-6879>

This paper reports a new technology for designing control programs for contour milling on CNC machines. The technology enables stabilization of the cutting process along the entire contour at the optimal level by controlling the feed, which ensures an increase in productivity when meeting the requirements for restrictions. Moreover, the effectiveness of using the technology improves with an increase in the complexity of the contour by changing the curvature of the surface. A mathematical model has been built for the interaction between the cutter and workpiece in the cutting zone when machining contours with variable curvature, which makes it possible to determine the main characteristic of the cutting process – the rate of cutting the allowance. The technology involves the use of a control program in G-codes designed in any CAM system. At the first stage, a shape-formation trajectory in the form of a two-dimensional digital array is derived from the program. At the second stage, the cutter workpiece engagement in the cutting area is modeled simulated while determining the main characteristic of the cutting process – an analog of the material removal rate. And at the final stage, the simulation

results are used to design a new control program, also in G-codes, with a new recorded law to control the feed, which enables the stabilization of the cutting process along the entire milling path. The software for the new technology has been developed, which automatically converts the preset control program in G-codes into a two-dimensional digital array, simulates the milling process, and designs a new control program in G-codes based on its results. The results of the experimental study into the milling of the preset contour using the developed simulation program showed an increase in productivity by 1.7 times compared to the original control program, designed in a conventional CAM system.

**Keywords:** contour milling, CNC machine, CAM-system, control program, G-codes.

## References

1. Samariev, A. (2012). iMachining 3D. *Logicheskoe razvitie tekhnologii. CADmaster*, 2 (69), 52–58. Available at: [https://www.cadmaster.ru/magazin/articles/cm\\_69\\_10.html](https://www.cadmaster.ru/magazin/articles/cm_69_10.html)
2. Petrakov, Y. V., Myhovych, A. V. (2020). IMachining technology analysis for contour milling. *Mechanics and Advanced Technologies*, 2 (89). doi: <https://doi.org/10.20535/2521-1943.2020.89.202065>
3. Modul' iMachining (2018). *Zhurnal Vysokie tekhnologii*.
4. Rough milling with the Vortex method reduces machining time. Available at: <https://www.machining4.eu/technology-sheets/Rough-milling-with-the-Vortex-method-reduces-machining-time>
5. Park, H., Qi, B., Dang, D.-V., Park, D. Y. (2017). Development of smart machining system for optimizing feedrates to minimize machining time. *Journal of Computational Design and Engineering*, 5 (3), 299–304. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jcde.2017.12.004>
6. Jacso, A., Szalay, T., Jauregui, J. C., Resendiz, J. R. (2018). A discrete simulation-based algorithm for the technological investigation of 2.5D milling operations. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science*, 233 (1), 78–90. doi: <https://doi.org/10.1177/0954406218757267>
7. Dumitrache, A., Borangiu, T., Dogar, A. (2010). Automatic Generation of Milling Toolpaths with Tool Engagement Control for Complex Part Geometry. *IFAC Proceedings Volumes*, 43 (4), 252–257. doi: <https://doi.org/10.3182/20100701-2-pt-4011.00044>
8. Boz, Y., Erdim, H., Lazoglu, I. (2015). A comparison of solid model and three-orthogonal dexelfield methods for cutter-workpiece engagement calculations in three- and five-axis vertical milling. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 81 (5-8), 811–823. doi: <https://doi.org/10.1007/s00170-015-7251-7>
9. Altintas, Y., Kersting, P., Biermann, D., Budak, E., Denkena, B., Lazoglu, I. (2014). Virtual process systems for part machining operations. *CIRP Annals*, 63 (2), 585–605. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2014.05.007>
10. Gong, X., Feng, H.-Y. (2015). Cutter-workpiece engagement determination for general milling using triangle mesh modeling. *Journal of Computational Design and Engineering*, 3 (2), 151–160. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jcde.2015.12.001>
11. Petrakov, Y., Matskovsky, A. (2015). Simulation of end mills milling. *Visnyk NTUU «KPI». Seriya mashynobuduvannia*, 1 (73), 78–83. Available at: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/16944>
12. Erdim, H., Lazoglu, I., Ozturk, B. (2006). Feedrate scheduling strategies for free-form surfaces. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 46 (7-8), 747–757. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijmactools.2005.07.036>
13. How to convert or simulate CNC NC G-code in PowerMill. Available at: <https://knowledge.autodesk.com/ru/support/powermill/learn-explore/caas/sfdcarticles/sfdcarticles/RUS/How-to-simulate-CNC-G-code-in-PowerMill.html>
14. NC program editing, simulation and machine communication. Available at: [https://www.cimco.com/documents/cimco\\_edit/brochures/en/cimco-edit-brochure-en.pdf](https://www.cimco.com/documents/cimco_edit/brochures/en/cimco-edit-brochure-en.pdf)

15. KSPT. Series 33. Available at: [https://www.kyocera-sgstoool.com/uploads/general/KSPT\\_Series\\_33.pdf](https://www.kyocera-sgstoool.com/uploads/general/KSPT_Series_33.pdf)
16. Altintas, Y. (2012). *Manufacturing Automation: Metal Cutting Mechanics, Machine Tool Vibrations, and CNC Design*. Cambridge: Cambridge University Press. doi: <https://doi.org/10.1017/cbo9780511843723>

---

**DOI: 10.15587/1729-4061.2022.253660**  
**BUILDING A MODEL OF THE PROCESS OF SHAPING TAPERED CALIBRATING AREAS OF WHEELS AT THE TWO-SIDED GRINDING OF ROUND ENDS (p. 62–70)**

**Volodymyr Kalchenko**

Chernihiv Polytechnic National University, Chernihiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-9072-2976>

**Vitalii Kalchenko**

Chernihiv Polytechnic National University, Chernihiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-9850-7875>

**Antonina Kolohoida**

Chernihiv Polytechnic National University, Chernihiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-1742-2686>

**Olga Kalchenko**

Chernihiv Polytechnic National University, Chernihiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-7120-9843>

**Dmytro Kalchenko**

Genix Solutions Limited Liability Company, Chernihiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-7380-6625>

This paper reports the spatial modeling of the dressing process of grinding wheels with a conical calibration area to enable two-sided end grinding of cylindrical parts. Components with cylindrical end surfaces are common in the industry, for example, bearing rollers, crosses, piston fingers, and others. High requirements are put forward for the accuracy and quality of the end surfaces. The most efficient is to machine them simultaneously on a double-sided face grinding machine. To improve the quality, grinding is carried out by oriented wheels. The wheel's angle of rotation in the vertical plane is chosen subject to the uniform distribution of the allowance along a working surface; this makes it possible to reduce the temperature in the cutting zone and improve machining conditions. To improve the accuracy, grinding wheels are provided with a conical calibration area whose rectilinear generatrix is in the plane passing through the axis of wheel rotation and is perpendicular to the end of the part. The minimum permissible length of the calibration area depends on the diameter of the parts being machined; that makes it possible to utilize the work surface more efficiently. Two wheels are dressed simultaneously using diamond pencils that are symmetrically installed in a part feed drum. The angular velocity when dressing the rough area of the wheel is constant, which ensures its different development, and it gradually decreases when dressing the calibration area to provide for its constant roughness. In general, this prolongs the resource of grinding wheels and the quality of machining. The wheels are given axial movement to ensure the straightness of the cone calibration area. The dressing technique reported here can be used on machines equipped with a numerical software control system and without it. It could also be applied in the machining of parts with non-round ends.

**Keywords:** double-sided grinding, crossed axes, wheel dressing, conical calibration area, diamond pencil.

#### References

1. Shkarlet, S., Kholiavko, N., Dubyna, M. (2019). Information economy: management of educational, innovation, and research determinants. *Marketing and Management of Innovations*, 3, 126–141. doi: <https://doi.org/10.21272/mmi.2019.3-10>

2. Lomov, S. B. (2016). Novye pokoleniya konstruktivnykh metallicheskih kompozitsionnykh materialov na osnove alyuminievo-go splava, armirovannogo nepreryvnymi i diskretnymi voloknami Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (obzor). *Trudy VIAM*, 12 (48), 21–27. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/novye-pokoleniya-konstruktivnyh-metallicheskih-kompozitsionnyh-materialov-na-osnove-alyuminievo-go-splava-armirovannogo>
3. Complete Machining Solution. Rotating tool lines. Tooling Systems. Catalogue (2019). ISCAR.
4. Shlifoval'nye stanki zavod «Kharverst». Khar'kovskiy stankostroitel'nyy zavod «Kharverst», 20. Available at: [http://harverst.com.ua/upload/files/Buklet\\_stanko\\_ru.pdf](http://harverst.com.ua/upload/files/Buklet_stanko_ru.pdf)
5. Double-wheel surface grinding machines. Junker. Available at: <https://www.junker-group.com/grinding-machines/product-category/double-wheel-surface-grinding-machines>
6. Barinov, A. V., Platonov, A. V., Lebedeva, S. M., Samsonov, I. S. (2016). Study characteristics setting grinding machines for processing metal parts. Part 2. Study features grinding wheel dressing. *Privolzhskiy nauchnyy vestnik*, 5 (57). Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-osobennostey-nastroyki-shlifovalnyh-stankov-dlya-obrabotki-metallicheskih-detaley-chast-2-issledovanie-osobennostey>
7. Li, H. N., Axinte, D. (2016). Textured grinding wheels: A review. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 109, 8–35. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijmactools.2016.07.001>
8. Vayner, L. G., Flusov, N. I. (2013). Geometricheskaya modifikatsiya tortseshlifoval'nykh krugov v protsesse pravki. *Vestnik Tikhookeanskogo gosudarstvennogo universiteta*, 17.
9. Vayner, L. (2019). Izmerenie i diagnostika parametrov tortseshlifoval'noy obrabotki. *Vestnik Tikhookeanskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2, 35–42.
10. Kalchenko, V., Kalchenko, V., Kalchenko, O., Sira, N., Kalchenko, D., Morochko, V., Vynnyk, V. (2020). Development of a model of tool surface dressing when grinding with crossed wheel and cylindrical part axes. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (1 (105)), 23–29. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.202441>
11. Zhou, W. H., Yao, W. F., Feng, M., Lv, B. H., Deng, Q. F. (2013). The Polishing Process of Cylindrical Rollers by Using a Double-Side Lapping Machine. *Key Engineering Materials*, 589-590, 447–450. doi: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/kem.589-590.447>
12. Nguyen, D. N., Chau, N. L., Dao, T.-P., Prakash, C., Singh, S. (2019). Experimental study on polishing process of cylindrical roller bearings. *Measurement and Control*, 52 (9-10), 1272–1281. doi: <https://doi.org/10.1177/0020294019864395>
13. Kalchenko, V., Kalchenko, V., Sira, N., Yeroshenko, A., Kalchenko, D. (2020). Three-Dimensional Simulation of Machined, Tool Surfaces and Shaping Process with Two-Side Grinding of Cylindrical Parts Ends. *Advanced Manufacturing Processes*, 118–127. doi: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-40724-7\\_12](https://doi.org/10.1007/978-3-030-40724-7_12)
14. Kalchenko, V., Kalchenko, V., Kolohoida, A., Yeroshenko, A., Kalchenko, D. (2022). Building a model of dressing the working surfaces of wheels during the two-side grinding of round end faces at CNC machines. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (1 (115)), 86–93. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.252642>

---

**DOI: 10.15587/1729-4061.2022.254555**  
**FORMING THE GEOMETRIC ACCURACY AND ROUGHNESS OF HOLES WHEN DRILLING AIRCRAFT STRUCTURES MADE FROM POLYMERIC COMPOSITE MATERIALS (p. 71–80)**

**Kateryna Maiorova**

National Aerospace University  
 «Kharkiv Aviation Institute», Kharkiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-3949-0791>



**Iurii Vorobiov**

National Aerospace University  
«Kharkiv Aviation Institute», Kharkiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-6401-7790>

**Oleksii Andrieiev**

Antonov Company, Kyiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-2767-4884>

**Borys Lupkin**

National Aerospace University  
«Kharkiv Aviation Institute», Kharkiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-7613-537X>

**Valeriy Sikulskiy**

National Aerospace University  
«Kharkiv Aviation Institute», Kharkiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-5944-4728>

The subject of this study is indicators of the quality, geometric accuracy, and roughness of holes in aviation structures (AS) made from polymeric composite materials (PCM) produced by drilling. The indicators of quality, geometric accuracy, and roughness of PCM holes were investigated by using kinematic hole drilling schemes and the creation of PCM chips. A kinematic scheme has been built of the cutting forces operating in PCM when drilling with the distribution of zones from 0° to 360°. Experimental studies on the establishment of characteristic shrinkage zones in the drilling of PCM, as well as their values, have been implemented. The methods used are the analysis of the quality indicators of PCM holes, and the method of expert assessments. The following results were obtained. Based on the analysis and synthesis, it was found that with incorrectly selected geometric parameters for drills involving the work accompanied by the wear of drills on the back surface, stratification, cracks, or chips of PCM may appear. It is shown that the decisive factor is a comprehensive assessment, which is determined not only by the quality, accuracy, and roughness but also by the condition of the holes at the input and output of the drill. Features and characteristic contact zones for PCM drilling were identified. It has been established that within the drill operating areas from 0° to 90° and from 180° to 270° the cutting forces are reduced while the indicators of surface quality, roughness, and geometric accuracy of a PCM hole are improved. In zones from 90° to 180° and from 270° to 360° – on the contrary, low quality of the machined surface is assumed. The calculation of the required cutting forces and calculation of the height of roughness of drilling holes in PCM have been proposed, taking into consideration the bearing of chips under the action of the wedge. The results of experimental studies on the establishment of characteristic shrinkage zones when drilling PCM confirmed the adequacy of the results of theoretical studies on the kinematic schemes of drill operation in PCM.

**Keywords:** aviation structure, polymeric composite materials, drilling, hole roughness, geometric accuracy, hole shrinkage.

**References**

- Shyha, I., Huo, D. (Eds.) (2021). *Advances in Machining of Composite Materials*. Springer, 552. doi: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-71438-3>
- Bychkov, S. A., Kotsiuba, O. A. (2016). State and problems of using of new construction materials in domestic civil aircraft in modern conditions. Report 1. Approaches to the choice of metal construction materials of aircrafts. *Aviatsionno-kosmicheskaya tekhnika i tekhnologiya*, 5 (132), 4–14. Available at: <http://nti.khai.edu:57772/csp/nauchportal/Arhiv/AKTT/2016/AKTT516/Bychkov.pdf>
- Andrieiev, O. V. (2020). Naukovi osnovy pidvyshchennia efektyvnosti stvorennia konstruktsiy transportnykh litakiv iz polimernykh kompozytsiynykh materialiv na etapakh zhyttievoho tsykladu vyrobu. Kyiv, 333. Available at: <https://er.nau.edu.ua/handle/NAU/44706>
- Tjahjanti, P. H., Firdaus, R., Iswanto, Ahnan, M. F. (2020). Study of Crack Connections in Materials Composite Based on Polymer. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 874 (1), 012026. doi: <https://doi.org/10.1088/1757-899x/874/1/012026>
- Raskutin, A. E., Khrul'kov, A. V., Girsh, R. I. (2016). Technological features of composite materials machining in manufacturing details of structures (review). *Proceedings of VIAM*, 9 (45). doi: <https://doi.org/10.18577/2307-6046-2016-0-9-12-12>
- Globa, A. V., Bondarenko, A. S. (2009). Analysis of process of the aircraft materials drilling with three-wings drills in order to improve cutting part geometry. *Visnyk NTUU «KPI»*. *Pryladobuduvannia: zbirnyk naukovykh prats*, 37, 92–97. Available at: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/8835>
- Khavin, G. L. (2015). Obrazovanie defektov pri sverlenii sloistykh kompozitov i mekhanizm povaveniya rasslaivaniya. *Visnyk NTU «KhPI»*, 4 (1113), 96–100. Available at: [http://repository.kpi.kharkov.ua/bitstream/KhPI-Press/15182/1/vestnik\\_HPI\\_2015\\_4\\_Khavin\\_Obrazovanie.pdf](http://repository.kpi.kharkov.ua/bitstream/KhPI-Press/15182/1/vestnik_HPI_2015_4_Khavin_Obrazovanie.pdf)
- Yang, X.-Q., Chen, X., Tan, D., Li, R., Gao, H. (2021). Evolution of frictional damage of PTFE/Kevlar fiber braided materials. *Surface Technology*, 50 (8), 282–294. doi: <https://doi.org/10.16490/j.cnki.issn.1001-3660.2021.08.026>
- Patel, P., Chaudhary, V. (2021). Delamination evaluation in drilling of composite materials – A review. *Materials Today: Proceedings*. doi: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.09.267>
- Rahmé, P., Landon, Y., Lachaud, F., Piquet, R., Lagarrigue, P. (2010). Analytical models of composite material drilling. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 52 (5-8), 609–617. doi: <https://doi.org/10.1007/s00170-010-2773-5>
- Vorobiov, I., Nechyporuk, N., Maiorova, K. (2018). Experimental and numerical investigations on impulse self-pierce riveting of lightweight aircraft aluminium and mixed structures. *Proceedings of 22nd International Scientific Conference Transport Means 2018*. Trakai, 121–128. Available at: <https://transportmeans.ktu.edu/wp-content/uploads/sites/307/2018/02/Transport-means-I-dalis-2018-09-25.pdf>
- Vorobiov, I., Maiorova, K., Voronko, I., Boiko, M., Komisarov, O. (2022). Creation and Improvement Principles of the Pneumatic Manual Impulse Devices. *Lecture Notes in Networks and Systems*, 178–191. doi: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-94259-5\\_17](https://doi.org/10.1007/978-3-030-94259-5_17)
- Hassan, M. H., Abdullah, J., Franz, G., Shen, C. Y., Mahmoodian, R. (2021). Effect of Twist Drill Geometry and Drilling Parameters on Hole Quality in Single-Shot Drilling of CFRP/Al7075-T6 Composite Stack. *Journal of Composites Science*, 5 (7), 189. doi: <https://doi.org/10.3390/jcs5070189>
- Tesfaye Jule, L., Ramaswamy, K., Nagaprasad, N., Shanmugam, V., Vignesh, V. (2021). Design and analysis of serial drilled hole in composite material. *Materials Today: Proceedings*, 45, 5759–5763. doi: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.02.587>
- Chevychev, S. A., Snopkov, M. V., Bondartsev, I. V., Maslennikov, A. V. (2017). Diagram of fixture for vibration drilling of holes in composite materials. *Proceedings of the Southwest State University*, 21 (6), 76–84. doi: <https://doi.org/10.21869/2223-1560-2017-21-6-76-84>
- Hrechuk, A., Globa, A., Devin, L. (2017). Increasing the quality of drilling holes in fiber reinforcement composite materials. *Bulletin of Kyiv Polytechnic Institute. Series Instrument Making*, 54 (2), 80–85. doi: [https://doi.org/10.20535/1970.54\(2\).2017.119556](https://doi.org/10.20535/1970.54(2).2017.119556)
- Hocheng, H. (2012). *Machining technology for composite materials*. Woodhead Publishing. doi: <https://doi.org/10.1533/9780857095145>
- Ravska, N. S., Melnychuk, P. P., Mamliuk, O. V., Nikolaienko, T. P., Okhrimenko, O. A. (2013). *Osnovy formuvorennia poverkhon pry*

mekhanichnyi obrobtsi. Kyiv, 215. Available at: <http://repo.snau.edu.ua/bitstream/123456789/1799/1/Формування%20поверхні.pdf>

19. Shorshorov, M. Kh. (2021). Modelirovanie protsessov resursosberegayushey obrabotki slitkovykh, poroshkovykh, nanostrukturnykh i kompozitsionnykh materialov. Moscow: Infra-Inzheneriya, 360.
20. Lupkin, B. V., Mamlyuk, O. V., Dranik, A. I., Kass, A. L. (2016). Influence of Technological Parameters of Drilling CM Strength. *Otkrytye informatsionnye i komp'yuternye integrirovannye tekhnologii*, 71, 125–135. Available at: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/vikt\\_2016\\_71\\_13](http://nbuv.gov.ua/UJRN/vikt_2016_71_13)

**DOI: 10.15587/1729-4061.2022.254728**  
**STRENGTHENING AND RESTORATION**  
**OF DAMAGED REINFORCED CONCRETE**  
**STRUCTURES WITH COMPOSITE**  
**PLASTICS (p. 81–86)**

**Zhanna Mukhanbetzhanova**

Satbayev University, Almaty, Republic of Kazakhstan  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-9672-4374>

**Aliy Bespayev**

Kazakh Research and Design Institute of Construction and Architecture, Almaty, Republic of Kazakhstan  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-7279-2180>

This paper considers directions to devise methods for restoring the operational suitability of reinforced concrete structures. Mistakes of designers and non-compliance with the concreting technology of monolithic reinforced concrete structures lead to the formation of cracks and deflections of unacceptable size in reinforced concrete beams and floor slabs, as well as to insufficient strength of the elements. Such structures require not only an increase in bearing capacity but also the restoration of the operational suitability of damaged structures. A technique for restoring the serviceability of bendable reinforced concrete structures with increased deflections and excessive crack opening is proposed. To restore bendable reinforced concrete structures, surface reinforcement with pre-stressed fiber-reinforced plastics is suggested, which is ensured by the creation of a building lift in the damaged elements. Fiber-reinforced plastics have a high strain modulus, elastic nature of the diagram, and increased frost resistance; they tolerate fatigue effects well and are resistant to the effects of chemically active substances. Unlike conventional reinforcement methods, surface reinforcement techniques are characterized by high gain efficiency, corrosion resistance, low labor intensity, and short terms of work; they ensure strength increase and provide for economic feasibility. This study's results established that the use of fiber-reinforced plastics not only increases the bearing capacity of reinforced concrete structures but also helps reduce the width of the cracks formed. Thus, it is possible to avoid an increase in the cross-section of structures and reduce the time of operations, which could lead to additional costs.

**Keywords:** restoration of reinforced concrete structures, fiber-reinforced plastics, pre-stress, single-span reinforced concrete beam.

**References**

1. Bakis, C. E., Bank, L. C., Brown, V. L., Cjzenza, E. (2002). Fibre-Reinforced Polymer Composites for Construction-State of the Art Review. *Journal of Composites in Construction*.
2. Bespaev, A. A., Kuralov, U. S., Altigenov, U. B. (2011). Usilenie zhelezobetonnykh konstruktiv polimernymi materialami. *Vestnik Natsional'noy inzhenernoy akademii RK, Almaty*.
3. Yang, J., Haghani, R., Blanksvärd, T., Lundgren, K. (2021). Experimental study of FRP-strengthened concrete beams with corroded reinforcement. *Construction and Building Materials*, 301, 124076. doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.124076>

4. Lin, X., Zhang, Y. X. (2013). Bond–slip behaviour of FRP-reinforced concrete beams. *Construction and Building Materials*, 44, 110–117. doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.03.023>
5. Triantafyllou, G. G., Rousakis, T. C., Karabinis, A. I. (2018). Effect of patch repair and strengthening with EBR and NSM CFRP laminates for RC beams with low, medium and heavy corrosion. *Composites Part B: Engineering*, 133, 101–111. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2017.09.029>
6. Singh, S. B. (2013). Shear response and design of RC beams strengthened using CFRP laminates. *International Journal of Advanced Structural Engineering*, 5 (1), 16. doi: <https://doi.org/10.1186/2008-6695-5-16>
7. Fu, B., Tang, X. T., Li, L. J., Liu, F., Lin, G. (2018). Inclined FRP U-jackets for enhancing structural performance of FRP-plated RC beams suffering from IC debonding. *Composite Structures*, 200, 36–46. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2018.05.074>
8. Hussein, M., Afefy, H. M. E.-D., Khalil, A.-H. A.-K. (2013). Innovative Repair Technique for RC Beams Predamaged in Shear. *Journal of Composites for Construction*, 17 (6), 04013005. doi: [https://doi.org/10.1061/\(asce\)cc.1943-5614.0000404](https://doi.org/10.1061/(asce)cc.1943-5614.0000404)
9. Campione, G., Minafò, G. (2012). Behaviour of concrete deep beams with openings and low shear span-to-depth ratio. *Engineering Structures*, 41, 294–306. doi: <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2012.03.055>
10. Hussain, Q., Pimanmas, A. (2015). Shear strengthening of RC deep beams with openings using Sprayed Glass Fiber Reinforced Polymer Composites (SGFRP) : Part 1. Experimental study. *KSCSE Journal of Civil Engineering*, 19 (7), 2121–2133. doi: <https://doi.org/10.1007/s12205-015-0243-1>

**DOI: 10.15587/1729-4061.2022.255258**  
**OBTAINING A FORMULA DESCRIBING THE**  
**INTERACTION OF FINE PARTICLES WITH**  
**AN EXPANDING GAS FLOW IN A FLUID**  
**LAYER (p. 87–97)**

**Yessenbay Alpeissov**

S. Seifullin Kazakh Agro Technical University,  
 Nur-Sultan, Republic of Kazakhstan  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-8917-0935>

**Ruslan Iskakov**

S. Seifullin Kazakh Agro Technical University,  
 Nur-Sultan, Republic of Kazakhstan  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-5948-2636>

**Sultanbek Issenov**

S. Seifullin Kazakh Agro Technical University,  
 Nur-Sultan, Republic of Kazakhstan  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-4576-4621>

**Aru Ukenova**

L. N. Gumilyov Eurasian National University,  
 Nur-Sultan, Republic of Kazakhstan  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-2797-672X>

The interaction of fine particles with an expanding gas flow under fluidization conditions is considered. The objects of study are finely dispersed materials, their single particles, gas flow in a fluidized layer. The study used the laws of dynamics and hydrodynamics, the classical laws of mechanics, as well as mathematical methods for the analytical solution of equations. It is emphasized that when a particle moves upwards in a gas jet, three forces act on it: the resistance force  $F_c$ , the gravity force  $P$ , and the Archimedes force  $A$ . As a result, the motion of a fine particle in an expanding gas flow is described taking into account the law of dynamics. During the study, an analytical equation was obtained to determine the

velocity of a particle during its rise and fall in a gas jet. During the study, an analytical equation was obtained to find the height of the particle ascent depending on the gas flow rate for given geometric parameters of the gas flow. The obtained formulas can be used in the process of studying the process of convective drying of finely dispersed materials for various design parameters of the dryer. In practice, as a rule, there are various empirical formulas that describe such interactions of particles for specific parameters, which make it difficult to generalize them. In this work, the correctness of the assumed conditions necessary for the analytical solution of the differential equation of particle motion is proved. As a result, formulas were obtained that make it possible to determine the velocity of a particle in a gas jet and the height of its rise depending on the gas flow rate. On the basis of these formulas, graphic dependences of the gas velocity in the jet on the height  $V_g=f(Z)$ , as well as the dependences of the height of the particle rise  $h_m$  on the air flow rate in the jet  $L$  at different jet expansion angles  $\alpha=15^\circ$ ;  $\alpha=20^\circ$ ;  $\alpha=30^\circ$  are plotted. It was found that with an increase in the height  $Z$  in an expanding jet, the gas velocity in the jet  $V_g$  decreases, with an increase in the air flow rate in the jet  $L$ , the height of the particle rise  $h_m$  increases. These formulas are the basis for further consideration of the movement of particles in a fluidized layer in the process of convective drying of fine materials for its intensification of the drying process.

**Keywords:** fluidized layer, convective drying, gas flows, fine particles, dryer, gas jet, heat and mass transfer.

#### References

- Chasiotis, V. K., Tzempelikos, D. A., Filios, A. E. (2021). Assessment of constant and time-varying temperature schemes on the convective drying characteristics of hemp leaves. *Case Studies in Thermal Engineering*, 26, 101098. doi: <https://doi.org/10.1016/j.csite.2021.101098>
- Kudra, T., Mujumdar, A. S. (2009). *Advanced Drying Technologies*. CRC Press, 438. doi: <https://doi.org/10.1201/9781420073898>
- Mujumdar, A. S. (Ed.) (2006). *Handbook of Industrial Drying*. CRC Press, 1312. doi: <https://doi.org/10.1201/9781420017618>
- Iskakov, R. M., Iskakova, A. M., Issenov, S. S., Beisebekova, D. M., Khaimuldinova, A. K. (2019). Technology of Multi-stage Sterilization of Raw Materials with the Production of Feed Meal of High Biological Value. *Journal of Pure and Applied Microbiology*, 13 (1), 307–312. doi: <https://doi.org/10.22207/jpam.13.1.33>
- Iskakov, R. M., Issenov, S. S., Iskakova, A. M., Halam, S., Beisebekova, D. M. (2015). Microbiological Appraisal of Feed Meal of Animal Origin, Produced by Drying and Grinding Installation. *Journal of Pure and Applied Microbiology*, 9 (1), 587–592. Available at: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84930038169&origin=resultslist>
- Iskakov, R. M., Iskakova, A. M., Nurushev, M. Z., Khaimuldinova, A. K., Karbayev, N. K. (2021). Method for the Production of Fat from Raw Materials and Animal Waste. *Journal of Pure and Applied Microbiology*, 15 (2), 716–724. doi: <https://doi.org/10.22207/jpam.15.2.23>
- Iskakov, R. M., Issenov, S. S., Iskakova, A. M., Halam, S., Beisebekova, D. M. (2013). Heat-and-Moisture Transfer at the Feed Meal Particles Drying and Grinding. *Life Science Journal*, 10 (12s), 497–502. Available at: [http://www.lifesciencesite.com/ljsj/life1012s/083\\_22175life1012s\\_497\\_502.pdf](http://www.lifesciencesite.com/ljsj/life1012s/083_22175life1012s_497_502.pdf)
- Issenov, S., Iskakov, R., Tergemes, K., Issenov, Z. (2022). Development of mathematical description of mechanical characteristics of integrated multi-motor electric drive for drying plant. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (8 (115)), 46–54. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.251232>
- Wang, W., Lu, Y., Xu, K., Wu, K., Zhang, Z., Duan, J. (2021). Experimental and simulated study on fluidization characteristics of particle shrinkage in a multi-chamber fluidized bed for biomass fast pyrolysis. *Fuel Processing Technology*, 216, 106799. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2021.106799>
- Li, J., Liu, Y. Y. (2008). Particle-wave duality and coherent instability control in dense gas–solid flows. *Chemical Engineering Science*, 63 (3), 732–750. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ces.2007.09.047>
- Wu, G., He, Y., Chen, W. (2018). Hydrodynamics of activated char in a novel multistage circulating fluidized bed for dry desulfurization. *Chemical Engineering Journal*, 351, 1104–1114. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2018.06.177>
- Hou, Q. F., Zhou, Z. Y., Yu, A. B. (2013). Contact analysis of different flow regimes in gas fluidization. *AIP Conference Proceedings*. doi: <https://doi.org/10.1063/1.4812129>
- Geng, Q., Wang, P., Zhu, X., You, X., Li, C. (2015). Flow dynamics and contact efficiency in a novel fast-turbulent fluidized bed with ring-feeder internals. *Particology*, 21, 203–211. doi: <https://doi.org/10.1016/j.partic.2015.02.002>
- Zhou, Y., Ren, C., Wang, J., Yang, Y., Dong, K. (2013). Effect of hydrodynamic behavior on electrostatic potential distribution in gas–solid fluidized bed. *Powder Technology*, 235, 9–17. doi: <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2012.09.025>
- Gan, J., Zhou, Z., Zou, R., Yu, A. (2013). Discrete element modeling of gas fluidization of fine ellipsoidal particles. *AIP Conference Proceedings*. doi: <https://doi.org/10.1063/1.4812135>
- Hou, Q. F., Zhou, Z. Y., Yu, A. B. (2012). Micromechanical modeling and analysis of different flow regimes in gas fluidization. *Chemical Engineering Science*, 84, 449–468. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ces.2012.08.051>
- Espin, M. J., Quintanilla, M. A. S., Valverde, J. M. (2015). Effect of particle size polydispersity on the yield stress of magnetofluidized beds as depending on the magnetic field orientation. *Chemical Engineering Journal*, 277, 269–285. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2015.04.124>
- Strobel, A., Köninger, B., Romeis, S., Schott, F., Wirth, K.-E., Peukert, W. (2020). Assessing stress conditions and impact velocities in fluidized bed opposed jet mills. *Particology*, 53, 12–22. doi: <https://doi.org/10.1016/j.partic.2020.02.006>
- Espin, M. J., Quintanilla, M. A. S., Valverde, J. M. (2017). Magnetic stabilization of fluidized beds: Effect of magnetic field orientation. *Chemical Engineering Journal*, 313, 1335–1345. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2016.11.023>
- Chirone, R., Poletto, M., Barletta, D., Lettieri, P. (2020). The effect of temperature on the minimum fluidization conditions of industrial cohesive particles. *Powder Technology*, 362, 307–322. doi: <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2019.11.102>
- Lepek, D., Valverde, J. M., Pfeffer, R., Dave, R. N. (2010). Enhanced Nanofluidization by Alternating Electric Fields. *AIChE Journal*, 56 (1), 54–65. doi: <https://doi.org/10.1002/aic.11954>
- Kutsakova, V. E., Frolov, S. V., Alpeisov, E. A. (1994). *Gidrodinamicheskiye osobennosti potoka v skoromorozil'nom apparate s napravlenennym psevdoozhizhennom sloem*. Sat. scientific tr. Theoretical, experimental studies of processes, machines, units, automation, management and economics of food technology. Saint Petersburg, 120–124.
- Todes, O. M., Tsitovich, O. B. (1981). *Apparat s kipiyashym sloem*. Leningrad: Chemistry, 286.
- Minaev, G. A., Mikhailin, V. D. (1982). *Gydrodynamicheskoye i teplobmennyye osobennosti struinogo psevdoozheniya*. Chemical industry, 5, 44–48.
- Kutsakova, V. E., Utkin, Yu. V., Markov, N. V. (1986). *Raschet apparata so vzveshennym sloem inertnykh tel pri sushke belkovosoderzhashchikh rastvorov*. Leningrad: LTIHP, 52–55.

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.254277

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ АВІАЦІЙНОЇ СИЛОВОЇ УСТАНОВКИ З ТУРБОГВИНТОВИМ ДВИГУНОМ НА ОСНОВІ ВПОРСКУВАННЯ ВОДОМЕТАНОЛОВОЇ СУМІШІ (с. 6–15)**

Ю. О. Улітенко, В. В. Логінов, І. Ф. Кравченко, В. В. Попов, О. О. Расстригін, О. В. Єланський

Розглянуто спосіб модернізації силової установки (СУ) регіонального літака. Модернізація здійснена на основі впорскування води або водометанолової суміші до компресора або камери згоряння турбогвинтового двигуна (ТГВД). Розроблено алгоритм термодинамічного розрахунку параметрів ТГВД з урахуванням впорскуваної суміші та вдосконалено математичну модель (ММ). Проведено методичні дослідження працездатності та діапазону застосування удосконаленої ММ. Виконано верифікацію результатів математичного моделювання. Для верифікації як об'єкт досліджень використаний турбовальний двигун AI-450M виробництва ДП «Івченко-Прогрес» (Україна). На основі вдосконаленої ММ розроблено програмний модуль для дослідження експлуатаційних характеристик регіонального літака з ТГВД. Досліджено вплив упорскування води та водометанолової суміші на робочий процес ТГВД та експлуатаційні характеристики регіонального пасажирського літака.

Запропоновані заходи можна реалізувати на існуючих ТГВД. Це дозволить здійснювати експлуатацію літальних апаратів без значної модернізації інфраструктури аеропортів. Для ТГВД упорскування води та водометанолової суміші є альтернативним способом форсування для тимчасового покращення експлуатаційних характеристик. Даний спосіб модернізації дозволить збільшити до ~10 % потужність ТГВД та зменшити кількість шкідливих викидів.

Отримані результати показали задовільну збіжність розрахункових та експериментальних даних. Похибка результатів при прийнятих припущеннях не перевищує 3 %. Результати розрахунків демонструють переваги упорскування на етапі зльоту ЛА для зменшення злітної дистанції (до 45 % у спекотних умовах, ТАМВ=+30 °С) та зменшення часу набору висоти ешелону (~10 %).

**Ключові слова:** турбогвинтовий двигун, форсування, експлуатаційні характеристики, впорскування води, шкідливі викиди.

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.253990

**АНАЛІЗ ВПЛИВУ ШАРІВ НАТУРАЛЬНИХ КОМПОЗИТНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОНСОЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ (с. 16–23)**

Ali hammoudi Abdul-Kareem Al wazir

У даному дослідженні, завдяки високій питомій міцності, адаптованості та відсутності корозії, композитні матеріали широко використовуються в авіабудуванні і можуть розглядатися в якості прийнятної заміни металу. Випробування на статичне навантаження проводилися за однакових умов і напруг, була змінена послідовність шарів. Для аналізу даних використовували інструмент Ansys ACP-ре. В результаті були виявлені різні деформації. У зразках композитного матеріалу з значення найменшої деформації в напрямку z і загальної деформації становлять 14,265 і 0,1335. Граничні умови підтверджені при 1500 Н в якості результуючої сили у статичному стані. Результати моделювання були проаналізовані в якості статичних умов. Були використані чотири матеріали у різному порядку дослідження, такі як сизаль, ананас, джут і кенаф. Чисельні результати були отримані з використанням статичної структури інструменту Ansys 16.1. Геометрія була змодельована та побудована за допомогою Ansys. Модель була перевірена за допомогою тесту збіжності. В якості вихідних даних було досліджено та описано загальну деформацію та напругу за Мізесом. Чисельні результати показали, що максимальна деформація завдяки прикладеному навантаженню припадає на вісь Z. Максимальне значення загальної деформації становить 1,254 мм, мінімальне – 2,5 мм. Крім того, були розраховані напруги за Мізесом для всього тіла. Чисельні результати показали, що максимальні значення при 1500 Н становлять 1,1 МПа. Зрештою, основна мета була досягнута за рахунок використання повної деформації та напруг за Мізесом.

**Ключові слова:** натуральне волокно, натуральний композитний матеріал, метод скінчених елементів, статична конструкція, консольна конструкція.

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.253657

**РОЗРОБКА РЕГРЕСІЙНОЇ МОДЕЛІ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗДІЛУ ЛЕГКОВЕСНИХ НАСІН НА ВІБРАЦІЙНИХ МАШИНАХ З ЗАХОДАМИ ПО ЗМЕНШЕННЯ ШКІДЛИВОГО ВПЛИВУ (с. 24–34)**

А. О. Никифоров, Р. В. Антоценков, І. В. Галич, В. М. Кісь, П. М. Полянський, В. С. Кошулько, Д. О. Тимчак, А. В. Домбровська, І. І. Килимник

При розділенні (очистці) легковажних насінневих смішів за допомогою вібраційних машин існує проблема шкідливого впливу руху повітря в зазорах між паралельними робочими поверхнями блоків вібромашини. Особливо цей фактор є шкідливим для насінневого матеріалу, який чутливий до руху повітря (деякі лікарські і овочеві культури). Для розв'язання вказаної проблеми здійснюється зміння конструкції та відповідна настройка режимів роботи вібраційних машин. Це потребує проведення великої кількості натурних експериментів та (або) трудомісткого моделювання на персональному комп'ютері робочих процесів вібраційного руху таких насінневих смішів.

Запропоновано кілька регресійних моделей, які дозволяють замінити трудомістке чисельне моделювання простими аналітичними виразами (регресійними рівняннями). За допомогою цих рівнянь здійснюється кількісна оцінка ступеня впливу аеродинаміки на кінематичні параметри вібраційного руху частинок насінневих сумішей. Оцінка виводиться залежно від геометричних характеристик аеродинамічного екрану, конструкції блоку і амплітуди коливань робочих поверхонь вібраційної машини. Моделі мають вид рівнянь множинної лінійної регресії другого порядку, які отримані на підставі проведення серії чисельних експериментів. Досліджувалися процеси вібраційного руху насінневого матеріалу пастернаку, салату листкового і кропу запашного. Коефіцієнт детермінації дорівнює 0,956...0,967.

Представлені результати є корисними для розробки алгоритмів оптимізації конструкції та налаштування режимів роботи вібраційних сепараторів за критерієм мінімізації шкідливого впливу аеродинамічного фактору.

**Ключові слова:** аеродинамічний фактор, аеродинамічний екран, вібромашина, вібраційний рух, множинна лінійна регресія.

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.253978

#### ВСТАНОВЛЕННЯ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКУ ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ МОЛОЧНО-ДОЇЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ ЗА ПЕРЕМІЩЕННЯМ МОЛОКОПОВІТРЯНОЇ СУМІШІ В ДОЇЛЬНОМУ АПАРАТІ (с. 35–46)

Е. Б. Алієв, А. П. Палій, В. Ю. Дудін, В. М. Кісь, А. П. Палій, В. І. Остапенко, І. В. Левченко, М. Ф. Приходько, О. В. Корж, Л. В. Кладницька

Машинне доїння корів є одним з основних технологічних процесів, від рівня його розвитку значною мірою залежить ефективність молочного скотарства загалом. Провідне місце, при цьому, належить доїльно-молочному обладнанню. На шляху розробки та застосування технічних засобів доїння виникають певні труднощі, пов'язані з недосконалістю що до відведення молока. Тому необхідність даних досліджень полягає у дослідженні процесу переміщення молокоповітряної суміші в доїльному апараті.

Створена фізико-математична модель процесу переміщення двофазної молокоповітряної суміші молокопровідною лінією доїльного апарата. Математична модель зв'язала величину флуктуації вакуумметричного тиску  $\Delta P$ , швидкість виведення молока  $Q_M$ , частоту пульсацій  $\zeta$  і величину робочого вакуумметричного тиску  $P$ . Виявлено, що для молокопровідної системи із верхнім молокопроводом присутня велика флуктуація вакуумметричного тиску  $\Delta P=1,02\text{--}4,69$  кПа, яка перевищує регламентоване значення (2,5 кПа). Для молокопровідної системи із нижнім молокопроводом флуктуація вакуумметричного тиску складає  $\Delta P=0,59\text{--}1,84$  кПа.

Визначені закономірності зміни величини робочого тиску  $P$  і частота пульсацій  $\zeta$  доїльних апаратів одночасної та попарної дії від швидкості виведення молока з вим'я.

Встановлено, що максимальне відхилення значення флуктуації вакуумметричного тиску  $\Delta P$  між експериментальними і теоретичними даними в заданому діапазоні факторів складає 0,81 кПа. Коефіцієнт кореляції становить 0,92, що свідчить про адекватність розроблених моделей. Завдяки цьому вирішується задача з раціонального вибору молочного доїльного устаткування.

**Ключові слова:** доїльний апарат, вакуумна система, молокоповітряна суміш, швидкість молоковіддачі, вакуумметричний тиск.

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.253884

#### ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ ТРИЗ ДЛЯ МОДИФІКАЦІЇ СУШКИ В ПЕЧІ ДЛЯ МАЛИХ ТА СЕРЕДНІХ ПІДПРИЄМСТВ З МЕТОЮ ПІДТРИМКИ ВМІСТУ ЕВГЕНОЛУ У СУШЕНІЙ ГВОЗДИЦІ (с. 47–54)

Beauty Suestining Diyah Dewanti, Erry Yulian Triblas Adesta, Ahmad Faris Ismail

Ефірна олія (ЕМ) гвоздики має високий вміст евгенолу. Для отримання ефірних масел свіжа гвоздика повинна пройти процес сушіння та дистиляції. Однак у сезон дощів неможливо виконати оптимальну сушку на сонці. Тому деякі фермери (МСП) використовують метод сушіння в печі. Початкове дослідження показало зменшення вмісту евгенолу після процесу сушки. Таким чином, метою даного дослідження було підтримання високого вмісту евгенолу у сухій гвоздиці. Після виявлення проблеми вона вирішується за допомогою методу ТРИЗ і тривають дослідження нового прототипу печі. На підставі польових досліджень та вивченні літератури під час сушки гвоздики виявлені три проблеми. По-перше, нерівномірний вміст вологи у гвоздиці після процесу сушки. Друга проблема полягала у тому, що гвоздика була занадто сухою після сушки, і вміст евгенолу зменшився. Третьою проблемою є те, що використовувана досі піч як і раніше витрачає багато палива. В даній роботі було виявлено параметри, на які слід орієнтуватися при проектуванні нової печі: кількість піддонів у печі, товщина зубчиків, відстань між піддонами у печі та паровий зазор на піддоні. Крім того, можна визначити відповідний матеріал покриття печі (фанера, оцинкований лист та повітря). У методі ТРИЗ було знайдено кілька рішень для проектування нової печі. У існуючій сушильній печі було внесено вісім змін, включаючи кількість піддонів у печі, паровий зазор на кожному піддоні, розмір сітки, що використовується для основи піддону, матеріал для сушильної печі, товщину зубчиків на піддоні, температуру, що використовується в процесі сушки, установку термостата для контролю температури у печі, відділення камери згоряння від простору піддону (непрямий нагрів) та відмова від використання вентилятора.

**Ключові слова:** гвоздика, ефірна олія, вміст евгенолу, МСП, сушка в печі, метод ТРИЗ.

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.255389

#### ТЕХНОЛОГІЯ ПРОГРАМУВАННЯ КОНТУРНОГО ФРЕЗЕРУВАННЯ НА ВЕРСТАТІ З ЧИСЛОВИМ ПРОГРАМНИМ КЕРУВАННЯМ (с. 55–61)

Ю. В. Петраков, В. М. Кореньков, А. В. Мигович

Представлено нову технологію проектування керуючих програм для контурного фрезерування на верстатах з числовим програмним керуванням (ЧПК). Технологія забезпечує стабілізацію процесу різання по всьому контуру на оптимальному рівні за рахунок управління подачею, що забезпечує підвищення продуктивності при виконанні вимог щодо обмежень. Причому ефективність застосування технології підвищується зі збільшенням складності контуру за зміною кривизни поверхні. Розроблено математичну модель взаємодії фрези із заготовкою в зоні різання при обробці контурів із змінною кривизною, яка дозволяє визначити головну характеристику процесу різання – швидкість зрізування припуску. Технологія передбачає використання керуючої програми в G-кодах, спроектованої в будь-якій САМ-системі. На першому етапі із програми витягується траєкторія формування у вигляді двовимірного цифрового масиву. На другому етапі виконується моделювання взаємодії інструменту та заготовки в зоні різання з визначенням головної характеристики процесу різання – аналога швидкості зрізування припуску. А на завершальному етапі результати моделювання використовуються для проектування нової керуючої програми, також у G-кодах, із записаним новим законом управління подачею, що забезпечує стабілізацію процесу різання по всьому шляху фрезерування. Створено програмне забезпечення для нової технології, яке автоматично перетворює задану керуючу програму в G-кодах у двовірний цифровий масив, виконує моделювання

процесу фрезерування та за його результатами проектує нову керуючу програму в G-кодах. Результати експериментального дослідження фрезерування заданого контуру за допомогою створеної програми моделювання показали підвищення продуктивності в 1,7 рази в порівнянні з вихідною управляючою програмою, що спроектована в звичайній САМ-системі.

**Ключові слова:** контурне фрезерування, верстат з ЧПК, САМ-система, керуюча програма, G-коди.

**DOI:** 10.15587/1729-4061.2022.253660

**РОЗРОБКА МОДЕЛІ ПРОЦЕСУ ФОРМОУТВОРЕННЯ КОНІЧНИХ КАЛІБРУВАЛЬНИХ ДІЛЯНОК КРУГІВ ПРИ ДВОСТОРОННЬОМУ ШЛІФУВАННІ КРУГЛИХ ТОРЦІВ (с. 62–70)**

**В. В. Кальченко, В. І. Кальченко, А. В. Кологойда, О. М. Кальченко, Д. В. Кальченко**

Проведено просторове моделювання процесу правки шліфувальних кругів з конічною калібрувальною ділянкою для забезпечення двостороннього торцевого шліфування циліндричних деталей. В промисловості розповсюджені деталі з циліндричними торцевими поверхнями, наприклад, ролики підшипників, хрестовини, поршневі пальці та інші. До точності й якості торцевих поверхонь ставлять високі вимоги. Найбільш продуктивною є одночасна їх обробка на двосторонньому торцешліфувальному верстаті. Для підвищення якості, шліфування здійснюють орієнтованими кругами. Кут повороту круга у вертикальній площині обирають з умови рівномірного розподілу припуску вздовж робочої поверхні, це дозволяє зменшити температуру в зоні різання і покращити умови обробки. Для підвищення точності на шліфувальних кругах виконують конічну калібрувальну ділянку, прямолінійна твірна якої лежить у площині, що проходить через вісь обертання круга та перпендикулярна торцю деталі. Мінімально допустима довжина калібрувальної ділянки залежить від діаметру оброблюваних деталей, і дозволяє більш ефективно використовувати робочу поверхню. Правку двох кругів здійснюють одночасно, симетрично встановленими в барабані подачі виробів, алмазними олівцями. Кут швидкості при правці чорнової ділянки круга є постійною, що забезпечує різну її розвиненість, і поступово зменшується при правці калібрувальної ділянки для забезпечення її постійної шорсткості. Загалом це підвищує ресурс шліфувальних кругів та якість обробки. Кругам надається осьове переміщення, для забезпечення прямолінійності конусної калібрувальної ділянки. Розроблений спосіб правки може використовуватись на верстатах, оснащених системою числового програмного керування та без неї. А також може застосовуватись при обробці деталей з некруглими торцями.

**Ключові слова:** двостороннє шліфування, схрещені осі, правка круга, конічна калібрувальна ділянка, алмазний олівець.

**DOI:** 10.15587/1729-4061.2022.254555

**ФОРМУВАННЯ ГЕОМЕТРИЧНОЇ ТОЧНОСТІ ТА ШОРСТКОСТІ ОТВОРІВ СВЕРДЛІННЯМ В АВІАЦІЙНИХ КОНСТРУКЦІЯХ ІЗ ПОЛІМЕРНИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ (с. 71–80)**

**К. В. Майорова, Ю. А. Воробйов, О. В. Андрєєв, Б. В. Лупкін, В. Т. Сікульський**

Предметом дослідження є показники якості, геометричної точності та шорсткості отворів в авіаційних конструкціях (АК) із полімерних композиційних матеріалів (ПКМ), отриманих свердлінням. Дослідження показників якості, геометричної точності та шорсткості отворів ПКМ виконано з використанням кінематичних схем свердління отворів та створення стружки ПКМ. Створено кінематичну схему сил різання, діючих в ПКМ при свердлінні з розподілом зон від 0° до 360°. Реалізовано експериментальні дослідження з встановлення характерних зон усадки при свердлінні ПКМ та їх значення. Використовуваними методами є аналіз показників якості отворів ПКМ, метод експертних оцінок. Отримано такі результати. Згідно аналізу та синтезу, виявлено, що при неправильному обранні геометричних параметрах свердел і роботі зі зносом свердла по задній поверхні можуть з'явитися розшарування, тріщини або відколи ПКМ. Показано, що вирішуючим фактором є комплексне оцінювання, що визначається не тільки якістю, точністю і шоркістю, а й станом отворів на вході й виході свердла. Було розроблено та виявлені особливості та характерні зони контакту при свердлінні ПКМ. Встановлено, що у межах зон роботи свердла від 0° до 90° і від 180° до 270° зменшуються сили різання і покращуються показники якості поверхні, шорсткості та геометричної точності отвору ПКМ. В зонах від 90° до 180° і від 270° до 360° – навпаки передбачається невисока якість поверхні, що оброблюється. Запропоновано розрахунок потрібних зусиль різання та розрахунок висоти шорсткості свердління отворів ПКМ з урахуванням змінання стружки під дією роботи клина. Результати експериментальних досліджень з встановлення характерних зон усадки при свердлінні ПКМ підтвердили адекватність результатів теоретичних досліджень за кінематичними схемами роботи свердла в ПКМ.

**Ключові слова:** авіаційна конструкція, полімерні композиційні матеріали, свердління, шорсткість отвору, геометрична точність, усадка отвору.

**DOI:** 10.15587/1729-4061.2022.254728

**ПОСИЛЕННЯ ТА ВІДНОВЛЕННЯ ПОШКОДЖЕНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ КОМПОЗИТНИМИ ПЛАСТИКАМИ (с. 81–86)**

**Zhanna Mukhanbetzhanova, Aliy Bespayev**

Формуються напрями розвитку методів відновлення експлуатаційної придатності залізобетонних конструкцій. Помилки проектувальників та недотримання технології бетонування монолітних залізобетонних конструкцій призводять до утворення в залізобетонних балках та плитах перекриття тріщин та прогинів неприпустимої величини, а також до недостатньої міцності елементів. Для таких конструкцій потрібне не тільки збільшення несучої здатності, але й відновлення експлуатаційної придатності пошкоджених конструкцій. Для відновлення згинальних залізобетонних конструкцій пропонується поверхневе посилення попередньо напруженими фіброармованими пластиками, що забезпечується створенням у пошкоджених елементах будівельного підйому. Фіброармовані пластики володіють високим модулем деформацій, пружним характером діаграми, підвищеною морозостійкістю, добре переносять втомні впливи, стійкі до дії хімічно активних речовин. На відміну від традиційних методів посилення, поверхневі методи посилення відрізняються високою ефективністю посилення, корозійною стійкістю, низькою трудомісткістю, короткими

термінами виконання робіт та підвищення міцності, економічною доцільністю. В результаті досліджень встановлено, що застосування фіброармованих пластиків не тільки збільшує несучу здатність залізобетонних конструкцій, але й сприяє зменшенню ширини тріщин, що утворилися. Тим самим можна уникнути збільшення перерізу конструкцій та скорочується термін виконання робіт, які могли б призвести до додаткових витрат.

**Ключові слова:** відновлення залізобетонних конструкцій, фіброармовані пластики, попередня напруга, однопрогонова залізобетонна балка.

---

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.255258

**ОТРИМАННЯ ФОРМУЛИ, ЩО ОПИСУЄ ВЗАЄМОДІЇ ДРІБНОДИСПЕРСНИХ ЧАСТИНОК З ПОТОКОМ ГАЗУ, ЩО РОЗШИРЮЄТЬСЯ, В ПСЕВДОЗРІДЖЕНОМУ ШАРІ (с. 87–97)**

**Yessenbay Alpeissov, Ruslan Iskakov, Sultanbek Issenov, Aru Ukenova**

Розглянуто взаємодію дрібнодисперсних частинок з потоком газу, що розширюється, в умовах псевдозрідження. Об'єктом дослідження служили дрібнодисперсні матеріали, їх поодинокі частинки, потік газу в псевдозрідженому шарі. У дослідженні використані закони динаміки та гідродинаміки, класичні закони механіки, а також математичні методи аналітичного вирішення рівнянь. Робиться акцент на тому, що при русі частинки вгору в струмені газу на неї діють три сили: сила опору  $F_c$ , сила тяжіння  $P$  та сила Архімеда  $A$ . В результаті описано рух дрібнодисперсної частинки в газовому потоці, що розширюється, з урахуванням закону динаміки. Під час дослідження отримано аналітичне рівняння для визначення швидкості частки під час її підйому та падіння в струмені газу. Під час дослідження отримано аналітичне рівняння знаходження висоти підйому частки залежно від витрати газу при заданих геометричних параметрах газового потоку. Отримані формули можуть бути використані під час дослідження процесу конвективного сушіння дрібнодисперсних матеріалів при різних конструктивних параметрах сушарки. Насправді, зазвичай, зустрічаються різні емпіричні формули, що описують подібні взаємодії частинок при конкретних параметрах, що утруднюють їх узагальнення. У цій роботі доведено коректність допущених умов, які необхідні для аналітичного рішення диференціального рівняння руху частинок. В результаті отримані формули, що дозволяють визначити швидкості частинки струменя газу та висоти його підйому залежно від витрати газового потоку. На підставі цих формул побудовані графічні залежності швидкості газу в струмені від висоти  $V_T=f(Z)$ , а також залежності висоти підйому частинки  $h_m$  від витрати повітря в струмені  $L$  при різних кутах розширення струменя  $\alpha=15^\circ$ ;  $\alpha=20^\circ$ ;  $\alpha=30^\circ$ . Виявлено, що при підвищенні висоти  $Z$  в струмені, що розширюється, знижується швидкість газу в струмені  $V_T$ , при підвищенні витрати повітря в струмені  $L$  збільшується висота підйому частинки  $h_m$ . Ці формули є основою при подальшому розгляді руху частинок у псевдозрідженому шарі в процесі конвективного сушіння дрібнодисперсних матеріалів для інтенсифікації процесу сушіння.

**Ключові слова:** псевдозріджений шар, конвективне сушіння, потоки газу, дрібнодисперсні частинки, сушарка, струмін газу, тепло- та масообмін.