

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.267798

CONSTRUCTIONS OF THE EXPERIMENTAL-ESTIMATION MODEL FOR RELEASING COMBUSTION PRODUCTS AT THERMAL PULSE PROCESSING (p. 6–15)**Oleg Tryfonov**National Aerospace University
«Kharkiv Aviation Institute», Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8058-8649>**Olga Shypul**National Aerospace University
«Kharkiv Aviation Institute», Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1356-5831>**Sergiy Plankovsky**O. M. Beketov National University
of Urban Economy in Kharkiv, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2908-903X>**Vadym Garin**National Aerospace University
«Kharkiv Aviation Institute», Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7788-0593>

The object of this study are ways to ensure the speed and repeatability of the valve for the release of combustion products from the thermal-pulse unit, which are the most important parameters that enable the precision of the finishing treatment with detonating gas mixtures. The study is aimed at analyzing the process of releasing combustion products in the valve of the proposed design; identification of factors that affect the speed of its opening; establishing the nature of the change in gas dynamic parameters in the combustion chamber. Experimental studies were carried out on a specialized bench simulating the operation of a valve with pressure measurement in gas cavities and controlling the movement of a movable glass of the valve with an incremental encoder. Information on the position of the movable cup is obtained in real time with a decisive ability of 3 microns. The experimental study showed that an increase in the response rate of the valve of the design under consideration to the values required for precision thermal pulse treatment (0.01 s) is possible subject to the use of compressed air. To study the flow processes of high-temperature gases during the operation of the controlled outlet valve, partially immersed in water, a numerical model has been built. A feature of the model is to take into account the real values of the friction force acting on the moving part of the valve, due to the introduction of resistance force acting on the movable glass. The magnitude of this force under the specified initial conditions is assigned from the condition of ensuring the coincidence between the estimated opening time of the valve and its average value obtained from full-scale experiments. For the range of design conditions, based on the lower limit of the working pressure of the combustion products, the water level is determined in the chamber of the thermal pulse equipment, on which the valve must be partially immersed for safe operation.

Keywords: TEM processing, managed release, numerical modeling, digital twin.

References

- Struckmann, J., Kieser, A. (2020). Thermal deburring. ATL Anlagen-technik Luhden GmbH.
- Plankovskyy, S., Popov, V., Shypul, O., Tsegelnyk, Y., Tryfonov, O., Brega, D. (2021). Advanced thermal energy method for finishing precision parts. *Advanced Machining and Finishing*, 527–575. doi: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-817452-4.00014-2>

- Zhao, B., Wei, K., Liu, C., Liu, Q.-Y. (2013). Thermal energy deburring process for parts of hydraulic mechanism in high-voltage switchgear. *Gaoya Dianqi/High Voltage Apparatus*, 49 (3), 134–138.
- Shypul, O., Myntiuk, V. (2020). Transient Thermoelastic Analysis of a Cylinder Having a Varied Coefficient of Thermal Expansion. *Periodica Polytechnica Mechanical Engineering*, 64 (4), 273–278. doi: <https://doi.org/10.3311/ppme.14733>
- Bozhko, V. P., Losev, A. V., Takorians, M. P., Pleshkov, V. I., Strizhenko, V. E., Levityansky, I. A. et al. (1989). Pat. No. US4802654A. Thermo-pulse Apparatus for Deburring Parts. No. 4802654. Available at: <https://patentimages.storage.googleapis.com/6e/6b/7f/767c65c6595210/US4802654.pdf>
- Krivtsov, V. S., Botashev, A. Yu., Maznichenko, S. A. et al. (2005). *Impul'snaya rezka goryachego metalla*. Kharkiv: Nats. aerokosm. un-t «KhAI», 476.
- Conrad, H.-J., Kaercher, J. (2002). Pat. No. EP1232822A1. Device for thermal deburring of a workpiece. No. 02003311.4; declared: 13.02.2002; published: 21.08.2002. Available at: <https://patents.google.com/patent/EP1232822A1/en>
- Plankovskoho, S. I. (Ed.) (2020). *Rozroblennia avtomatyzovanoho kompleksu dlia pretsyziynoho termoimpulsnoho obroblennia detonuvannykh hazovymy sumishamy: naukovi materialy*. Kharkiv: Nats. aerokosm. un-t im. M. Ye. Zhukovskoho «Kharkiv. aviats. in-t», 318.
- Gehrmann, C., Gunnarsson, M. (2020). A Digital Twin Based Industrial Automation and Control System Security Architecture. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 16 (1), 669–680. doi: <https://doi.org/10.1109/tii.2019.2938885>
- Kong, K.-J., Jung, S.-H., Jeong, T.-Y., Koh, D.-K. (2019). 1D-3D coupling algorithm for unsteady gas flow analysis in pipe systems. *Journal of Mechanical Science and Technology*, 33 (9), 4521–4528. doi: <https://doi.org/10.1007/s12206-019-0848-2>
- Sobieski, W., Grygo, D. (2020). Fluid flow in the impulse valve of a hydraulic ram. *Technical Sciences*, 3 (22). doi: <https://doi.org/10.31648/ts.4965>
- Zhu, F., Liu, W., Li, X., Li, Z., Yan, T. (2022). Numerical simulation of gas-liquid two-phase flow on an attitude control system. *Journal of Physics: Conference Series*, 2276 (1), 012040. doi: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2276/1/012040>
- Plankovskyy, S. I., Shypul, O. V., Zaklinskyy, S. A., Tryfonov, O. V. (2018). Dynamic method of gas mixtures creation for plasma technologies. *Problems of Atomic Science and Technology*, 118 (6), 189–193. Available at: https://vant.kipt.kharkov.ua/ARTICLE/VANT_2018_6/article_2018_6_189.pdf
- Philipbar, B. M., Waters, J., Carrington, D. B. (2020). A finite element Menter Shear Stress turbulence transport model. *Numerical Heat Transfer, Part A: Applications*, 77 (12), 981–997. doi: <https://doi.org/10.1080/10407782.2020.1746155>
- Raje, P., Sinha, K. (2021). Formulation of advanced SST turbulence model for shock-boundary layer interaction. *AIAA AVIATION 2021 FORUM*. doi: <https://doi.org/10.2514/6.2021-2841>
- Ansys, Inc. (2020). *ANSYS CFX-Solver Theory Guide Release 2020-R1*. ANSYS, Inc., Canonsburg, PA, USA.

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.267032

EXPERIMENTAL INVESTIGATION AND MODELLING OF RESIDUAL STRESSES IN FACE MILLING OF Al-6061-T3 USING NEURAL NETWORK (P. 16–24)**Basma L. Mahdi**Al-Khwarizmi College of Engineering, University of Baghdad,
Al-Jadriya Bridge, Baghdad, Iraq
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0461-2106>

Huda H. Dalef

Al-Khwarizmi College of Engineering, University of Baghdad,
Al-Jadriya Bridge, Baghdad, Iraq
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4825-5187>

Hiba K. Hussein

Al-Khwarizmi College of Engineering, University of Baghdad,
Al-Jadriya Bridge, Baghdad, Iraq
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6389-9696>

Milling process is a common machining operation that is used in the manufacturing of complex surfaces. Machining-induced residual stresses (RS) have a great impact on the performance of machined components and the surface quality in face milling operations with parameter cutting. The properties of engineering material as well as structural components, specifically fatigue life, deformation, impact resistance, corrosion resistance, and brittle fracture, can all be significantly influenced by residual stresses. Accordingly, controlling the distribution of residual stresses is indeed important to protect the piece and avoid failure. Most of the previous works inspected the material properties, tool parameters, or cutting parameters, but few of them provided the distribution of RS in a direct and singular way. This work focuses on studying and optimizing the effect of cutting speed, feed rate, and depth of cut for 6061-T3 aluminum alloy on the RS of the surface. The optimum values of geometry parameters have been found by using the L27 orthogonal array. Analysis and simulation of RS by using an artificial neural network (ANN) were carried out to predict the RS behavior due to changing machining process parameters. Using ANN to predict the behavior of RS due to changing machining process parameters is presented as a promising method. The milling process produces more RS at high cutting speed, roughly intermediate feed rate, and deeper cut, according to the results. The best residual stress obtained from ANN is -135.204 N/mm^2 at a cutting depth of 5 mm, feed rate of 0.25 mm/rev and cutting speed of 1,000 rpm. ANN can be considered a powerful tool for estimating residual stress.

Keywords: face milling, X-ray diffraction (XRD), residual stress (RS), aluminum alloy (AA 6061-T3), artificial neural network (ANN).

References

- Treuting, R. G., Read, W. T. (1951). A Mechanical Determination of Biaxial Residual Stress in Sheet Materials. *Journal of Applied Physics*, 22 (2), 130–134. doi: <https://doi.org/10.1063/1.1699913>
- Lucca, D. A., Brinksmeier, E., Goch, G. (1998). Progress in Assessing Surface and Subsurface Integrity. *CIRP Annals*, 47 (2), 669–693. doi: [https://doi.org/10.1016/S0007-8506\(07\)63248-X](https://doi.org/10.1016/S0007-8506(07)63248-X)
- Tang, Z. T., Liu, Z. Q., Pan, Y. Z., Wan, Y., Ai, X. (2009). The influence of tool flank wear on residual stresses induced by milling aluminum alloy. *Journal of Materials Processing Technology*, 209 (9), 4502–4508. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2008.10.034>
- Masmiahi, N., Sarhan, A. A. D., Hassan, M. A. N., Hamdi, M. (2016). Optimization of cutting conditions for minimum residual stress, cutting force and surface roughness in end milling of S50C medium carbon steel. *Measurement*, 86, 253–265. doi: <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2016.02.049>
- Wu, Q., Li, D.-P., Zhang, Y.-D. (2016). Detecting Milling Deformation in 7075 Aluminum Alloy Aeronautical Monolithic Components Using the Quasi-Symmetric Machining Method. *Metals*, 6 (4), 80. doi: <https://doi.org/10.3390/met6040080>
- Hlembotska, L., Melnychuk, P., Balytska, N., Melnyk, O. (2018). Modelling the loading of the nose-free cutting edges of face mill with a spiral-stepped arrangement of inserts. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (1 (91)), 46–54. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.121712>
- Huang, X., Sun, J., Li, J. (2015). Experimental investigation of the effect of tool geometry on residual stresses in high speed milling 7050-T7451 aluminium alloy. *International Journal of Surface Science and Engineering*, 9 (4), 359. doi: <https://doi.org/10.1504/ijsurfse.2015.070813>
- Mia, M., Bashir, M. A., Khan, M. A., Dhar, N. R. (2016). Optimization of MQL flow rate for minimum cutting force and surface roughness in end milling of hardened steel (HRC 40). *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 89 (1-4), 675–690. doi: <https://doi.org/10.1007/s00170-016-9080-8>
- Mumali, F. (2022). Artificial neural network-based decision support systems in manufacturing processes: A systematic literature review. *Computers & Industrial Engineering*, 165, 107964. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cie.2022.107964>
- Faizin, A., I Made Londen, B., Pramono, A. S., Wahjudi, A. (2021). Determination of the effect of thickness reduction ratio, die angle, and coefficient of friction on residual stresses in ironing process: an analysis using computer simulation. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (1 (113)), 70–78. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.243245>
- Yao, C., Dou, X., Wu, D., Zhou, Z., Zhang, J. (2016). Surface integrity and fatigue analysis of shot-peening for 7055 aluminum alloy under different high-speed milling conditions. *Advances in Mechanical Engineering*, 8 (10), 168781401667462. doi: <https://doi.org/10.1177/1687814016674628>
- Jiang, X., Zhang, Z., Ding, Z., Fergani, O., Liang, S. Y. (2017). Tool overlap effect on redistributed residual stress and shape distortion produced by the machining of thin-walled aluminum parts. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 93 (5-8), 2227–2242. doi: <https://doi.org/10.1007/s00170-017-0693-3>
- Ji, C., Sun, S., Lin, B., Fei, J. (2018). Effect of cutting parameters on the residual stress distribution generated by pocket milling of 2219 aluminum alloy. *Advances in Mechanical Engineering*, 10 (12), 168781401881305. doi: <https://doi.org/10.1177/1687814018813055>
- Perez, I., Madariaga, A., Cuesta, M., Garay, A., Arrazola, P. J., Ruiz, J. J. et al. (2018). Effect of cutting speed on the surface integrity of face milled 7050-T7451 aluminium workpieces. *Procedia CIRP*, 71, 460–465. doi: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2018.05.034>
- Mohammadpour, M., Razfar, M. R., Jalili Saffar, R. (2010). Numerical investigating the effect of machining parameters on residual stresses in orthogonal cutting. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 18 (3), 378–389. doi: <https://doi.org/10.1016/j.simpat.2009.12.004>
- Schajer, G. S. (1981). Application of Finite Element Calculations to Residual Stress Measurements. *Journal of Engineering Materials and Technology*, 103 (2), 157–163. doi: <https://doi.org/10.1115/1.3224988>
- Afazov, S. M., Becker, A. A., Hyde, T. H. (2012). Mathematical Modeling and Implementation of Residual Stress Mapping From Microscale to Macroscale Finite Element Models. *Journal of Manufacturing Science and Engineering*, 134 (2). doi: <https://doi.org/10.1115/1.4006090>
- Fuh, K.-H., Wu, C.-F. (1995). A residual-stress model for the milling of aluminum alloy (2014-T6). *Journal of Materials Processing Technology*, 51 (1-4), 87–105. doi: [https://doi.org/10.1016/0924-0136\(94\)01355-5](https://doi.org/10.1016/0924-0136(94)01355-5)
- Zhou, R., Yang, W. (2019). Analytical modeling of machining-induced residual stresses in milling of complex surface. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 105 (1-4), 565–577. doi: <https://doi.org/10.1007/s00170-019-04219-7>
- Huang, X., Sun, J., Li, J., Han, X., Xiong, Q. (2013). An Experimental Investigation of Residual Stresses in High-Speed End Milling 7050-T7451 Aluminum Alloy. *Advances in Mechanical Engineering*, 5, 592659. doi: <https://doi.org/10.1155/2013/592659>

21. El-Axir, M. H. (2002). A method of modeling residual stress distribution in turning for different materials. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 42 (9), 1055–1063. doi: [https://doi.org/10.1016/s0890-6955\(02\)00031-7](https://doi.org/10.1016/s0890-6955(02)00031-7)
22. Cheng, M., Jiao, L., Yan, P., Feng, L., Qiu, T., Wang, X., Zhang, B. (2021). Prediction of surface residual stress in end milling with Gaussian process regression. *Measurement*, 178, 109333. doi: <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2021.109333>
23. Davis, J. R. (2001). *Aluminum and Aluminum Alloys*. ASM International. Available at: <https://materialsdata.nist.gov/bitstream/handle/11115/173/Aluminum%20and%20Aluminum%20Alloys%20Davis.pdf>
24. Standard test methods for tension testing wrought and cast aluminum- and magnesium-alloy products (Metric) (2015). ASTM International.
25. Baden, A. S. (2017). Prediction the effect of milling parameters upon the residual stresses through using taghuchi method. *Iraqi journal of mechanical and material engineering*, 17 (2), 211–222. Available at: <https://www.iasj.net/iasj/download/bdfade35166a8370>
26. Muñoz-Escalona, P., Maropoulos, P. G. (2015). A geometrical model for surface roughness prediction when face milling Al 7075-T7351 with square insert tools. *Journal of Manufacturing Systems*, 36, 216–223. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2014.06.011>
27. Sova, O., Shyshatskyi, A., Zhuravskiy, Y., Salnikova, O., Zubov, O., Zhyvotovskiy, R. et al. (2020). Development of a methodology for training artificial neural networks for intelligent decision support systems. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (4 (104)), 6–14. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.199469>
28. Silva, D. P., Bastos, I. N., Fonseca, M. C. (2020). Influence of surface quality on residual stress of API 5L X80 steel submitted to static load and its prediction by artificial neural networks. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 108 (11-12), 3753–3764. doi: <https://doi.org/10.1007/s00170-020-05621-2>
29. Nouioua, M., Laouissi, A., Yaltese, M. A., Khettabi, R., Belhadi, S. (2021). Multi-response optimization using artificial neural network-based GWO algorithm for high machining performance with minimum quantity lubrication. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 116 (11-12), 3765–3778. doi: <https://doi.org/10.1007/s00170-021-07745-5>
30. Jebaraj, M., Pradeep Kumar, M., Yuvaraj, N., Mujibar Rahman, G. (2019). Experimental study of the influence of the process parameters in the milling of Al6082-T6 alloy. *Materials and Manufacturing Processes*, 34 (12), 1411–1427. doi: <https://doi.org/10.1080/10426914.2019.1594271>
31. Reimer, A., Luo, X. (2018). Prediction of residual stress in precision milling of AISI H13 steel. *Procedia CIRP*, 71, 329–334. doi: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2018.05.036>

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.269703
REVEALING THE INFLUENCE OF STRUCTURAL AND OPERATIONAL PARAMETERS OF A WOODEN HYDROSTATIC BEARING ON ITS PERFORMANCE (p. 25–32)

Vladimir Nazin

National Aerospace University

«Kharkiv Aviation Institute», Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7872-5429>

Wooden bearings, lubricated with water and other low-viscosity lubricants, have been used for centuries. In steamship engines, turbines of hydroelectric power plants and propellers of submarines, it is proposed to use wooden hydrostatic bearings, which are guaranteed to provide liquid friction and have high reliability.

The object of this study is hydrostatic and thermal processes in sliding supports with wooden hydrostatic bearings. The influence of the design and operational parameters of a wooden hydrostatic bearing on its performance was tackled. Theoretical dependences are given, making it possible to determine the bearing capacity and temperature increase in the hydrostatic bearing. Quantitative values of specific pressures on the working surface of the bearing and an increase in the temperature of the working fluid due to friction and pumping losses were established.

It was found that the specific pressures of the liquid do not exceed the tensile strength of the bearing material. The reduction in load capacity due to an increase in the temperature of the working fluid was 10.95 %, owing to the small change in the temperature of the working fluid in hydrostatic bearings. The results of the study make it possible to establish the permissible boundaries for the purpose of the design and operational parameters of the hydrostatic bearing ensuring its operability.

For the effective use of hydrostatic wooden bearings at the listed facilities, it is necessary to have a system for supplying lubricant to the bearing under high pressure. The system should include filters to clean the lubricant from impurities. The theoretical dependences built allow designers of hydrostatic bearings to use them in practical calculations.

Keywords: wooden bearing, specific pressure, thermal regime, bearing capacity, operational parameters.

References

1. Chandra, P. N., Reddy, P. P. S., Vinayak, K., Shukla, S. R., Rao, A. K. P. (2022). Wear of Wooden Journal Bearings. *Biotribology*, 29, 100205. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biotri.2021.100205>
2. Wetz, V. (2006). Entwicklung der Brückenlager – Geschichtlicher Überblick. *Bautechnik*, 83 (10), 721–732. doi: <https://doi.org/10.1002/bate.200610063>
3. Masaki, N., Takeuchi, S., Hirata, H. (2003). Dynamic Characteristics of a Sliding Bearing Using Lubricant Material for Base Isolation of Light Structures. *Seismic Engineering*. doi: <https://doi.org/10.1115/pvp2003-2101>
4. Shamaev, V. A., Parinov, D. A., Polilov, A. N. (2018). Study of the Plain Bearings of Modified Wood for Heavy-Loaded Friction Assemblies. *Journal of Machinery Manufacture and Reliability*, 47 (2), 168–172. doi: <https://doi.org/10.3103/s1052618818020115>
5. Anikeyeva, M. V., Vrublevskaia, V. I. (2020). Antifrictional Characteristics of Sliding Bearings from Modified Pressed Wood. *Journal of Friction and Wear*, 41 (5), 453–458. doi: <https://doi.org/10.3103/s1068366620050025>
6. Tsubata, S., Sakai, S., Tanaka, S., Morita, T., Nishiya, T., Yamano, K., Kanayama, K. (2022). Influence of Thermal Softening of Wood on the Fundamental Performance of Drift Pin Joints I. *Mokuzai Gakkaishi*, 68 (1), 8–16. doi: <https://doi.org/10.2488/jwrs.68.8>
7. Stoyanov, V. V., Zhgalli, S. (2016). Load Bearing Capacity of Wooden Bending Elements. *Bulletin of Higher Educational Institutions. Lesnoi Zhurnal (Forestry Journal)*, 1, 115–121. doi: <https://doi.org/10.17238/issn0536-1036.2016.1.115>
8. Sathre, R., Gorman, T. (2005). Improving the performance of wooden journal bearings. *Forest Products Journal*, 55 (11), 41–47. Available at: https://rogersathre.com/Sathre&Gorman_2005_wooden_bearings.pdf
9. Dong, C., Yang, Y., Yuan, C., Bai, X., Guo, Z. (2022). Effects of anisotropy of lignum vitae wood on its tribological performances. *Composites Part B: Engineering*, 228, 109426. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2021.109426>
10. Kim, S. S., Yu, H. N., Hwang, I. U., Lee, D. G. (2008). Characteristics of wood-polymer composite for journal bearing materials. *Composite*

Structures, 86 (1-3), 279–284. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2008.03.011>

11. Chi, K., Kang, J., Zhang, X., Xiao, S., Die, X. (2019). Experimental application of stochastic resonance based on Wood-Saxon potential on fault diagnosis of bearing and planetary gearbox. *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering*, 41 (11). doi: <https://doi.org/10.1007/s40430-019-1999-x>
12. Wu, Z., Guo, Z., Yuan, C. (2022). Insight into the influence of the anatomical properties of wood on the tribological properties. *Journal of Cleaner Production*, 330, 129800. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129800>
13. Emtsev, B. T. (1978). *Tekhnicheskaya gidromekhanika*. Moscow: Mashinostroeniye, 463.
14. Uskov, M. S., Maksimov, V. A. (1985). *Gidrodinamicheskaya teoriya smazki*. Moscow: Nauka, 147.
15. Tipey, N., Konstantinesku, V. N., Nika, A., Bitse, O. (1964). *Podshipniki skol'zheniya (raschet, proektirovaniye, smazka)*. Buharest, 457.
16. Bogdanov, O. N., D'yachenko, S. K. (1966). *Raschet opor skol'zheniya*. Kyiv: Tekhnika, 242.

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.267037

DESIGN OF A SHELF PNEUMATIC CLASSIFIER FOR SEPARATING A POLYDISPERSE MIXTURE OF GRANULATED SUPERPHOSPHATE (p. 33–42)

Mykola Yukhymenko

Sumy State University, Sumy, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1405-1269>

Ruslan Ostroha

Sumy State University, Sumy, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0045-3416>

Jozef Bocko

Technical University of Kosice, Kosice, Slovakia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3158-3507>

The object of this study is a polydisperse mixture of granular superphosphate. It is emphasized that existing technologies of granulation and processing of granules lead to the formation of dusty fractions of small particles. The content of small fractions in the finished product should be minimal and, in connection with this problem, the task is to remove small particles from the mixture. The purpose of the current experimental study is to classify a polydisperse mixture of granular superphosphate in a pneumatic classifier. The device includes an inclined perforated shelf with an unloading space between its end and the wall of the apparatus. It has been experimentally revealed that the maximum efficiency of extraction into the entrainment of small particles is achieved with a width of the discharge space equal to 0.5 of the length of the cross-sectional side of the apparatus; the degree of perforation of the shelf is 5%; the angle of inclination of the shelf is 25–30°; the speed of the gas flow in the free section of the apparatus is 3.7 m/s. It is shown that the degree of extraction into the entrainment of a small fraction less than 1 mm in size reaches 70–75%, the content of the small fraction in the carry-over is 96–98%, and the large fraction is less than 5%. By processing experimental data, an empirical equation was built that makes it possible to determine the concentration of particles in the gas stream for individual fractions of the material. It is shown that due to the implementation of an active aerodynamic weighing mode, the shelf pneumatic classifier works at specific loads for air flow rate less than the typical designs of fluidized bed separators. It is noted that the effective operation of the shelf pneumatic classifier in the production of granular mineral fertilizers is ensured at a productivity of no more than 10–12 t/h. With greater productivity, there is a need to install several devices in the technological line.

Keywords: granular fertilizers, pneumatic classifier, energy consumption, energy efficiency, fine fraction, carryover, energy saving.

References

1. Giroto, A. S., do Valle, S. F., Guimarães, G. G. F., Molina, A., Reis, H. P. G., Fernandes, D. M. et al. (2020). Tailoring Efficient Materials for NPK All-in-One Granular Fertilization. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 59 (41), 18387–18395. doi: <https://doi.org/10.1021/acs.iecr.0c02985>
2. Sherkuziev, D. (2021). Simple superphosphate by two-stage acid treatment of phosphate raw materials. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 939 (1), 012057. doi: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/939/1/012057>
3. Fazullin, R. K., Khalitov, R. A., Khuziahmetov, R. K., Matuhin, E. L., Fazullina, A. A. (2020). Granular nitrogen and nitrogen-potassium fertilizers containing sulfur from the spent acid mixture of nitrocellulose production. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 862 (6), 062034. doi: <https://doi.org/10.1088/1757-899x/862/6/062034>
4. Erro, J., Urrutia, O., Baigorri, R., Fuentes, M., Zamarreño, A. M., Garcia-Mina, J. M. (2016). Incorporation of humic-derived active molecules into compound NPK granulated fertilizers: main technical difficulties and potential solutions. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 3 (1). doi: <https://doi.org/10.1186/s40538-016-0071-7>
5. Otwinowski, H., Krzywanski, J., Urbaniak, D., Wylecial, T., Sosnowski, M. (2021). Comprehensive Knowledge-Driven AI System for Air Classification Process. *Materials*, 15 (1), 45. doi: <https://doi.org/10.3390/ma15010045>
6. Yu, Y., Wang, L., Liu, J. (2022). Analysis of numerical simulation models for the turbo air classifier. *Materialwissenschaft Und Werkstofftechnik*, 53 (5), 644–657. doi: <https://doi.org/10.1002/mawe.202100130>
7. Jia, F., Mou, X., Fang, Y., Chen, C. (2021). A New Rotor-Type Dynamic Classifier: Structural Optimization and Industrial Applications. *Processes*, 9 (6), 1033. doi: <https://doi.org/10.3390/pr9061033>
8. He, Y., Duan, C., Wang, H., Zhao, Y., Tao, D. (2010). Separation of metal laden waste using pulsating air dry material separator. *International Journal of Environmental Science & Technology*, 8 (1), 73–82. doi: <https://doi.org/10.1007/bf03326197>
9. Pavlenko, I. V., Yukhymenko, M. P., Lytvynenko, A. V., Bocko, J. (2019). Solving the Nonstationary Problem of the Disperse Phase Concentration during the Pneumoclassification Process of Mechanical Mixtures. *Journal of Engineering Sciences*, 6 (1), F1–F5. doi: [https://doi.org/10.21272/jes.2019.6\(1\).f1](https://doi.org/10.21272/jes.2019.6(1).f1)
10. Banjac, V., Pezo, L., Pezo, M., Vukmirović, Đ., Čolović, D., Fišteš, A., Čolović, R. (2017). Optimization of the classification process in the zigzag air classifier for obtaining a high protein sunflower meal – Chemometric and CFD approach. *Advanced Powder Technology*, 28 (3), 1069–1078. doi: <https://doi.org/10.1016/j.apt.2017.01.013>
11. Mann, H., Roloff, C., Hagemeyer, T., Thévenin, D., Tomas, J. (2017). Model-based experimental data evaluation of separation efficiency of multistage coarse particle classification in a zigzag apparatus. *Powder Technology*, 313, 145–160. doi: <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2017.03.003>
12. Yukhymenko, M., Ostroha, R., Litvinenko, A., Bocko, J. (2017). Estimation of gas flow dustiness in the main pipelines of booster compressor stations. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 233, 012026. doi: <https://doi.org/10.1088/1757-899x/233/1/012026>
13. Shapiro, M., Galperin, V. (2005). Air classification of solid particles: a review. *Chemical Engineering and Processing: Process*

- Intensification, 44 (2), 279–285. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cep.2004.02.022>
14. Liu, Z., Xie, Y., Wang, Y., Yu, J., Gao, S., Xu, G. (2012). Tandem fluidized bed elutriator – Pneumatic classification of coal particles in a fluidized conveyor. *Particology*, 10 (5), 600–606. doi: <https://doi.org/10.1016/j.partic.2012.03.005>
 15. Zhou, E., Shan, Y., Li, L., Shen, F., Byambajav, E., Zhang, B., Shi, C. (2021). Study on the Fluidization Quality Characterization Method and Process Intensification of Fine Coal Separation in a Vibrated Dense Medium Fluidized Bed. *ACS Omega*, 6 (22), 14268–14277. doi: <https://doi.org/10.1021/acsomega.1c01034>
 16. Aziz, M. A. A., Isa, K. Md., Miles, N. J., Rashid, R. A. (2018). Pneumatic jig: effect of airflow, time and pulse rates on solid particle separation. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 16 (1), 11–22. doi: <https://doi.org/10.1007/s13762-018-1648-4>
 17. Ambrós, W. M., Sampaio, C. H., Cazacliu, B. G., Conceição, P. N., dos Reis, G. S. (2019). Some observations on the influence of particle size and size distribution on stratification in pneumatic jigs. *Powder Technology*, 342, 594–606. doi: <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2018.10.029>
 18. Ambrós, W. M. (2020). Jigging: A Review of Fundamentals and Future Directions. *Minerals*, 10 (11), 998. doi: <https://doi.org/10.3390/min10110998>
 19. Varukha, D. A., Smirnov, V. A., Edl, M., Demianenko, M. M., Yukhymenko, M. P., Pavlenko, I. V., Liaposhchenko, O. O. (2018). Modeling of Separation and Air Classification Processes of Aerodisperse Systems in the Shelving Device. *Journal of Engineering Sciences*, 5 (1), F5–F9. doi: [https://doi.org/10.21272/jes.2018.5\(1\).f2](https://doi.org/10.21272/jes.2018.5(1).f2)
 20. Yukhymenko, M., Artyukhov, A., Ostroha, R., Artyukhova, N., Krmeľa, J., Bocko, J. (2021). Multistage Shelf Devices with Fluidized Bed for Heat-Mass Transfer Processes: Experimental Studies and Practical Implementation. *Applied Sciences*, 11 (3), 1159. doi: <https://doi.org/10.3390/app11031159>
 21. Ostroha, R., Yukhymenko, M., Yakushko, S., Artyukhov, A. (2017). Investigation of the kinetic laws affecting the organic suspension granulation in the fluidized bed. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (1 (88)), 4–10. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.107169>
 22. Yukhymenko, M., Ostroha, R., Lytvynenko, A., Mikhajlovskiy, Y., Bocko, J. (2020). Cooling Process Intensification for Granular Mineral Fertilizers in a Multistage Fluidized Bed Device. *Lecture Notes in Mechanical Engineering*, 249–257. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-50491-5_24
 23. Leva, M. (1951). Elutriation of Fines from Fluidized Systems. *Chem. Eng. Prog.*, 47 (1), 39–45.
 24. Osberg, G. L., Charlesworth, D. H. (1951). Elutriation in a Fluidized Bed. *Chem. Eng. Prog.*, 47 (11), 566–570.
 25. Kunii, D., Levenspiel, O. (1969). Entrapment and elutriation from fluidized beds. *Journal of Chemical Engineering of Japan*, 2 (1), 84–88. doi: <https://doi.org/10.1252/jcej.2.84>
 26. Davidson, J. F., Harrison, D. (Eds.) (1985). *Fluidization*. Academic Press, 733.
 27. Pemberton, S. T., Davidson, J. F. (1986). Elutriation from fluidized beds – I. Particle ejection from the dense phase into the freeboard. *Chemical Engineering Science*, 41 (2), 243–251. doi: [https://doi.org/10.1016/0009-2509\(86\)87005-1](https://doi.org/10.1016/0009-2509(86)87005-1)
 28. Pemberton, S. T., Davidson, J. F. (1986). Elutriation from fluidized beds – II. Disengagement of particles from gas in the freeboard. *Chemical Engineering Science*, 41 (2), 253–262. doi: [https://doi.org/10.1016/0009-2509\(86\)87006-3](https://doi.org/10.1016/0009-2509(86)87006-3)
 29. Liu, Y.-D., Kimura, S. (1993). Fluidization and entrainment of difficult-to-fluidize fine powdermixed with easy-to-fluidize large particles. *Powder Technology*, 75 (2), 189–196. doi: [https://doi.org/10.1016/0032-5910\(93\)80081-k](https://doi.org/10.1016/0032-5910(93)80081-k)
 30. Rodríguez, J. M., Sánchez, J. R., Alvaro, A., Florea, D. F., Estévez, A. M. (2000). Fluidization and elutriation of iron oxide particles. A study of attrition and agglomeration processes in fluidized beds. *Powder Technology*, 111 (3), 218–230. doi: [https://doi.org/10.1016/s0032-5910\(99\)00292-2](https://doi.org/10.1016/s0032-5910(99)00292-2)
 31. Monazam, E. R., Breault, R. W., Weber, J., Layfield, K. (2017). Elutriation of fines from binary particle mixtures in bubbling fluidized bed cold model. *Powder Technology*, 305, 340–346. doi: <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2016.09.046>
 32. Zenz, F. A., Weil, N. A. (1958). A theoretical-empirical approach to the mechanism of particle entrainment from fluidized beds. *AIChE Journal*, 4 (4), 472–479. doi: <https://doi.org/10.1002/aic.690040417>
 33. Fournol, A. B., Bergougnou, M. A., Baker, C. G. J. (1973). Solids entrainment in a large gas fluidized bed. *The Canadian Journal of Chemical Engineering*, 51 (4), 401–404. doi: <https://doi.org/10.1002/cjce.5450510402>
 34. Malewski, J. (2017). On accuracy of sieve analysis. In *Proceedings of the Annual Conference on Aggregates KruszMin'17*. Wrocław, 103–111.
 35. *Sieve analysis. Taking a Close Look at Quality* (2009). Retsch GmbH Haan: Haan, 52.
 36. Green, D. W., Southard, M. Z. (2019). *Perry's Chemical Engineers' Handbook*. McGraw Hill Professional.
 37. Hartnett, J. P. (Ed.) (1968). *Analytical Heat Diffusion Theory*. Academic Press. doi: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-459756-3.x5001-9>
 38. Yukhimenko, N., Vakal, S. (2016). The exergy analysis of energy efficiency of the technology of granulated phosphorus-potassium fertilizers. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (6 (83)), 4–10. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.77182>

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.269964
DEVELOPMENT OF SAFETY METHODS ON
ARTIFICIAL STRUCTURES OF RAILWAY
LINES (p. 43–52)

Assem Akbayeva

Academy of Logistics and Transport, Almaty, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0446-6003>

Gulzhan Muratbekova

Academy of Logistics and Transport, Almaty, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4733-2822>

Zhanar Altayeva

Academy of Logistics and Transport, Almaty, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1027-9159>

Ivan Bondar

Academy of Logistics and Transport, Almaty, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7376-5643>

Serik Abibullayev

Academy of Logistics and Transport, Almaty, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6367-0816>

Saule Bekzhanova

Satbayev University, Almaty, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6272-9567>

Mikhail Kvashnin

Academy of Logistics and Transport, Almaty, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3969-9299>

The numerous cases of deformation of technogenic objects in the transport industry under increasing axial loads and speeds of motion aggravate the need to solve the problems of early recognition of the nature and causes of deformations of structural elements. The need for this is due to the fact that destructions and accidents, resulting from deformation processes, cause enormous economic, social and environmental damage, incomparable with the funds spent on protective measures.

The object of the study in the article is a railway trestle, consisting of two spans of a ribbed reinforced concrete beam. Determination of the residual resource in terms of bearing capacity and load-carrying capacity of the railway trestle is the main task. The authors have obtained bending deformations (stresses), frequencies of natural vibrations and operating modes of structures of railway trestle spans. The damage degree of the railway overpass spans structures may also be judged by the deviation of the calculated values of the amplitude-phase-frequency characteristics (AFFR) from the standard values. The peculiarity of this research is the fact, that the natural frequencies of railway overpass vibrations are determined either by «tails» of experimental vibrograms (oscillograms) after the load release from the span structure. During the express-diagnostics of railway overpasses, the relative deformations (stresses) of girder spans in the middle of the span, the first frequency (period) of natural vibrations of girder reinforced concrete spans of railway overpasses are used as parameters characterizing the technical condition of the spans. The results of tests and examinations of overpasses to ensure their safe operation have been given.

Keywords: traffic safety, roadway, bending deformation, natural frequencies, vibration forms, vibrodiagnostics.

References

- Capozucca, R., Magagnini, E. (2020). RC beam models damaged and strengthened with GFRP strips under bending loading and free vibration. *Composite Structures*, 253, 112730. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2020.112730>
- Lim, T., Park, H. W. (2022). Investigating the modal behaviors of a beam with a transverse crack on a high-frequency bending node. *International Journal of Mechanical Sciences*, 221, 107217. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijmecsci.2022.107217>
- Cicmancová, S. (2013). Safety of Railway System. *Perner's Contacts*, 8 (2), 27–32. Available at: <https://pernerscontacts.upce.cz/index.php/perner/article/view/728>
- Solonenko, V., Makhmetova, N., Musayev, J., Bekzhanova, S., Kvashnin, M. (2019). Stresses in elements of metal railway bridges under the action of the crew. *NEWS of National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan*, 2 (434), 159–165. doi: <https://doi.org/10.32014/2019.2518-170x.50>
- Solonenko, V. G., Makhmetova, N. M., Nikolaev, V. A., Kvashnin, M. Ya., Bekzhanova, S. E., Bondar, I. S., Mirzabaev, S. A. (2020). Analysis of the stress-strain state of travel pipes with the use of hardware and software complex. *NEWS of National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan*, 1 (439), 181–188. doi: <https://doi.org/10.32014/2020.2518-170x.22>
- Abdullayev, S. S., Bakyt, G. B., Aikumbekov, M. N., Bondar, I. S., Auyesbayev, Y. T. (2021). Determination of natural modes of railway overpasses. *Journal of Applied Research and Technology*, 19 (1), 1–10. doi: <https://doi.org/10.22201/icat.24486736e.2021.19.1.1487>
- Kosenko, S. A., Bondar, I. S., Kvashnin, M. Y., Chekmareva, G. I. (2022). Ensuring the Passage of Freight Trains with Increased Axle Loads on Railway Bridges. *Transportation Research Procedia*, 61, 627–635. doi: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2022.01.101>
- Schneider, S., Marx, S. (2018). Design of railway bridges for dynamic loads due to high-speed traffic. *Engineering Structures*, 174, 396–406. doi: <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2018.07.030>
- Bondar, I., Kvashnin, M., Aldekeyeva, D., Bekzhanova, S., Izbairova, A., Akbayeva, A. (2022). Influence of the deformed state of a road bridge on operational safety. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (7 (116)), 29–34. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.255275>
- O'Brien, E. J., Lipari, A., Caprani, C. C. (2015). Micro-simulation of single-lane traffic to identify critical loading conditions for long-span bridges. *Engineering Structures*, 94, 137–148. doi: <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2015.02.019>
- Yang, Y.-B., Lin, B.-H. (1995). Vehicle-Bridge Interaction Analysis by Dynamic Condensation Method. *Journal of Structural Engineering*, 121 (11), 1636–1643. doi: [https://doi.org/10.1061/\(asce\)0733-9445\(1995\)121:11\(1636\)](https://doi.org/10.1061/(asce)0733-9445(1995)121:11(1636))
- Apandi, N., Ma, C.-K., Awang, A. Z., Omar, W. (2021). Structural behaviour of pre-damaged RC columns immediate repaired employing pre-tensioned steel straps. *Structures*, 34, 964–978. doi: <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2021.08.039>
- Pap, Z. B., Kollár, L. P. (2021). The dynamic response of infinitely long constrained bars and its application for modelling SSI. *Structures*, 34, 875–885. doi: <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2021.07.082>
- Li, S., Lu, W., Sun, H., Luan, Y. (2021). Experimental and numerical research on fabricated joint for CFST set in underground construction. *Structures*, 34, 1291–1299. doi: <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2021.08.075>
- Zhu, Z., Quiel, S. E., Khorasani, N. E. (2023). Bivariate structural-fire fragility curves for simple-span overpass bridges with composite steel plate girders. *Structural Safety*, 100, 102294. doi: <https://doi.org/10.1016/j.strusafe.2022.102294>
- Han, H., Liu, L., Cao, D. (2020). Dynamic modeling for rotating composite Timoshenko beam and analysis on its bending-torsion coupled vibration. *Applied Mathematical Modelling*, 78, 773–791. doi: <https://doi.org/10.1016/j.apm.2019.09.056>
- Hadj-Mabrouk, H. (2019). Contribution of artificial intelligence and machine learning to the assessment of the safety of critical software used in railway transport. *AIMS Electronics and Electrical Engineering*, 3 (1), 33–70. doi: <https://doi.org/10.3934/electreng.2019.1.33>
- Moreno Delgado, R., dos Santos R.C., S. M. (1997). Modelling of railway bridge-vehicle interaction on high speed tracks. *Computers & Structures*, 63 (3), 511–523. doi: [https://doi.org/10.1016/s0045-7949\(96\)00360-4](https://doi.org/10.1016/s0045-7949(96)00360-4)

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.269138
THEORETICAL SUBSTANTIATION OF THE
CONDITIONS FOR CAPTURE OF FIBER BY THE
WORKING DRUM BY THE KNIFE IN ROLLER
GINS (p. 53–61)

Fazil Veliev

Azerbaijan State University
of Economics (UNEC), Baku, Azerbaijan
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2607-2091>

Roller ginning provides 2–3 times less mechanical damage to cotton fiber than saw ginning. In recent years, these positive moments have predetermined attempts to gin medium-fiber cotton on roller gins. However, the low productivity of roller gins compared to saw gins does not yet allow for a complete transition to this process.

To design high-efficiency roller gins, it is necessary to deeply study the mechanics of the basic processes of interaction of raw cotton with the working organs of the gin. It is necessary to determine the reserves for improving the efficiency of the process of capturing and tightening the fiber behind the knife, to investigate the mechanics of the process of rebounding seeds, and to find new solutions to reduce their damage.

As a result of the research reported here, a mathematical model of the roller ginning process has been built, which makes it possible to determine the impact of technological and structural parameters of the roller gin on the efficiency of the process. This allows for the reasonable application of a variable periodic friction field between the knife and working drum.

When studying the kinematics of the interaction of the surface of the working drum with the knife, dependences were established to accelerate the points of the surface of the working drum before it enters behind the knife, making it possible to determine the forces acting on the fiber when it is captured by the micro-irregularities of the drum.

In the study of the process of tightening the fiber with a pair of working drum-fixed knife, the conditions for ginning the flyer fibers and the dependence of productivity on the average pressure in the contact of the knife with the drum were determined. The study of the influence of the rigid characteristics of the working drum-knife system on the ginning capacity of a roller gin has made it possible to reveal new reserves for improving the efficiency of roller ginning.

Keywords: drum surface, tightening force, knife-drum, flyer fiber, wedge gap.

References

- Khafizov, I. K. (2007). *Novyi material rabocheho valika*. *Khlopkoivaia promyshlennost*, 4, 15–16.
- Khakimov, S., Makxammadiyev, Z., Khadjayeva, M. (2022). Study of durability of the clear grooves of the working drum of the roller gin. *Universum: Technical Sciences*, 3 (96). doi: <https://doi.org/10.32743/unitech.2022.96.3.13300>
- Safarov, F. M., Korabelnikov, R. V. (2006). Optimizatsiia rezhimov dzhinirovaniia novogo selekcionnogo sorta dlinnovolknistogo khlopka 9326-V. *Izvestiia Vuzov. Tekhnologiiia tekstilnoi promyshlennosti*, 5 (293), 49–51. Available at: https://tftp.ivgpcu.com/wp-content/uploads/2015/12/293_13.pdf
- Bavabekov, I. T. (1981). Vybora skorosti otboinogo organa valichnogo dzhina. *Khlopkoivaia promyshlennost*, 2, 18–20.
- Ibrogimov, Kh. I. Korabelnikov, R. V. (2009). Parametry dvizheniia chastite khlopka-syrtsa po poverkhnosti kolkov v ochistiteliakh melkogo sora. *Izvestiia Vuzov. Tekhnologiiia tekstilnoi promyshlennosti*, 1 (313), 34–36. Available at: https://tftp.ivgpcu.com/wp-content/uploads/2015/11/313_10.pdf
- Akramov, A. (1982). Vliianie uliuchnoi kanavki na kachestvo volokna i semian pri valichnom dzhinirovanii. *Khlopkoivaia promyshlennost*, 3, 4–5.
- Umarzhonov, A. A. (1991). Issledovanie valichnogo dzhina s ochistitelem volokna individualnogo tipa. *Khlopkoivaia promyshlennost*, 3, 14–15.
- Novikov, E. V., Korabelnikov, R. V. (2004). Razrabotka modeli prognozirovaniia izmeneniia massovoi doli kostry v protsesse trepaniia dlinnogo volokna. *Izvestiia Vuzov. Tekhnologiiia tekstilnoi promyshlennosti*, 6, 32–35.
- Miroshnichenko, G. I. (1972). *Osnovy proektirovaniia mashin pervichnoi obrabotki khlopka*. Moscow: Mashinostroenie, 486.
- Armijo, C. B., Whitelock, D. P., Thomas, J. W., Hughes, S. E., Gillum, M. N. (2017). Engineering and Ginning Roller Ginning. *Journal of Cotton Science*, 21 (3), 199–209. doi: <https://doi.org/10.56454/vmim5000>
- Korabelnikov, R. V., Ibrogimov, Kh. I. (2009). Osnovy protsessa zazhguchivaniia voloknistykh sviazei chastite khlopka-syrtsa pri netcentralnom udare kolkov. *Izvestiia VUZov. Tekhnologiiia tekstilnoi promyshlennosti*, 4 (318), 23–28. Available at: https://tftp.ivgpcu.com/wp-content/uploads/2015/11/318_6.pdf
- Zulfanov, S. Z., Safarov, F. M., Rudovskii, P. N. (2014). Vliianiia fiziko-mekhanicheskikh svoistv khlopka i tekhnologiiia ego pere-rabotki na proizvoditelnost valichnogo dzhina. *Vestnik Tadzhikskogo tekhnicheskogo universiteta im. akad. M. S. Osimi*, 2 (26), 16–19. Available at: <https://e.lanbook.com/journal/issue/294066>
- Tursunov, Kh. K. (1990). Issledovanie vliianiia proizvoditelnosti valichnykh dzhinov na produkty pererabotki semennogo tonkovolknistogo khlopka selektsii T-14. *Khlopkoivaia promyshlennost*, 6, 16–19.
- Usmanov, D. A., Umarova, M. O. (2022). The process of cotton raw fine-fiber ginning. *Universum: Technical Sciences*, 4 (97). Available at: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/13494>
- Kudratov, O. O. (1992). Issledovaniia zhestkosti sistemy rabocheho valika nepodvizhnogo nozha valichnogo dzhina i ee vliianie na nadezhnost protsessa. *Khlopkoivaia promyshlennost*, 3, 14–15.
- Miroshnichenko, G. I., Korabelnikov, R. V., Iakubov, D. Ia. (1992). Issledovanie plotnosti rabocheho valika valichnogo dzhina i ee vliianiia na usilie zatiagivaniia za nozh. *Khlopkoivaia promyshlennost*, 2, 7–8.
- Turakhonov, Kh. Kh. (1991). Issledovanie vliianiia konstruktivnykh parametrov otboinogo organa na tekhnologicheskie pokazateli raboty valichnogo dzhina. *Khlopkoivaia promyshlennost*, 3, 14–15.

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.267799
INCREASING ENERGY EFFICIENCY AND ENABLING THE PROCESS OF VACUUM MODE STABILIZATION DURING THE OPERATION OF MILKING EQUIPMENT (p. 62–69)

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>

Anatoliy Paliy

National Scientific Center «Institute of Experimental and Clinical Veterinary Medicine», Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9193-3548>

Viktor Kis

State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1316-7013>

Artur Levkin

State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5021-5366>

Yana Kotko

State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6611-8130>

Iruna Levchenko

Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7134-2505>

Maryna Shkurko

Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5414-2763>

Sofia Svysenko

Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8761-7676>

Vitalii Sevastianov

Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5336-4957>

A scientific hypothesis has been put forward, according to which an increase in the efficiency of using a vacuum system of milking equipment with an upper milk line with mechanical pulsators can be achieved by predicting its residual resource. As well as with the subsequent planning of maintenance and the identification of patterns and dependences characterizing these processes.

As a result of experimental studies of changes in the technical and technological parameters of the vacuum system of milking equipment with an upper milk line with mechanical pulsators, the theoretical dependences obtained with their correlation coefficient $r=0.971-0.972$ were empirically confirmed. Namely, the magnitude of the working vacuum, the pulsation rate, the ratio of pulsations, and the tension force of the nipple rubber, depending on the time of operation. It was established that after 175 hours of operation of the milking stationary installation, the value of the working vacuum decreased by 4 %, the pulsation frequency – 14 %, the ratio of pulsations – 16 %, and the tension force of nipple rubber – 21 %.

On the basis of the obtained dependences included in the procedure for forecasting the resource of the vacuum system of milk-milking equipment with an upper milk line with mechanical pulsators, the software package «Alt viewer 1.0» was developed. It is designed to display and automatically process the measurement results of the technical and technological parameters of milking equipment using the designed Tester of milking machines, v.2.0. The software performs the following main functions: reading the measurement results from the memory card, decoding them, displaying them in tabular and graphical forms. As well as the calculation of the parameters of pulsations and the formation of a report, forecasting the resource of the nodes of the vacuum system. The program also provides for the storage of information on the calibration coefficients of pressure sensors, air flow meter, as well as the frequency of polling sensors when measuring pulsations and fluctuations of the working vacuum.

Keywords: machine milking, milking equipment, vacuum system, pulsation rate, nipple rubber, resource forecasting.

References

- Vtoryi, V. F., Vtoryi, S. V. (2020). Diagnostic method of milking systems using digital technologies. *Taurida herald of the agrarian sciences*, 4 (24), 20–28. doi: <https://doi.org/10.33952/2542-0720-2020-4-24-20-28>
- Aliiev, E., Paliy, A., Kis, V., Milenin, A., Ishchenko, K., Paliy, A. et al. (2022). Justifying parameters for the automatic servo control system of a rotary plate vacuum pump in the milking machine. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (1 (118)), 80–89. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.262215>
- Kucheruk, V., Palamarchuk, Y., Kulakov, P., Gnes, T. (2014). The statistical model of mechanical milking duration of farmyard milking installation. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (4 (68)), 31–37. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2014.23120>
- Enokidani, M., Shinozuka, Y., Kawai, K. (2019). Analysis of results from 21 years of milking system inspections in Japanese dairy farms. *Animal Science Journal*, 91 (1). doi: <https://doi.org/10.1111/asj.13315>
- Paliy, A. P. (2019). Doslidzhennia roboty pulsatoriv doilnykh aparativ ta vplyv yikh robochykh parametriv na pokaznyky molokovyvedennia u koriv. *Ahrarna nauka ta kharchovi tekhnolohiyi*, 3 (106), 83–90.
- Lutsenko, M., Halai, O., Legkoduha, V., Lastovska, I., Borshch, O., Nadtchii, 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>
- Paliy, A., Aliiev, E., Paliy, A., Ishchenko, K., Lukyanov, I., Dobrovolsky, V. et al. (2021). Revealing changes in the technical parameters of the teat cup liners of milking machines during testing and production conditions. *EUREKA: Physics and Engineering*, 6, 102–111. doi: <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2021.002056>
- Abdel-Hamid, S. El., Fattah, D. M. A., Ghanem, H. M., Manaa, E. A.-A. (2017). Temperament during Milking Process and its Effect on Behavioral, Productive Traits and Biochemical Parameters in Friesian Dairy Cows. *Advances in Animal and Veterinary Sciences*, 5 (12). doi: <https://doi.org/10.17582/journal.aavs/2017/5.12.508.513>
- Náglóvá, Z., Rudinskaya, T. (2021). Factors Influencing Technical Efficiency in the EU Dairy Farms. *Agriculture*, 11 (11), 1114. doi: <https://doi.org/10.3390/agriculture11111114>
- Tse, C., Barkema, H. W., DeVries, T. J., Rushen, J., Pajor, E. A. (2018). Impact of automatic milking systems on dairy cattle producers' reports of milking labour management, milk production and milk quality. *Animal*, 12 (12), 2649–2656. doi: <https://doi.org/10.1017/s1751731118000654>
- Aliiev, E., Paliy, A., Dudin, V., Kis, V., Paliy, A., Ostapenko, V. et al. (2022). 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. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (1 (116)), 35–46. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.253978>
- Kubina, L., Kováč, Š. (2002). Decreasing energetic demands of vacuum pumps being used in machine milking with utilization of a frequency converter. *Res. Agr. Eng.*, 48, 103–111.
- Aliiev, E., Paliy, A., Kis, V., Paliy, A., Petrov, R., Plyuta, L. et al. (2022). Establishing the influence of technical and technological parameters of milking equipment on the efficiency of machine milking. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (1 (115)), 44–55. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.251172>
- Odorčić, M., Rasmussen, M. D., Paulrud, C. O., Bruckmaier, R. M. (2019). Review: Milking machine settings, teat condition and milking efficiency in dairy cows. *Animal*, 13, s94–s99. doi: <https://doi.org/10.1017/s1751731119000417>
- Nørstebø, H., Rachah, A., Dalen, G., Rønningen, O., Whist, A. C., Reksen, O. (2018). Milk-flow data collected routinely in an automatic milking system: an alternative to milking-time testing in the management of teat-end condition? *Acta Veterinaria Scandinavica*, 60 (1). doi: <https://doi.org/10.1186/s13028-018-0356-x>
- Meyer, D., Haeussermann, A., Hartung, E. (2021). Relationship between dairy cows' hind leg activity and vacuum records during milking. *Animal*, 15 (4), 100186. doi: <https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100186>
- Stauffer, C., Feierabend, M., Bruckmaier, R. M. (2020). Different vacuum levels, vacuum reduction during low milk flow, and different cluster detachment levels affect milking performance and teat condition in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 103 (10), 9250–9260. doi: <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18677>
- 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>
- Tuor, M., Jenni, B., Wellnitz, O., Bruckmaier, R. M. (2022). Reduced liner-open phase and vacuum instead of prestimulation increase parlor efficiency in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 105 (2), 1533–1541. doi: <https://doi.org/10.3168/jds.2021-21170>
- Aliiev, E. B. (2011). Teoretychne doslidzhennia vplyvu tekhnichnykh parametriv doilnoi ustanovky na shvydkist molokoviddachi. *Visnyk Kharkivskoho Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu silskoho hospodarstva imeni Petra Vasylenka: Suchasni problemy vdoskonalennia tekhnichnykh system i tekhnolohiy u tvarynyntstvi*, 108, 92–98. Available at: http://aliev.in.ua/doc/stat/2011/stat_1.pdf
- Besier, J., Bruckmaier, R. M. (2016). Vacuum levels and milk-flow-dependent vacuum drops affect machine milking performance and teat condition in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 99 (4), 3096–3102. doi: <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10340>
- Reinemann, D. J., van den Borne, B. H. P., Hogeveen, H., Wiedemann, M., Paulrud, C. O. (2021). Effects of flow-controlled vacuum on milking performance and teat condition in a rotary milking parlor. *Journal of Dairy Science*, 104 (6), 6820–6831. doi: <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19418>
- Kucheruk, V., Palamarchuk, Y., Kulakov, P. (2014). The statistical models of machinery milking duration by group milking machines. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (4 (70)), 13–17. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2014.26287>
- Dmytriv, V. T., Dmytriv, I. V., Horodetskyi, I. M., Yatsunskyi, P. P. (2020). Adaptive cyber-physical system of the milk production process. *INMATEH Agricultural Engineering*, 61 (2), 199–208. doi: <https://doi.org/10.35633/inmateh-61-22>
- 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>

26. Medvedskiy, O., Achkevych, O., Achkevych, V. (2019). Dynamics of the vacuummetric pressure of the dairy chamber of the collector of milking machine. *Scientific Horizons*, 5 (78), 51–57. doi: <https://doi.org/10.33249/2663-2144-2019-78-5-51-57>

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.267797

CONSTRUCTION OF A SIMULATION MODEL FOR CALCULATING THE LABOR INTENSITY OF THE PRE-PRINT PROCESS OF MANUFACTURING BOOKS WITH AUDIO ACCOMPANYING (p. 70–82)

Tetiana Horova

National Technical University of Ukraine
«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6923-4823>

Oleksandr Paliukh

National Technical University of Ukraine
«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5673-9395>

Yaroslav Zorenko

National Technical University of Ukraine
«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5332-5296>

Volodymir Oliinyk

National Technical University of Ukraine
«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3117-2780>

The object of research is preprint processes for the manufacture of books with audio accompanying. The analytical and experimental studies reported here are based on the application of the methodology for devising a simulation model for calculating the complexity of preprint processes in the production of printed books with sound applications. The basic assumption of the study is that the use of simulation will contribute to the improvement of calculations of the complexity of preprint processes for making books with audio accompanying. This cannot be achieved without analyzing the factors influencing the convenience of perception of textual and sound information and establishing the objective function of mutual influence of the text of the publication and audio. A methodology has been proposed for calculating the complexity of the preprint process of making books with audio accompanying based on the developed algorithm of the technological process, mathematical representation of the structural model, as well as its components. It is shown that the process of creating audio accompaniment is affected by the content of printed pages, font design parameters, the selected format of page assembly, and the presence of illustrations. Based on the obtained expert assessments, a hierarchical representation of factors influencing the convenience of information perception is built; the interaction of parameters at different technological stages is described. The dependence of the complexity of the process of making books with audio accompanying on the volume of the book edition in the accounting and publishing sheets, the size and capacity of the font, as well as the speed of sound recording of the printed text, has been established. It is determined that with an increase in font capacity within 200...1000 thousand characters, the calculated labor intensity increases by 5 % to 20 %. The largest limits of changes in the complexity of creating an audio accompaniment are 9 %, at the stage of processing graphic information – 50 %.

Keywords: simulation model, complexity of preprint process, audio accompaniment, font capacity, recording speed.

References

- Tatarinova, L. (2020). Deiaki tendentsiyi rozvytku knyhodrukuvannia u providnykh krainakh svitu. *Knyzhkova palata. Ukrainska asotsiatsiya vydavstiv ta knyho rozpovsiudzhuvachiv*. Available at: <http://www.upba.org.ua/index.php/uk/zakonodavstvo/knyzhkova-palata/item/121-deiaki-tendentsii>
- Sichevska, O., Senkivskyy, V., Babichev, S., Khamula, O. (2019). Information Technology of Forming the Quality of Art and Technical Design of Books. *Proceedings of the 1st International Workshop on Digital Content & Smart Multimedia (DCSMart 2019)*. Lviv. Available at: <http://ceur-ws.org/Vol-2533/invited5.pdf>
- Have, I., Pedersen, B. S. (2019). The audiobook circuit in digital publishing: Voicing the silent revolution. *New Media & Society*, 22 (3), 409–428. doi: <https://doi.org/10.1177/1461444819863407>
- Shamsi, M., Barbot, N., Lolive, D., Chevelu, J. (2020). Mixing Synthetic and Recorded Signals for Audio-Book Generation. *Lecture Notes in Computer Science*, 479–489. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-60276-5_46
- Nazarkevych, M. A., Storozh, O. V., Kliuinyk, I. I. (2015). Osoblyvosti rozroblennia interaktyvnykh elektronnykh kny. *Visnyk Natsionalnoho universytetu «Lvivska politehnika»*. Seriya: Informatsiyni systemy ta merezhi, 832, 332–347. Available at: <https://ena.lpnu.ua/items/bd1f653b-3a23-4278-a1d5-b8ae0fd37f0>
- Zheliezniak, S. (2019). Specificity of audiovisual culture in multimedia space: sound aspect. *Culture and arts in the modern world*, 20, 238–248. doi: <https://doi.org/10.31866/2410-1915.20.2019.172449>
- Sarasa-Cabezuelo, A. (2020). A Model for Creating Interactive eBooks for eLearning. *Future Internet*, 12 (12), 223. doi: <https://doi.org/10.3390/fi12120223>
- Paper Books vs eBooks Statistics, Trends and Facts [2022]. Available at: <https://www.tonerbuzz.com/blog/paper-books-vs-ebooks-statistics/>
- Steinhaeuser, S. C., Schaper, P., Lugrin, B. (2021). Comparing a Robotic Storyteller versus Audio Book with Integration of Sound Effects and Background Music. *Companion of the 2021 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction*. doi: <https://doi.org/10.1145/3434074.3447186>
- Kruse, L. C., Puraio, S., Seidel, S. (2022). How Designers Use Design Principles: Design Behaviors and Application Modes. *Journal of the Association for Information Systems*, 23 (5), 1235–1270. doi: <https://doi.org/10.17705/1jais.00759>
- Morais, B. (2011). Books With Soundtracks: The Future of Reading? *The Atlantic*. Available at: <https://www.theatlantic.com/entertainment/archive/2011/08/books-with-soundtracks-the-future-of-reading/244344/>
- Sharma, K. (2017). A review on role and benefits of digitalization in printing industry. *International Journal of Information Movement*, 2 (IV), 10–15. Available at: <http://www.ijim.in/wp-content/uploads/2017/08/Vol-2-Issue-IV-10-15-paper-2-Kanchan-Sharma-A-Review-on-Role-and-Benefits-of-Digitalization-in-Printing-Industry.pdf>
- Zhenchenko, M. (2020). Technologies for the layout of interactive electronic editions. *Obriyi drukarstva*, 1 (8), 42–55. Available at: <https://www.researchgate.net/publication/338719964>
- Kolesnyk, N. Ye. (2020). Web-dyzain multymediynoi knyhy: teoriya i praktyka. *Zhytomyr: TOV «505»*, 180. Available at: http://eprints.zu.edu.ua/31340/1/web_2020.pdf
- Durniak, B. V., Babynets, Ye. D. (2011). Sposoby rozshyrennia modeli vzaïmozv'язku mizh parametramy knyzhky ta spozhivacha informatsiynymy komponentamy. *Zbirnyk naukovykh prats Instytutu problem modeliuвання v enerhetytsi im. H. Ye. Pukhova NAN Ukrainy*, 59, 29–37. Available at: <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/28507>
- Tusmagambet, B. (2020). Effects of Audiobooks on EFL Learners' Reading Development: Focus on Fluency and Motivation.

- English Teaching, 75 (2), 41–67. doi: <https://doi.org/10.15858/engtea.75.2.202006.41>
17. Pobidash, I., Rozhanska, V., Figol, N. (2018). Market of online books in Ukraine. *Obriyi drukarstva*, 1 (6), 160–169. Available at: https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/34243/1/OD-2018-6_160-169.pdf
 18. Khramova-Baranova, E. L., Sikora, Yu. A. (2017). Design of interactive children's books and its influence on the development of preschool education and culture in Ukraine. *Humanitarnyi visnyk*, 27 (11), 46–54. Available at: <https://er.chdtu.edu.ua/bitstream/ChSTU/1933/1/7.pdf>
 19. Yefimova, M. P. (2015). *Vydavnytstva dytiachoi knyhy v Ukraini: novitni vydavnychi tekhnolohiyi. Teoriya ta praktyka dyzainu*, 7, 53–60.
 20. Snelling, M. (2021). The Audiobook Market and Its Adaptation to Cultural Changes. *Publishing Research Quarterly*, 37 (4), 642–656. doi: <https://doi.org/10.1007/s12109-021-09838-1>
 21. Boström, P., Björkqvist, J. (2012). Optimisation-based black-box testing of assertions in Simulink models. TUCS Technical Report No 711. Available at: <https://www.researchgate.net/publication/31595954>
 22. Slobodan, S., Imre, K., Damjan, S., Nenad, J. (2014). Analysis of technological process of cutting logs using Ishikawa diagram. *Acta Technica Corviniensis – Bulletin of Engineering; Hunedoara*, 7 (4), 93–98. Available at: <https://www.proquest.com/docview/1618069477>
 23. Kulchytka, Kh. B., Predko, L. S. (2018). Zastosuvannia metodu analizu ierarkhiy pry vybori proektu v polihrafiyi. *Polihrafiya i vydavnycha sprava /Printing and publishing*, 1 (75), 51–59. Available at: <http://pvs.uad.lviv.ua/static/media/1-75/7.pdf>
 24. Flesch, R. (1948). A new readability yardstick. *Journal of Applied Psychology*, 32 (3), 221–233. doi: <https://doi.org/10.1037/h0057532>
 25. Hahn, B. H., Valentine, D. T. (2017). *Essential MATLAB for Engineers and Scientists*. Academic Press. doi: <https://doi.org/10.1016/c2015-0-02182-7>
 26. Giannakopoulos, T., Pikrakis, A. (2014). *Introduction to Audio Analysis: A MATLAB® Approach*. Academic Press. doi: <https://doi.org/10.1016/C2012-0-03524-7>

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.268285

NUMERICAL SOLUTIONS FOR CRACK PROBLEMS DURING ELASTOMER FORMING (p. 83–90)

Badr Kamoon

Al-Furat Al-Awsat Technical University, Imam Ali Bridge, Najaf, Iraq
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5402-4778>

Salam O. Dahi

Al-Furat Al-Awsat Technical University, Imam Ali Bridge, Najaf, Iraq
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2197-5873>

Hamzah Kadhim

Al-Furat Al-Awsat Technical University, Imam Ali Bridge, Najaf, Iraq
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0493-0921>

Generically, thermoset elastomers are often referred to as rubber. It is characterized by the chemical bonding between polymer chains. One of the important problems that plague elastomer manufacturing and rubber parts under service is cracks. Predicting the main factors affecting crack propagation trajectories during forming and after curing time is an important challenge. For this purpose, numerical analysis was implemented by using the commercial ABAQUS/CAE software package. A three-dimensional model was established to predict the important factors that affect this process. During the analysis, the effect of forming velocity and the amount of kinetic energy on the distortion of rubber material and crack propagation is explored in detail by using different forming punch velocities. The drop velocity of the upper insert (punch) on the rubber pad was taken as 10 m/s, 7 m/s, and 5 m/s, respectively. Consequently, while each forming velocity will generate different kinetic energy between the interaction surfaces, the change in crack behavior and the normal stress can be

monitored in different positions. As a result, among these velocities, it was found that the low forming velocity of the upper insert (punch) is better than the others in forming rubber where cracks and distortions were at minimum values. Also, the amount of kinetic energy is low enough in the case of low speeds and can affect the results significantly. In addition, it was found that the generated stresses have a significant impact on the crack development in a specific area, especially near the fillets and sharp edges. It was concluded that calculating the parameters affecting the crack growth and predicting the crack propagation trajectories using the finite element method is a significant method for predicting and solving crack problems before tool fabrication.

Keywords: rubber crack, rubber pad, numerical analysis, elastomer forming, crack propagation, ABAQUS.

References

1. Scetta, G. (2020). Fatigue cracking of thermoplastic elastomers. *Université Paris sciences et lettres*. Available at: <https://pastel.archives-ouvertes.fr/tel-03149063>
2. Samarth, N. B., Mahanwar, P. A. (2021). Degradation of Polymer & Elastomer Exposed to Chlorinated Water – A Review. *Open Journal of Organic Polymer Materials*, 11 (01), 1–50. doi: <https://doi.org/10.4236/ojopm.2021.111001>
3. Corre, T., Coret, M., Verron, E., Leblé, B. (2021). Non steady-state intersonic cracks in elastomer membranes under large static strain. *Journal of Theoretical, Computational and Applied Mechanics*. doi: <https://doi.org/10.46298/jtcam.6906>
4. Poulain, X., Lefèvre, V., Lopez-Pamies, O., Ravi-Chandar, K. (2017). Damage in elastomers: nucleation and growth of cavities, micro-cracks, and macro-cracks. *International Journal of Fracture*, 205 (1), 1–21. doi: <https://doi.org/10.1007/s10704-016-0176-9>
5. Wang, H., Wu, Y., Yang, J., Wang, H. (2021). Numerical Simulation on Reflective Cracking Behavior of Asphalt Pavement. *Applied Sciences*, 11 (17), 7990. doi: <https://doi.org/10.3390/app11177990>
6. Hamzah, K. B., Nik Long, N. M. A., Senu, N., Eshkuvatov, Z. K. (2021). Numerical Solution for Crack Phenomenon in Dissimilar Materials under Various Mechanical Loadings. *Symmetry*, 13 (2), 235. doi: <https://doi.org/10.3390/sym13020235>
7. Halkacı, H. S., Öztürk, E., Türköz, M., Dilmeç, M. (2017). 2D Finite Element Analysis of Rubber Pad Forming Process. 2nd International Conference on Science, Ecology and Technology-2016 (ICONSETE'2016). Available at: <https://www.researchgate.net/publication/312198030>
8. Oscar, J., Centeno, G. (2017). Finite Element Modeling Of Rubber Bushing For Crash Simulation Experimental Tests and Validation. *Division of Structural Mechanics, Lund University*. Available at: <https://www.byggmek.lth.se/fileadmin/byggnadsmekanik/publications/tvsm5000/web5163.pdf>
9. Iváñez, I., Braun, M. (2017). Numerical analysis of surface cracks repaired with single and double patches of composites. *Journal of Composite Materials*, 52 (8), 1113–1120. doi: <https://doi.org/10.1177/0021998317722044>
10. Elmukashfi, E., Kroon, M. (2020). Numerical Modeling and Analysis of Dynamic Crack Propagation in Rubber. 13th International Conference on Fracture. Beijing. Available at: <https://www.researchgate.net/publication/346898728>
11. Magid, H. M., Dabis, B. K., Abed alabas Siba, M. (2021). Analysis of the main factors affecting mass production in the plastic molding process by using the finite element method. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (1 (114)), 65–71. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.248375>
12. Kadhim, K. J., Jaber, J. A., Ibrihim, H. R. (2022). Implementation of finite element analysis for solving the constraints in forming process of large steel parts. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (1 (118)), 64–71. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.263452>

13. Persson, B. N. J., Albohr, O., Heinrich, G., Ueba, H. (2005). Crack propagation in rubber-like materials. *Journal of Physics: Condensed Matter*, 17 (44), R1071–R1142. doi: <https://doi.org/10.1088/0953-8984/17/44/r01>
14. Elmukashfi, E. (2015). Modeling of fracture and damage in rubber under dynamic and quasi-static conditions. School of Engineering Sciences, Department of Solid Mechanics, Royal Institute of Technology. Stockholm. Available at: <http://kth.diva-portal.org/smash/get/diva2:876354/FULLTEXT01.pdf>
15. Maiorova, K., Vorobiov, I., Andriev, O., Lupkin, B., Sikulskiy, V. (2022). Forming the geometric accuracy and roughness of holes when drilling aircraft structures made from polymeric composite materials. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (1 (116)), 71–80. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.254555>
16. Korzhyk, V., Khaskin, V., Grynyuk, A., Peleshenko, S., Kvasnytskyi, V., Fialko, N. et al. (2022). Comparison of the features of the formation of joints of aluminum alloy 7075 (Al-Zn-Mg-Cu) by laser, microplasma, and laser-microplasma welding. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (12 (115)), 38–47. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.253378>

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.268178
DEVELOPMENT OF TECHNOLOGICAL PRINCIPLES OF TECHNICAL CONTROL OF BUS BODIES DURING OPERATION BASED ON PASSIVE SAFETY CONDITIONS (p. 91–100)

Dmytro Ruban

Lviv National University of Environmental Management, Dublyany, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0671-3226>

Lubomyr Kraynyk

Lviv National University of Environmental Management, Dublyany, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0524-9126>

Hanna Ruban

Teherkasy State Business-College, Cherkasy, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8702-8430>

Mykhailo Hrubel

Hetman Petro Sahaidachnyi National Army Academy, Lviv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4820-6935>

Roman Duzhyi

The National Defence University of Ukraine named after Ivan Cherniakhovskiy, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8064-1312>

Andrii Babaryha

The National Defence University of Ukraine named after Ivan Cherniakhovskiy, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1692-5844>

The object of this study is the permissible limits of aging of bus bodies during operation and the formation of appropriate recommendations to control them based on the conditions of compliance of the body with passive safety rules.

According to the current method, the new model of the bus is checked for compliance with passive safety by a destructive method. However, during operation, the physical and mechanical properties of the body deteriorate until the moment of non-compliance with the requirements of passive safety. Therefore, the principles of technical control of bus bodies under the conditions of passive safety by non-destructive methods, the implementation of which became possible during the operation of buses, have been developed. 3 implementation options have been proposed.

In the first variant, visual control is complemented by a measuring tool – an ultrasonic thickness gauge for measuring the thickness of the frame pipes. This method has not previously been used in the certification of vehicles.

The second option involves checking the mechanical properties during repairs on a breaking machine. It is proved that during the restoration repairs of buses, the endurance limit of the steel elements of the body frame is reduced by 1.14–3.33 times.

In the third variant, the methodology for modeling and calculating the stressed-strained state of the body was improved based on the method of finite elements, taking into account the effects of corrosion and fatigue strength of the metal of the frame. When modeling, the deformation of the body racks exceeded the permissible values by 1.5–2.0 times. This non-destructive method makes it possible to check the bus for compliance with passive safety requirements during operation, which was previously impossible.

The scope of practical application is the introduction of research results into the real practice of operating buses at the legislative level.

The results are suitable for monitoring the technical condition of buses by non-destructive methods during operation.

Keywords: bus operation, bus body, passive safety, non-destructive testing.

References

1. Regulation No 66 of the Economic Commission for Europe of the United Nations (UN/ECE) – Uniform provisions concerning the approval of large passenger vehicles with regard to the strength of their superstructure. Available at: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/6d1479db-1195-41eb-837b-8e0de970dcaf/language-en/format-PDF/source-search>
2. Postanova No. 137 vid 30.01.2012 r. Pro zatverdzhennia Poriadku provedennia oboviazkovoho tekhnichnoho kontroliu ta obsiahiv perevirky tekhnichnoho stanu transportnykh zasobiv, tekhnichnoho opysu ta zrazka protokolu perevirky tekhnichnoho stanu transportnoho zasobu (2012). KM No. 485 vid 23.09.2014, No. 1138 vid 23.12.2015, No. 141 vid 10.03.2017. Kabinet Ministriv Ukrainy. Kyiv: Parlamentske vydavnytstvo, 37. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/137-2012-%D0%BF#Text>
3. Verband der TÜV e. V. TÜV Bus-Report, 2018. Available at: https://mitglieder.tuev-verband.de/dok_view?oid=721019
4. Ruban, D. P., Kraynyk, L. V., Ruban, H. Ya. (2021). Otsinka pasyvnoi bezpeky kuzova avtobusa pid chas ekspluatatsiyi. Materials of IX-th international scientific and technical internet-conference «Problems and prospects of development automobile transport». Vinnytsia, 229–231. Available at: <https://atmconf.vntu.edu.ua/materialy2021.pdf>
5. Shen, X., Feng, S., Li, Z., Hu, B. (2016). Analysis of bus passenger comfort perception based on passenger load factor and in-vehicle time. *SpringerPlus*, 5 (1). doi: <https://doi.org/10.1186/s40064-016-1694-7>
6. Iliopoulou, C., Kepaptsoglou, K. (2019). Combining ITS and optimization in public transportation planning: state of the art and future research paths. *European Transport Research Review*, 11 (1). doi: <https://doi.org/10.1186/s12544-019-0365-5>
7. Agostinacchio, M., Ciampa, D., Olita, S. (2013). The vibrations induced by surface irregularities in road pavements – a Matlab® approach. *European Transport Research Review*, 6 (3), 267–275. doi: <https://doi.org/10.1007/s12544-013-0127-8>
8. Intini, P., Berloco, N., Cavalluzzi, G., Lord, D., Ranieri, V., Colonna, P. (2021). The variability of urban safety performance functions for different road elements: an Italian case study. *European Transport Research Review*, 13 (1). doi: <https://doi.org/10.1186/s12544-021-00490-6>
9. Hansson, L. (2011). The tactics behind public transport procurements: an integrated actor approach. *European Transport Research Review*, 3 (4), 197–209. doi: <https://doi.org/10.1007/s12544-011-0057-2>

10. Sun, X.-Q., Cai, Y.-F., Yuan, C.-C., Wang, S.-H., Chen, L. (2018). Fuzzy Sliding Mode Control for the Vehicle Height and Leveling Adjustment System of an Electronic Air Suspension. *Chinese Journal of Mechanical Engineering*, 31 (1). doi: <https://doi.org/10.1186/s10033-018-0223-8>
11. Nguyen, T., Lechner, B., Wong, Y. D. (2019). Response-based methods to measure road surface irregularity: a state-of-the-art review. *European Transport Research Review*, 11 (1). doi: <https://doi.org/10.1186/s12544-019-0380-6>
12. Jin, Z., Li, J., Wang, H., Li, J., Huang, C. (2021). Rollover Prevention and Motion Planning for an Intelligent Heavy Truck. *Chinese Journal of Mechanical Engineering*, 34 (1). doi: <https://doi.org/10.1186/s10033-021-00605-z>
13. Nemeth, J. (1990). The Role of Active and Passive Safety in Bus Engineering. SAE Technical Paper Series. doi: <https://doi.org/10.4271/902273>
14. Farahani, B. V., Ramos, N. V., Moreira, P. M. G. P., Cunha, R., Costa, A., Maia, R., Rodrigues, R. M. (2022). Passive Safety Solutions on Transit Buses: Experimental and Numerical Analyses. *Procedia Structural Integrity*, 37, 668–675. doi: <https://doi.org/10.1016/j.prostr.2022.01.136>
15. Holenko, K. E., Horbai, O. Z., Krainyk, L. V. (2010). Otsinka tozhnosti modeliuвання vidpovidnosti avtobusiv pravylu No. 66 YeEK OON ta eksperymentalnykh vyprobuvan. *Visnyk Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu «KhPI»: zbirnyk naukovykh prats. Tematychnyi vypusk: Avtomobile- ta traktorobuduvannya*, 1, 101–109. Available at: <http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/18327>
16. ISO 6892-1:2019. Metallic materials – Tensile testing – Part 1: Method of test at room temperature. Available at: <https://www.iso.org/standard/78322.html>
17. Horbai, O. Z., Holenko, K. E., Krainyk, L. V. (2013). Mitsnist ta pasyvna bezpeka avtobusnykh kuzoviv. *Lviv: Vydavnytstvo Lvivskoi politekhniki*, 276. Available at: <https://vlp.com.ua/node/10385>

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.264984

DEVELOPMENT OF A PROCESS COMPLEXITY INDEX OF LOW PRESSURE DIE CASTING FOR EARLY PRODUCT DESIGN EVALUATION (p. 101–108)

Hendri Dwi Saptioratri Budiono

University of Indonesia, Beji, Kota Depok, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5407-8928>

Dian Nurdian

University of Indonesia, Beji, Kota Depok, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3359-0778>

Mohammad Akita Indianto

University of Indonesia, Beji, Kota Depok, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8266-1122>

Henky Suskito Nugroho

University of Indonesia, Beji, Kota Depok, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3187-3985>

The design of a product is key for the manufacturing industry to compete in the current era. Failure to plan a product design means losing in the market and falling behind competitors. One way to comprehensively evaluate one design is by analyzing its complexity. Complexity analyzes not only clear view parameters such as geometry and process time but also the whole design parameters, including its production process. This paper develops a process complexity index of low pressure die casting. A casting process is one unique process that depends on the melting and solidification of material in a die. A complexity analysis of low pres-

sure die casting is yet to be done. Three different cylinder heads fabricated with low pressure die casting were used in the case study with the product's types of 3SZ, 1TR, and 2TR. A process complexity analysis is performed based on the LPDC process's physical and non physical parameters. The physical parameters are fixtures, tools, gauges, and machines. The non physical parameters are determined from the features and specifications of the low pressure die casting subprocess: setting, filling, solidification, and handling. The analysis successfully defines the complexity of each product, with 1TR having an index of 7.08, 2TR being 6.93, and 3SZ being 5.14. This developed complexity index can be utilized for early product design and cost estimation evaluation.

Keywords: Design analysis, LPDC, process complexity index.

References

1. ElMaraghy, W., ElMaraghy, H., Tomiyama, T., Monostori, L. (2012). Complexity in engineering design and manufacturing. *CIRP Annals*, 61 (2), 793–814. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2012.05.001>
2. ElMaraghy, W. H., Urbanic, R. J. (2003). Modelling of Manufacturing Systems Complexity. *CIRP Annals*, 52 (1), 363–366. doi: [https://doi.org/10.1016/S0007-8506\(07\)60602-7](https://doi.org/10.1016/S0007-8506(07)60602-7)
3. Trattner, A., Hvam, L., Forza, C., Herbert-Hansen, Z. N. L. (2019). Product complexity and operational performance: A systematic literature review. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, 25, 69–83. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cirpj.2019.02.001>
4. Budiono, H. D. S., Kiswanto, G., Soemardi, T. P. (2014). Method and Model Development for Manufacturing Cost Estimation during the Early Design Phase Related to the Complexity of the Machining Processes. *International Journal of Technology*, 5 (2), 183. doi: <https://doi.org/10.14716/ijtech.v5i2.402>
5. Stavropoulos, P., Foteinopoulos, P., Papacharalampopoulos, A. (2021). On the Impact of Additive Manufacturing Processes Complexity on Modelling. *Applied Sciences*, 11 (16), 7743. doi: <https://doi.org/10.3390/app11167743>
6. Samy, S. N., ElMaraghy, H. (2010). A model for measuring products assembly complexity. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 23 (11), 1015–1027. doi: <https://doi.org/10.1080/0951192x.2010.511652>
7. Joshi, D., Ravi, B. (2010). Quantifying the Shape Complexity of Cast Parts. *Computer-Aided Design and Applications*, 7 (5), 685–700. doi: <https://doi.org/10.3722/cadaps.2010.685-700>
8. Zhang, X., Tong, S., Xu, L., Yan, S. (2007). Optimization of Low-Pressure Die Casting Process with Soft Computing. 2007 International Conference on Mechatronics and Automation. doi: <https://doi.org/10.1109/icma.2007.4303614>
9. Reilly, C., Duan, J., Yao, L., Maijer, D. M., Cockcroft, S. L. (2013). Process Modeling of Low-Pressure Die Casting of Aluminum Alloy Automotive Wheels. *JOM*, 65 (9), 1111–1121. doi: <https://doi.org/10.1007/s11837-013-0677-1>
10. Zhang, C., Fu, Y., Wang, H., Hao, H. (2018). Multi-objective optimization of process parameters during low-pressure die casting of AZ91D magnesium alloy wheel castings. *China Foundry*, 15 (5), 327–332. doi: <https://doi.org/10.1007/s41230-018-8066-6>
11. Budiono, H. D. S., Hadiwardoyo, F. A. (2021). Development of product complexity index in 3D models using a hybrid feature recognition method with rule-based and graph-based methods. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (1 (111)), 47–61. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.227848>
12. Niazi, A., Dai, J. S., Balabani, S., Seneviratne, L. (2006). Product Cost Estimation: Technique Classification and Methodology Review. *Journal of Manufacturing Science and Engineering*, 128 (2), 563–575. doi: <https://doi.org/10.1115/1.2137750>

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.267798

РОЗРОБКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-РОЗРАХУНКОВОЇ МОДЕЛІ ВИПУСКУ ПРОДУКТІВ ЗГОРЯННЯ ПРИ ТЕРМОІМПУЛЬСНІЙ ОБРОБЦІ (с. 6–15)**О. В. Трифонов, О. В. Шипуль, С. І. Планковський, В. О. Гарін**

Об'єктом дослідження є способи забезпечення швидкості та повторюваності роботи клапану випуску продуктів згорання термоімпульсної установки, які є найважливішими параметрами, що забезпечують прецизійність фінішної обробки детонуючими газовими сумішами. Дослідження націлене на аналіз процесу випуску продуктів згорання у клапані запропонованої конструкції; виявлення факторів, які впливають на швидкість його відкриття; встановлення характеру зміни газодинамічних параметрів в камері згорання. Реалізовано експериментальні дослідження на спеціалізованому стенді імітації роботи клапану з вимірюванням тиску в газових порожнинах та контролю переміщення рухомого стакану клапану інкрементальним енкодером. Інформація про положення рухомого стакану отримана в режимі реального часу з вирішальною здатністю 3 мкм. Експериментальне дослідження показало, що збільшення швидкості спрацювання клапану розглянутої конструкції до величин, необхідних для прецизійної термоімпульсної обробки (0,01 с) можливе за умови використання стисненого повітря. Для дослідження процесів течії високотемпературних газів при роботі клапану керованого випуску, частково зануреного у воду, розроблено числову модель. Особливістю моделі є урахування реальних значень сили тертя, що діє на рухому частину клапану, за рахунок введення сили супротиву, що діє на рухомий стакан. Величина цієї сили при заданих початкових умовах призначається з умови забезпечення збігу між розрахунковим часом відкриття клапану та його осередненим значенням, отриманим при натурних експериментах. Для діапазону розрахункових умов виходячи з нижньої межі робочого тиску продуктів згорання у камері термоімпульсного обладнання визначено рівень води, на який клапан необхідно частково занурити для безпечної роботи.

Ключові слова: ТЕМ обробка, керований випуск, числове моделювання, цифровий близнюк.

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.267032

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ І МОДЕЛЮВАННЯ ЗАЛИШКОВИХ НАПРУЖЕНЬ ПРИ ТОРЦЕВОМУ ФРЕЗЕРУВАННІ АІ-6061-Т3 З ВИКОРИСТАННЯМ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ (с. 16–24)**Basma L. Mahdi, Huda H. Dalef, Hiba K. Hussein**

Процес фрезерування є поширеною операцією механічної обробки, яка використовується при виготовленні складних поверхонь. Залишкові напруження (RS), спричинені механічною обробкою, мають великий вплив на характеристики оброблюваних компонентів та якість поверхні при торцевому фрезеруванні з параметричним різанням. Залишкові напруження можуть істотно впливати на властивості конструкційних матеріалів, а також конструктивних компонентів, зокрема втомну довговічність, деформацію, удароміцність, корозійну стійкість і крихке руйнування. Відповідно, для захисту виробу та запобігання руйнуванню важливий контроль розподілу залишкових напружень. У більшості попередніх робіт вивчалися властивості матеріалу, параметри інструменту або параметри різання, але лише деякі з них забезпечували розподіл RS прямим і єдиним способом. Дана робота присвячена вивченню та оптимізації впливу швидкості, подачі та глибини різання для алюмінієвого сплаву 6061-T3 на RS поверхні. Звикористанням ортогональної решітки L27 знайдені оптимальні значення геометричних параметрів. За допомогою штучної нейронної мережі (ШНМ) проведено аналіз та моделювання RS для прогнозування поведінки RS при зміні параметрів процесу механічної обробки. Використання ШНМ для прогнозування поведінки RS при зміні параметрів процесу обробки представлено у якості перспективного методу. Згідно з результатами, в процесі фрезерування RS підвищуються при високій швидкості різання, приблизно проміжної швидкості подачі і більш глибокому різанні. Найвищі залишкові напруження, отримані за допомогою ШНМ, становлять $-135,204 \text{ Н/мм}^2$ при глибині різання 5 мм, подачі 0,25 мм/об і швидкості різання 1000 об/хв. ШНМ можна вважати потужним інструментом для оцінки залишкових напружень.

Ключові слова: торцеве фрезерування, рентгенівська дифракція (XRD), залишкові напруження (RS), алюмінієвий сплав (AA 6061-T3), штучна нейронна мережа (ШНМ).

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.269703

ВИЯВЛЕННЯ ВПЛИВУ КОНСТРУКТИВНИХ І ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПАРАМЕТРІВ ДЕРЕВ'ЯНОГО ГІДРОСТАТИЧНОГО ПІДШИПНИКА НА ЙОГО ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ (с. 25–32)**В. І. Назін**

Дерев'яні підшипники, що змащуються водою та іншими малов'язкими мастильними матеріалами, застосовувалися протягом багатьох століть. У пароплавних двигунах, турбінах гідроелектростанцій і гвинтах підводних човнів пропонується застосувати дерев'яні гідростатичні підшипники, які гарантовано забезпечують рідинне тертя і мають високу надійність.

Об'єктом дослідження є гідростатичні та теплові процеси в опорах ковзання з дерев'яними гідростатичними підшипниками. Вирішувалась проблема впливу конструктивних та експлуатаційних параметрів дерев'яного гідростатичного підшипника на його працездатність. Наведено теоретичні залежності, що дозволяють визначати несучу здатність та підвищення температури у гідростатичному підшипнику. Отримано кількісні значення питомих тисків на робочу поверхню підшипника та підвищення температури робочої рідини за рахунок втрат на тертя та прокачування.

Отримано, що питомий тиск рідини не перевищує меж міцності матеріалу підшипника. Зменшення несучої здатності за рахунок збільшення температури робочої рідини становило 10,95 %, через незначну зміну температури робочої рідини в гідростатичних підшипниках. Результати дослідження дозволяють встановлювати допустимі межі призначення конструктивних та експлуатаційних параметрів гідростатичного підшипника, що забезпечують його працездатність.

Для ефективного використання гідростатичних дерев'яних підшипників на перерахованих об'єктах необхідно мати систему подачі мастила в підшипник під високим тиском. Система повинна включати фільтри для очищення мастила від домішок. Розроблені теоретичні залежності дозволяють проектувальникам гідростатичних підшипників використовувати їх у практичних розрахунках.

Ключові слова: дерев'яний підшипник, питомий тиск, тепловий режим, несуча здатність, експлуатаційні параметри.

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.267037

РОЗРОБКА ПОЛИЧНОГО ПНЕВМОКЛАСИФІКАТОРУ ДЛЯ ПОДІЛУ ПОЛІДИСПЕРСНОЇ СУМІШІ ГРАНУЛЬОВАНОГО СУПЕРФОСФАТУ (с. 33–42)

М. П. Юхименко, Р. О. Острога, Jozef Vocko

Об'єктом дослідження є полідисперсна суміш гранульованого суперфосфату. Наголошується, що існуючі технології гранулювання та переробки гранул призводять до утворення пилових фракцій дрібних частинок. Зміст дрібних фракцій у готовому продукті має бути мінімальним і у зв'язку з цією проблемою ставиться завдання видалення дрібних частинок із суміші. Метою експериментального дослідження є класифікація полідисперсної суміші гранульованого суперфосфату в пневматичному класифікаторі. Апарат містить похилу перфоровану полицю з розвантажувальним простором між кінцем і стінкою апарату. Експериментально виявлено, що максимальна ефективність вилучення у винесення дрібних частинок досягається при ширині розвантажувального простору, що дорівнює 0,5 від довжини сторони перерізу апарату; при ступені перфорації полиці 5%; куті нахилу полиці 25–30°; швидкості газового потоку у вільному перерізі апарату 3,7 м/с. Показано, що ступінь вилучення у винесення дрібної фракції розміром менше 1 мм досягає 70–75%, вміст дрібної фракції у виносі дорівнює 96–98%, а великої – менше 5%. Шляхом обробки експериментальних даних отримано емпіричне рівняння, що дозволяє визначити концентрацію частинок у газовому потоці окремих фракцій матеріалу. Показано, що за рахунок реалізації активного аеродинамічного режиму зважування, пневмокласифікатор полиць працює при питомих навантаженнях за витратою повітряного потоку менших, ніж типові конструкції сепараторів псевдозрідженого шару. Зазначається, що ефективна робота полиць пневмокласифікатору у виробництві гранульованих мінеральних добрив забезпечується за продуктивності не більше 10–12 т/год. При більшій продуктивності виникає потреба в установці кількох апаратів у технологічній лінії.

Ключові слова: гранульовані добрива, пневмокласифікатор, споживання енергії, енергоефективність, дрібна фракція, винесення, енергозбереження.

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.269964

РОЗРОБКА МЕТОДИКИ БЕЗПЕКИ НА ШТУЧНИХ СПОРУДАХ ЗАЛІЗНИЧНИХ ЛІНІЙ (с. 43–52)

Assem Akbayeva, Gulzhan Muratbekova, Zhanar Altayeva, Ivan Bondar, Serik Abibullayev, Saule Bekzhanova, Mikhail Kvashnin

Численні випадки деформування техногенних об'єктів у транспортній галузі при зростаючих осьових навантаженнях та швидкостях руху загострюють необхідність вирішення проблем раннього розпізнавання характеру та причин деформацій елементів конструкцій. Необхідність цього обумовлена тим, що руйнації та аварії, що виникають внаслідок деформаційних процесів, завдають величезних економічних, соціальних та екологічних збитків, несумісних із витратами коштів на захисні заходи.

Об'єктом дослідження у статті є залізнична естакада, що складається з двох прольотів ребристої залізобетонної балки. Визначення залишкового ресурсу за несучою здатністю та вантажопідйомністю залізничної естакади є основним завданням. Авторами отримані згинальні деформації (напруги), частоти власних коливань та режими роботи конструкцій прогонових будов залізничних естакад. Про ступінь пошкодження прогонових будов залізничної естакади можна судити з відхилення розрахункових значень амплітудно-фазочастотних характеристик (АФЧХ) від нормативних значень. Особливістю даного дослідження є те, що власні частоти коливань залізничної естакади визначаються або за «хвостами» експериментальних віброграм (осцилограм) після зняття навантаження з прогонової будови. При експрес-діагностиці залізничних шляхопроводів як параметри, що характеризують технічний стан, використовують відносні деформації (напруги) балкових прольотів у середині прольоту, першу частоту (період) власних коливань балкових залізобетонних прольотів залізничних шляхопроводів, із прольотів. Наведено результати випробувань та оглядів шляхопроводів для забезпечення їх безпечної експлуатації.

Ключові слова: безпека руху, дорожнє полотно, згинальна деформація, власні частоти, форми вібрації, вібродіагностика.

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.269138

ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ УМОВ ЗАХОПЛЕННЯ ВОЛОКОН РОБОЧИМ БАРАБАНОМ ЗА НІЖ У ВАЛКОВИХ ДЖИНАХ (с. 53–61)

Fazil Veliev

Валичне джинування забезпечує в 2–3 рази менше механічних пошкоджень бавовняного волокна, ніж пиляльне. Ці позитивні моменти визначили останніми роками спроби джинувати і середньоволокнисту бавовну на валичних джинах. Однак низька продуктивність валичних джинувань у порівнянні з пиляльними не дозволяє поки що повністю перейти на цей процес.

Для створення валичних джинувань високої ефективності необхідно глибоко вивчити механіку основних процесів взаємодії бавовни-сирцю з робочими органами джину. Необхідно визначити резерви підвищення ефективності процесу захоплення та затягування волокна за ніж, дослідити механіку процесу відбою насіння та знайти нові рішення для зниження їх ушкодження.

В результаті проведених досліджень розроблено математичну модель процесу валичного джинування, яка дозволяє визначити вплив технологічних та конструктивних параметрів валичного джину на ефективність процесу. Це дозволяє обґрунтовано застосовувати змінне періодичне фрикційне поле між ножем і робочим барабаном.

При вивченні кінематики взаємодії поверхні робочого барабана з ножем отримані залежності для прискорення точок поверхні робочого барабана перед заходом за ніж, що дозволяють визначити сили, які діють на волокно при його захопленні мікронерівнями барабана.

При дослідженні процесу затягування волокна парю робочий барабан-нерухомий ніж визначено умови джинування волокон летучки та залежність продуктивності від середнього тиску в контакті ножа з барабаном. Вивчення впливу жорстких характеристик системи робочий барабан-ніж на джинууючу здатність валичного джину дозволило розкрити нові резерви підвищення ефективності валичного джинування.

Ключові слова: поверхня барабана, зусилля затягування, ніж-барабан, волокно летучки, клиновий зазор.

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.267799

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ТА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЦЕСУ СТАБІЛІЗАЦІЇ ВАКУУМНОГО РЕЖИМУ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ДОЇЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ (с. 62–69)

Е. Б. Алієв, А. П. Палій, А. П. Палій, В. М. Кісь, А. В. Левкін, Я. М. Котко, І. В. Левченко, М. І. Шкурко, С. В. Свисенко, В. В. Севастьянов

Висунуто наукову гіпотезу, згідно з якою підвищення ефективності використання вакуумної системи доїльного устаткування із верхнім молокопроводом із механічними пульсаторами може бути досягнуто шляхом прогнозування її залишкового ресурсу. А також з подальшим плануванням технічного обслуговування та виявлення закономірностей і залежностей, що характеризують зазначені процеси.

В результаті проведення експериментальних досліджень зміни техніко-технологічних параметрів вакуумної системи молочно-доїльного обладнання із верхнім молокопроводом із механічними пульсаторами емпірично підтвержені отримані теоретичні залежності з коефіцієнтом їх кореляції $r=0,971-0,972$. А саме: величини робочого вакууму, частоти пульсацій, співвідношення тактів пульсацій і сили натягу дійкової гуми в залежності від часу експлуатації. Встановлено, що після 175 год. експлуатації доїльної стаціонарної установки величина робочого вакууму зменшилась на 4 %, частота пульсації – 14 %, співвідношення тактів пульсацій – 16 %, сила натягу дійкової гуми – 21 %.

На основі отриманих залежностей, що увійшли до методики прогнозування ресурсу вакуумної системи молочно-доїльного обладнання із верхнім молокопроводом із механічними пульсаторами, розроблено програмний пакет «Alt viewer 1.0». Він призначений для відображення та автоматичної обробки результатів вимірювань техніко-технологічних параметрів доїльного обладнання за допомогою розробленого Тестера доїльних установок v. 2.0. Програма виконує наступні основні функції: зчитування результатів вимірювання з карти пам'яті, їх декодування, відображення в табличному та графічному вигляді. А також обчислення параметрів пульсацій та формування звіту, прогнозування ресурсу вузлів вакуумної системи. Програма також передбачає зберігання інформації про калібрувальні коефіцієнти сенсорів тиску, витратоміра повітря, а також про частоту опитування сенсорів при вимірюванні пульсацій та флуктуацій робочого вакууму.

Ключові слова: машинне доїння, молочно-доїльне обладнання, вакуумна система, частота пульсації, дійкова гума, прогнозування ресурсу.

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.267797

РОЗРОБКА ІМІТАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ РОЗРАХУНКУ ТРУДОМІСТКОСТІ ДОДРУКАРСЬКОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ КНИГ З АУДІОСУПРОВОДОМ (с. 70–82)

Т. В. Горова, О. О. Палох, Я. В. Зоренко, В. Г. Олійник

Об'єктом дослідження є додрукарські процеси виготовлення книг з аудіосупроводом. Проведені аналітичні та експериментальні дослідження ґрунтуються на застосуванні методики розроблення імітаційної моделі розрахунку трудомісткості додрукарських процесів виготовлення друкованих книг зі звуковими додатками. Основне припущення дослідження полягає в тому, що використання імітаційного моделювання сприятиме удосконаленню розрахунків трудомісткості додрукарських процесів виготовлення книг з аудіосупроводом. Цього неможливо досягнути без аналізу факторів впливу на зручність сприйняття текстової й звукової інформації та встановлення цільової функції взаємодії тексту видання та аудіосупроводу. Запропоновано методику розрахунку трудомісткості додрукарського процесу виготовлення книг з аудіосупроводом на основі розробленого алгоритму технологічного процесу, математичного представлення структурної моделі та її компонентів. Показано, що на процес створення аудіосупроводу впливає місткість друкованих сторінок, параметри шрифтового оформлення, обраний формат сторінок складання, наявність ілюстрацій. На основі визначених експертних оцінок побудовано ієрархічне представлення факторів впливу на зручність сприйняття інформації, описано взаємодію параметрів на різних технологічних етапах. Встановлено залежності трудомісткості процесу виготовлення книг з аудіосупроводом від обсягу книжкового видання в обліково-видавничих аркушах, кегля та місткості шрифту, швидкості звукозапису друкованого тексту. Визначено, що зі збільшенням місткості шрифту у межах 200...1000 тис. знаків, розрахована трудомісткість зростає від 5 % до 20 %. Збільшувальні межі змін трудомісткості створення аудіосупроводу складають 9 %, етапу обробки графічної інформації 50 %.

Ключові слова: імітаційна модель, трудомісткість додрукарського процесу, аудіосупровід, місткість шрифту, швидкість звукозапису.

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.268285

ЧИСЕЛЬНІ РІШЕННЯ ПРОБЛЕМ УТВОРЕННЯ ТРІЩИН ПРИ ФОРМУВАННІ ЕЛАСТОМЕРУ (с. 83–90)

Badr Kamoon, Salam O. Dahi, Hamzah Kadhim

Термореактивні еластомери часто називають каучуком. Він характеризується хімічним зв'язком між полімерними ланцюгами. Однією з істотних проблем, з якими стикаються виробники еластомерів та експлуатовані деталі з каучуку, є утворення тріщин. Важливим завданням є прогнозування основних факторів, що впливають на траєкторії поширення тріщин під час формування та після затвердіння. Для цієї мети було проведено чисельний аналіз з використанням комерційного програмного пакету ABAQUS/CAE. Для прогнозування важливих факторів, що впливають на цей процес, була створена тривимірна модель. Аналіз детально вивчає вплив швидкості формування та кількості кінетичної енергії на деформацію каучукового матеріалу та поширення тріщин за допомогою різних швидкостей штампування. Швидкість падіння верхньої вставки (пуансона) на гумову прокладку прийнята рівною 10 м/с, 7 м/с

та 5 м/с відповідно. Отже, у той час як кожна швидкість формування генеруватиме різну кінетичну енергію між поверхнями взаємодії, зміну поведінки тріщин і нормальне напруження можна відстежувати в різних положеннях. В результаті було виявлено, що серед даних швидкостей кращою є низька швидкість формування верхньої вставки (пуансона) при формуванні каучуку з мінімальними значеннями тріщин і деформацій. Крім того, кількість кінетичної енергії досить невелика у разі низьких швидкостей і може суттєво вплинути на результати. Також встановлено, що створювані напруження мають значний вплив на розвиток тріщин у певній області, особливо поблизу заокруглень і гострих кромок. Зроблено висновок, що розрахунок параметрів, що впливають на ріст тріщин, та прогнозування траєкторій поширення тріщин за допомогою методу кінцевих елементів є важливим способом прогнозування та вирішення проблем утворення тріщин до виготовлення інструменту.

Ключові слова: тріщини в каучуку, гумова прокладка, чисельний аналіз, формування еластомеру, поширення тріщин, ABAQUS.

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.268178

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЗАСАД ТЕХНІЧНОГО КОНТРОЛЮ АВТОБУСНИХ КУЗОВІВ ПІД ЧАС ЕКСПЛУАТАЦІЇ З УМОВ ПАСИВНОЇ БЕЗПЕКИ (с. 91–100)

Д. П. Рубан, Л. В. Крайник, Г. Я. Рубан, М. Г. Грубель, Р. В. Дужий, А. С. Бабарига

Об'єкт дослідження – допустимі межі старіння кузовів автобусів під час експлуатації та формування відповідних рекомендацій для їх контролю з умов відповідності кузова правилам пасивної безпеки.

За існуючим методом нова модель автобуса перевіряється на відповідність пасивній безпеці руйнівним методом. Але під час експлуатації фізико-механічні властивості кузова погіршуються до моменту невідповідності вимогам пасивної безпеки. Тому розроблено засади технічного контролю кузовів автобусів з умов пасивної безпеки неруйнівними методами, реалізація яких стала можливою під час експлуатації автобусів. Запропоновано 3 варіанти реалізації.

При першому варіанті візуальний контроль доповнюється засобом вимірювання – ультразвуковим товщиноміром для вимірювання товщини труб каркасу. Такий метод раніше не застосовувався при сертифікації автотранспорту.

Другий варіант передбачає перевірку механічних властивостей під час відновлювальних ремонтів на розривній машині. Доведено, що під час відновлювальних ремонтів автобусів межа витривалості сталевих елементів каркасу кузова зменшується в 1,14–3,33 рази.

При третьому варіанті вдосконалено методику моделювання та розрахунку напружено-деформованого стану кузова на базі методу скінченних елементів врахуванням впливу корозії і втомної міцності металу каркасу. При моделюванні деформація стійок кузова перевищувала допустимі значення в 1,5–2,0 рази. Такий неруйнівний метод дозволяє перевіряти автобус на відповідність вимогам пасивної безпеки під час експлуатації, що раніше було неможливим.

Сфера практичного використання – впровадження результатів досліджень в реальну практику експлуатації автобусів на законодавчому рівні.

Отримані результати підходять для контролю технічного стану автобусів неруйнівними методами під час експлуатації.

Ключові слова: експлуатація автобусів, кузов автобуса, пасивна безпека, неруйнівний контроль.

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.264984

РОЗРОБКА ПОКАЗНИКА СКЛАДНОСТІ ПРОЦЕСУ ЛИТТЯ ПІД НИЗЬКИМ ТИСКОМ ДЛЯ РАНЬНОЇ ОЦІНКИ КОНСТРУКЦІЇ ВИРОБУ (с. 101–108)

Hendri Dwi Saptioratri Budiono, Dian Nurdian, Mohammad Akita Indianto, Henky Suskito Nugroho

Дизайн продукту є ключовим моментом для виробничої галузі для того щоб конкурувати у нинішню епоху. Невміння планувати дизайн продукту означає програш над ринком і відставання від конкурентів. Один із способів всебічної оцінки одного проекту – аналіз його складності. Складність аналізує як параметри чіткого уявлення, такі як геометрія і час обробки, а й параметри всієї конструкції, включаючи процес її виробництва. У цій статті розроблено індекс складності процесу лиття під низьким тиском. Процес лиття – це унікальний процес, який залежить від плавлення та затвердіння матеріалу у формі. Аналіз складності лиття під низьким тиском ще належить зробити. У тематичному дослідженні використовувалися три різні головки циліндрів, виготовлені методом лиття під низьким тиском, з типами продуктів 3SZ, 1TR та 2TR. Аналіз складності процесу виконується на основі фізичних та нефізичних параметрів процесу ЛПНТ. До фізичних параметрів відносяться пристрої, інструменти, датчики і машини. Нефізичні параметри визначаються особливостями та специфікаціями підпроцесу лиття під низьким тиском: схоплювання, заповнення, затвердіння та обробка. Аналіз успішно визначає складність кожного продукту: 1TR має індекс 7,08, 2TR – 6,93, 3SZ – 5,14. Цей розроблений індекс складності можна використовувати для раннього проектування продукту та оцінки вартості.

Ключові слова: проектний аналіз, ЛПНТ, індекс складності процесу.