

## ABSTRACT AND REFERENCES

## ENGINEERING TECHNOLOGICAL SYSTEMS

**DOI: 10.15587/1729-4061.2020.212150**  
**THE MODERNIZATION CONCEPT OF AIRCRAFT**  
**An-26 AND An-140 BASED ON THE USE OF**  
**A HYBRID POWER SYSTEM (p. 6–17)**

**Volodymyr Shmyrov**

Antonov Company, Kyiv, Ukraine

**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-8617-7928>

**Vasyl Loginov**

National Aerospace University

«Kharkiv Aviation Institute», Kharkiv, Ukraine

**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0003-4915-7407>

**Sergii Fil**

Antonov Company, Kyiv, Ukraine

**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-2252-2032>

**Andrii Khaustov**

Antonov Company, Kyiv, Ukraine

**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-4439-5863>

**Olexander Bondarchuk**

Antonov Company, Kyiv, Ukraine

**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-0582-7301>

**Andrii Kalashnikov**

Antonov Company, Kyiv, Ukraine

**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-4540-3474>

**Glib Khmelniyskiy**

Antonov Company, Kyiv, Ukraine

**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-8197-1436>

This paper reports a modernization concept of aircraft An-26 and An-140 based on the use of a hybrid basic propulsion system (HBPS). The study object is the aircraft of transport and passenger categories in the weight dimension from 20 to 25 tons. The analysis of the ways of modernization has shown that under the new market conditions two directions in the development of light aircraft «Antonov» become relevant. The first is the modernization of the existing fleet of An-26, the second is the construction of an An-140T ramp transport variant based on the An-140 aircraft. One of the considered ways of such modernization is to equip the aircraft with hybrid basic propulsion systems consisting of the gas-turbine and power electric motors, which drive the rotation of the propeller.

The use of HBPS makes it possible to optimize the operation of the gas-turbine engine over a narrow traction-speed range – only for the cruising section of the flight. This makes it possible to design a GTE with high fuel and weight efficiency. In this case, noise and harmful emissions could be significantly lower.

The analysis has been given of existing aviation hybrid propulsion systems with recommendations on the choice of the optimal scheme to modernize aircraft An-26 and An-140. It is proposed to solve the task by choosing the option of a basic propulsion system with a moderate degree of hybridization, based on the well-established engine TV3-117VMA-SBM1.

That improves the flight range of An-26 and An-140 with a payload capacity of 4.5–5 tons by 1.4–1.7 times, respectively.

The results obtained confirm the correctness of the proposed modernization concept. The analysis results demonstrate a signifi-

cant improvement in the flight characteristics of the aircraft, as well as compliance with current and projected environmental standards. The results reported could be recommended for the practical modernization of aircraft An-26 and An-140.

**Keywords:** modernization, hybrid basic propulsion system, rechargeable battery, control and switching tools.

#### References

1. Skol'ko stoit samolet? Available at: <http://www.ato.ru/34/to05.html>
2. Pornet, C. (2015). Electric Drives for Propulsion System of Transport Aircraft. *New Applications of Electric Drives*. doi: <https://doi.org/10.5772/61506>
3. Aigner, B., Nollmann, M., Stumpf, E. (2018). Design of a hybrid electric propulsion system within a preliminary aircraft design software environment. *DeutscherLuft- und Raumfahrtkongress*. doi: <http://doi.org/10.25967/480153>
4. Airbus i Siemens budut sozdavat' elektricheskie i gibridnye aviatsionnye dvigateli. Available at: <https://habr.com/ru/post/392869/>
5. 5 sovremennyh tendentsiy v aerokosmicheskoy otrasli. Available at: <https://www.soften.com.ua/blogs/ansys/5-sovremennykh-tendentsij-v-aerokosmicheskoy-otrasli.html>
6. Prapotnik Brdник, A., Kamnik, R., Marksel, M., Božičnik, S. (2019). Market and Technological Perspectives for the New Generation of Regional Passenger Aircraft. *Energies*, 12 (10), 1864. doi: <https://doi.org/10.3390/en12101864>
7. Palkin, V. A. (2019). Review of works in the USA and Europe on aero engines for civil aircraft of 2020...2040's. *Aviatsionnye dvigateli*, 3 (4), 63–83.
8. PressKit Paris Air Show 2019 - Safran and aviation's electric future. Available at: [https://www.safran-group.com/sites/group/files/dp\\_safran\\_bourget\\_2019\\_safran\\_and\\_aviations\\_electric\\_future\\_en.pdf](https://www.safran-group.com/sites/group/files/dp_safran_bourget_2019_safran_and_aviations_electric_future_en.pdf)
9. Makarenko, N. (2020). Gibridniy dvigatel' dlya samoleta: proryv ili otlozhennoe reshenie. Available at: <https://naukatehnika.com/gibridnyj-dvigatel-dlya-samoleta.html>
10. Hoelzen, J., Liu, Y., Bensmann, B., Winnefeld, C., Elham, A., Friedrichs, J., Hanke-Rauschenbach, R. (2018). Conceptual Design of Operation Strategies for Hybrid Electric Aircraft. *Energies*, 11 (1), 217. doi: <https://doi.org/10.3390/en11010217>
11. Strack, M., Pinho Chiozzotto, G., Iwanizki, M., Plohr, M., Kuhn, M. (2017). Conceptual Design Assessment of Advanced Hybrid Electric Turboprop Aircraft Configurations. 17th AIAA Aviation Technology, Integration, and Operations Conference. doi: <https://doi.org/10.2514/6.2017-3068>
12. Kim, H. D., Perry, A. T., Ansell, P. J. (2018). A Review of Distributed Electric Propulsion Concepts for Air Vehicle Technology. 2018 AIAA/IEEE Electric Aircraft Technologies Symposium. doi: <https://doi.org/10.2514/6.2018-4998>
13. Jansen, R., Bowman, C., Jankovsky, A., Dyson, R., Felder, J. (2017). Overview of NASA Electrified Aircraft Propulsion (EAP) Research for Large Subsonic Transports. 53rd AIAA/SAE/ASEE Joint Propulsion Conference. doi: <https://doi.org/10.2514/6.2017-4701>
14. Lebreton, Th., Way, G., Ebenhoch, G. (2019). A Technology Roadmap for Future Aircraft Propulsion Systems. The 8th European Tandem Aeronautics Days. Bucharest.
15. Gordin, M. V., Palkin, V. A. (2019). Concepts of aero engines for advanced civil aircraft. *Aviatsionnye dvigateli*, 3 (4), 7–16.
16. Flight Fleet Forecast 2018–2037. Technical Report. FlightGlobal.
17. Dieter, S. (2018). Evaluating Aircraft with Electric and Hybrid Propulsion. *Electric & Hybrid Aerospace Technology Symposium 2018*. Cologne. Available at: <https://www.fzt.haw-hamburg.de/pers/>

- Scholz/Aero/SCHOLZ\_DIETER-2018\_PRE\_EHA2018\_EvaluatingAircraftWithHybridPropulsion\_18-11-08.pdf
18. Warwick, G. (2018). Zunum Picks Safran Turbine for Hybrid-Electric Airliner. *Aviation Week & Space Technology*.
  19. Warwick, G. (2019). UTC'S Electric Transformation. *Aviation Week & Space Technology*, 56–58.
  20. Desaer has first order for ATL-100 turboprop. Available at: <https://www.airway1.com/desaer-has-first-order-for-atl-100-turboprop/>
  21. Meier, R. (2019). First Cessna SkyCourier has wings and fuselage joined. Available at: <https://www.airway1.com/first-cessna-skycourier-has-wings-and-fuselage-joined/>
  22. Norris, G. (2018). GE's Catalyst Could Lead Way to Hybrid-Electric Power. *Aviation Week & Space Technology*, 24.
  23. Voskuijl, M., van Bogaert, J., Rao, A. G. (2017). Analysis and design of hybrid electric regional turboprop aircraft. *CEAS Aeronautical Journal*, 9 (1), 15–25. doi: <https://doi.org/10.1007/s13272-017-0272-1>
  24. Reimers, J. O. (2018). Introduction of Electric Aviation in Norway. Available at: <https://avinor.no/contentassets/c29b7a7ec1164e5d8f7500f8fef810cc/introduction-of-electric-aircraft-in-norway.pdf>
  25. Garrett-Glaser, B. (2019). Embraer and Brazilian Air Force to Study Joint Development of Hybrid-Electric Military Aircraft. *Aviation Today*. Available at: <https://www.aviationtoday.com/2019/12/20/embraer-brazilian-air-force-study-joint-development-hybrid-electric-military-aircraft/>

DOI: 10.15587/1729-4061.2020.211752

#### ENSURING THE FUNCTIONAL PROPERTIES OF RESPONSIBLE STRUCTURAL PLASTIC ELEMENTS BY MEANS OF 3-D PRINTING (p. 18–28)

**Alexandr Salenko**

National Technical University of Ukraine  
«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine  
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5685-6225>

**Petro Melnychuk**

Zhytomyr Polytechnic State University,  
Zhytomyr, Ukraine  
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7071-651X>

**Evgeny Lashko**

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi  
National University, Kremenchuk, Ukraine  
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9691-4648>

**Olga Chencheva**

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi  
National University, Kremenchuk, Ukraine  
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8826-3248>

**Oleksiy Titarenko**

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi  
National University, Kremenchuk, Ukraine  
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7049-7265>

**Igor Derevianko**

Yuzhnoye State Design Office, Dnipro, Ukraine  
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1477-3173>

**Alexandr Samusenko**

Yuzhnoye State Design Office, Dnipro, Ukraine  
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8083-5646>

This paper addresses the issues relating to the use of 3-D printing tools in order to manufacture the structural elements of machines

and apparatuses. The features of printing with the application of PLA-Carbon and PEEK (PEEK-Carbon) plastics have been analyzed. It is shown that printing that employs PEEK-plastic is accompanied by a series of problems associated with the high residual thermal stresses at cooling the material, as well as with the issue of adhesion to the laying surface, which should maintain its properties to a temperature of 420 °C. The causes of defects in the printing of articles with a significant process duration (longer than 12 hours) have been analyzed. It is shown that the most acute problem has been the interlayer grip, which predetermines the anisotropy of the properties of the finished product.

It has been proven that the use of PEEK plastic makes it possible to produce force elements by applying special print heads. Particular attention should be paid to the reliable connection between a printed element and the base (table) because the peeling and deformation of the base surface are one of the main causes of geometric defects, which subsequently predetermine the structural defects.

Mechanical tests of finished products have been performed, including vacuum and degassing research. It is established that the destruction of samples, in general, corresponds to classical ideas about the destruction of a quasi-fragile body when it comes to the phenomena occurring in the plane of the material's layers. Thus, any form printed by a printer is an orthotropic article whose behavior is satisfactorily described by Griffiths theory. At the same time, the strength characteristics, as well as elastic properties of a product demonstrate significant axial (orthotropic) differences.

It is also shown that the functional properties of a product are ensured by the comprehensive dynamic-moving and thermobaric influence on the melt of the material in the space behind a nozzle owing to which the planes of adhesion and hollowness of the finished product are formed.

The recommendations have been formulated for preventing defects and the elimination of delamination phenomena, errors in the geometric parameters of a product; it has been concluded that it is appropriate to implement these processes into production.

**Keywords:** 3-D printing, additive processes, PEEK filament, extrusion, vacuum research, mechanical testing.

#### References

1. Xu, Y., Deng, C. (2017). An investigation on 3D printing technology for power electronic converters. 2017 IEEE 8th International Symposium on Power Electronics for Distributed Generation Systems (PEDG). doi: <https://doi.org/10.1109/pedg.2017.7972486>
2. Shahrubudin, N., Lee, T. C., Ramlan, R. (2019). An Overview on 3D Printing Technology: Technological, Materials, and Applications. *Procedia Manufacturing*, 35, 1286–1296. doi: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.06.089>
3. Wang, X., Jiang, M., Zhou, Z., Gou, J., Hui, D. (2017). 3D printing of polymer matrix composites: A review and prospective. *Composites Part B: Engineering*, 110, 442–458. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2016.11.034>
4. Joshi, S. C., Sheikh, A. A. (2015). 3D printing in aerospace and its long-term sustainability. *Virtual and Physical Prototyping*, 10 (4), 175–185. doi: <https://doi.org/10.1080/17452759.2015.1111519>
5. Wang, Y., Blache, R., Xu, X. (2017). Selection of additive manufacturing processes. *Rapid Prototyping Journal*, 23 (2), 434–447. doi: <https://doi.org/10.1108/rpj-09-2015-0123>
6. Samykano, M., Selvamani, S. K., Kadirgama, K., Ngui, W. K., Kanagaraj, G., Sudhakar, K. (2019). Mechanical property of FDM printed ABS: influence of printing parameters. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 102 (9-12), 2779–2796. doi: <https://doi.org/10.1007/s00170-019-03313-0>

7. Dizon, J. R. C., Espera, A. H., Chen, Q., Advincula, R. C. (2018). Mechanical characterization of 3D-printed polymers. *Additive Manufacturing*, 20, 44–67. doi: <https://doi.org/10.1016/j.addma.2017.12.002>
8. Caminero, M. A., Chacón, J. M., García-Moreno, I., Rodríguez, G. P. (2018). Impact damage resistance of 3D printed continuous fibre reinforced thermoplastic composites using fused deposition modelling. *Composites Part B: Engineering*, 148, 93–103. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2018.04.054>
9. Gardan, J., Makke, A., Recho, N. (2016). A Method to Improve the Fracture Toughness Using 3D Printing by Extrusion Deposition. *Procedia Structural Integrity*, 2, 144–151. doi: <https://doi.org/10.1016/j.prostr.2016.06.019>
10. Baumann, F., Bugdayci, H., Grunert, J., Keller, E., Roller, D. (2015). Influence of slicing tools on quality of 3D printed parts. *Computer-Aided Design and Applications*, 13 (1), 14–31. doi: <https://doi.org/10.1080/16864360.2015.1059184>
11. Keleş, Ö., Blevins, C. W., Bowman, K. J. (2017). Effect of build orientation on the mechanical reliability of 3D printed ABS. *Rapid Prototyping Journal*, 23 (2), 320–328. doi: <https://doi.org/10.1108/rpj-09-2015-0122>
12. Yang, Y. F., Tang, C. A., Xia, K. W. (2012). Study on crack curving and branching mechanism in quasi-brittle materials under dynamic biaxial loading. *International Journal of Fracture*, 177 (1), 53–72. doi: <https://doi.org/10.1007/s10704-012-9755-6>
13. Ma, G., Dong, Q., Wang, L. (2018). Experimental investigation on the cracking behavior of 3D printed kinked fissure. *Science China Technological Sciences*, 61 (12), 1872–1881. doi: <https://doi.org/10.1007/s11431-017-9192-7>
14. Zeng, Q., Tonge, A. L., Ramesh, K. T. (2019). A multi-mechanism constitutive model for the dynamic failure of quasi-brittle materials. Part I: Amorphization as a failure mode. *Journal of the Mechanics and Physics of Solids*, 130, 370–392. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jmps.2019.06.012>
15. Zeng, Q., Tonge, A. L., Ramesh, K. T. (2019). A multi-mechanism constitutive model for the dynamic failure of quasi-brittle materials. Part II: Integrative model. *Journal of the Mechanics and Physics of Solids*, 131, 20–42. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jmps.2019.06.015>
16. Salenko, A., Chencheva, O., Lashko, E., Shchetynin, V., Klimenko, S., Samusenko, A. et al. (2018). Forming a defective surface layer when cutting parts made from carbon-carbon and carbon-polymeric composites. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (1 (94)), 61–72. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.139556>
17. Salenko, A., Chencheva, O., Glukhova, V., Shchetynin, V., Budar, M. R. F., Klimenko, S., Lashko, E. (2020). Effect of slime and dust emission on micro-cutting when processing carbon-carbon composites. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (1 (105)), 38–51. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.203279>
18. Dragobetskii, V., Zagirnyak, V., Shlyk, S., Shapoval, A., Naumova, O. (2019). Application of explosion treatment methods for production Items of powder materials. *Przegląd elektrotechniczny*, 1 (5), 41–44. doi: <https://doi.org/10.15199/48.2019.05.10>

**DOI: 10.15587/1729-4061.2020.202184**  
**DESIGN AND DEVELOPMENT OF HIGH-ACCURACY MACHINE FOR WIRE BENDING (p. 29–35)**

**Faiz F. Mustafa**

University of Baghdad, Baghdad, Iraq  
**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0001-5036-904X>

**O. Hussein**

University of Baghdad, Baghdad, Iraq  
**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-4318-0609>

**Osamah F. Fakhri**

University of Baghdad, Baghdad, Iraq  
**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0001-8722-2279>

**Ahmed H. Sabri**

University Tenaga Nasional, Selangor, Malaysia  
**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-2736-5582>

The use of a bending machine acquired a high level of importance as a consequence of increasing the level of the industry. This paper aims to develop a more accurate and precise bending machine. The proposed bending machine has achieved brilliant output products, in which three main manufacturing parameters have been examined for the production of an equilateral triangle, which are flange length, bending angle and bending radius. The main point depends on the proposed algorithm, which has been developed based on separating the process, in which the central controller is responsible mainly for controlling the sub-controller, where the sub-controllers are programmed using PID to control the entire mechanisms of feeding and bending separately and ensure that the outcomes of these mechanisms are compatible with the input data from the central controller. Ten different dimensions of an equilateral triangle design sample with ten tries for each dimension (variable flange length, fixed bending angle equals to 60 degrees and bending radius equals to 3 mm) have been selected being produced using the bending machine, and the products have been formed two times. Firstly, using the proposed bending machine, in which the proposed algorithm is applied. Secondly, using the bending machine implemented without applying the proposed algorithm. The results have been compared in terms of error rates with respect to the standard design of products designed using CAD/CAM application. An enhancement has been recorded in terms of product accuracy and precision for the parameters of flange length, bending angle and bending radius. The overall accuracy level reaches up to 98.85228 % for a product manufactured using the proposed machine by applying the proposed algorithm compared with a product made with the machine designed without the proposed algorithm.

**Keywords:** bending machine, accuracy, precision, equilateral triangle, flange length, bending angle, bending radius, proposed algorithm, CAD/CAM application.

## References

1. Telrandhe, R. G., Ikhar, D. R., Gawande, A. C. (2020). Development and Fabrication of Automated Paper Recycling Machine. *Advances in Materials and Manufacturing Engineering*, 289–295. doi: [https://doi.org/10.1007/978-981-15-1307-7\\_32](https://doi.org/10.1007/978-981-15-1307-7_32)
2. Rembold, U. (1985). *Computer-integrated manufacturing technology and systems*. Marcel Dekker Inc., 790.
3. Wright, D. N., Vardoy, A.-S. B., Belle, B. D., Visser Taklo, M. M., Haggel, O., Xie, L. et al. (2017). Bending machine for testing reliability of flexible electronics. 2017 IMAPS Nordic Conference on Microelectronics Packaging (NordPac). doi: <https://doi.org/10.1109/nordpac.2017.7993162>
4. Abdulsattar, N. N. N., Mustafa, F. F., Hadi, S. M. (2019). Design and Implementation of SCADA System for Sugar Production Line. *Al-Khwarizmi Engineering Journal*, 15 (2), 80–88. doi: <https://doi.org/10.22153/kej.2019.01.002>
5. Karem, I. S., A.Wahabt, T. A. J., Yahyh, M. J. (2017). Design and Implementation for 3-DoF SCARA Robot based PLC. *Al-Khwarizmi Engineering Journal*, 13 (2). doi: <https://doi.org/10.22153/kej.2017.01.002>
6. Kunakov, E. P. (2018). Improvement of the Technological Process of Pipe Bending with the Introduction of Digital Technologies

- and Information Security Requirements. 2018 IEEE International Conference «Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies» (IT&QM&IS). doi: <https://doi.org/10.1109/itmqs.2018.8525005>
7. Qin, Y. (Ed.) (2015). Micromanufacturing engineering and technology. William Andrew, 858. doi: <https://doi.org/10.1016/c2013-0-19351-8>
  8. Fu, M. W., Chan, W. L. (2012). A review on the state-of-the-art microforming technologies. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 67 (9-12), 2411–2437. doi: <https://doi.org/10.1007/s00170-012-4661-7>
  9. Hu, Z., Labudovic, M., Wang, H., Kovacevic, R. (2001). Computer simulation and experimental investigation of sheet metal bending using laser beam scanning. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 41 (4), 589–607. doi: [https://doi.org/10.1016/s0890-6955\(00\)00058-4](https://doi.org/10.1016/s0890-6955(00)00058-4)
  10. Dufflou, J. R., Váncza, J., Aereus, R. (2005). Computer aided process planning for sheet metal bending: A state of the art. *Computers in Industry*, 56 (7), 747–771. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compind.2005.04.001>
  11. Jabavathi, J. D., Sait, H., Rajkumar, K., Ehsan, R. M., Vinod, S. (2019). Servo Inverter Design for High Performance Multi-axis CNC Tube Bending Machine. 2019 Fifth International Conference on Electrical Energy Systems (ICEES). doi: <https://doi.org/10.1109/icees.2019.8719299>
  12. Yang, S.-M., Lin, K.-W. (2016). Automatic Control Loop Tuning for Permanent-Magnet AC Servo Motor Drives. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 63 (3), 1499–1506. doi: <https://doi.org/10.1109/tie.2015.2495300>
  13. Jung, J.-W., Leu, V. Q., Do, T. D., Kim, E.-K., Choi, H. H. (2015). Adaptive PID Speed Control Design for Permanent Magnet Synchronous Motor Drives. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 30 (2), 900–908. doi: <https://doi.org/10.1109/tpe.2014.2311462>
  14. Simhachalam, D., Dey, C., Mudi, R. K. (2012). An auto-tuning PD controller for DC servo position control system. 2012 2nd International Conference on Power, Control and Embedded Systems. doi: <https://doi.org/10.1109/icpces.2012.6508121>
  15. Kim, K.-H. (2005). Nonlinear speed control for a PM synchronous motor with a sequential parameter auto-tuning algorithm. *IEE Proceedings - Electric Power Applications*, 152 (5), 1253. doi: <https://doi.org/10.1049/ip-epa:20050037>
  16. Calvini, M., Carpita, M., Formentini, A., Marchesoni, M. (2015). PSO-Based Self-Commissioning of Electrical Motor Drives. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 62 (2), 768–776. doi: <https://doi.org/10.1109/tie.2014.2349478>
  17. S Karnaukh, S. G., Markov, O. E., Aliieva, L. I., Kukhar, V. V. (2020). Designing and researching of the equipment for cutting by breaking of rolled stock. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 109 (9-12), 2457–2464. doi: <https://doi.org/10.1007/s00170-020-05824-7>
  18. Karnaukh, S., Karnaukh, D. (2011). Research of the Influence of Deformation Speed on Energy and Power Adjectives of the Process of Three-point Cold Bend Breaking and on Alignment Integrity of Raw Parts. *Metallurgical and Mining Industry*, 3 (7), 107–114. Available at: <https://www.metaljournal.com.ua/assets/Uploads/attachments/107Karnaukh.pdf>
  19. Barabash, A. V., Gavril'chenko, E. Y., Gribkov, E. P., Markov, O. E. (2014). Straightening of sheet with correction of waviness. *Steel in Translation*, 44 (12), 916–920. doi: <https://doi.org/10.3103/s096709121412002x>
  20. Lu, C. (2013). Research and design of key mechanical structure of the 3d numerical control bending wire machine. Xi' an University of Architecture and Technology.
  21. Liu, X., Du, Y., Lu, X., Zhao, S. (2019). Springback Prediction and Forming Accuracy Control of Micro W-bending Using Support Vector Machine. 2019 6th International Conference on Frontiers of Industrial Engineering (ICFIE). doi: <https://doi.org/10.1109/icfie.2019.8907687>
  22. Tang, W., Zhu, H., Zhu, M., Li, Q., Zhang, J. (2016). Research on Key Technology of Wire-Bending and Equipment Development. *Management Science and Engineering*, 10 (1), 14–20. doi: <http://doi.org/10.3968/8212>
  23. Lin, H.-I., Carvajal, D. H. (2016). Automatic following in a sheet metal bending process. 2016 International Automatic Control Conference (CACCS). doi: <https://doi.org/10.1109/cacs.2016.7973898>
  24. Yoshikawa, M., Katoh, A., Sasaki, K. (2005). A Failure Assessment Method for a Pipe Bend Subjected to Both a Bending Moment and Internal Pressure. *Journal of Pressure Vessel Technology*, 128 (4), 605–617. doi: <https://doi.org/10.1115/1.2349574>
  25. Webster, R. J., Romano, J. M., Cowan, N. J. (2009). Mechanics of Pre-curved-Tube Continuum Robots. *IEEE Transactions on Robotics*, 25 (1), 67–78. doi: <https://doi.org/10.1109/tro.2008.2006868>
  26. Yeo, S. H., Tan, K. H. (2004). A novel approach in microfoil bending using an electrodischarge machine. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*, 218 (10), 1403–1407. doi: <https://doi.org/10.1243/0954405042323469>
  27. Rasheed, L. T. (2020). Bat Algorithm Based an Adaptive PID Controller Design for Buck Converter Model. *Journal of Engineering*, 26 (7), 62–82. doi: <https://doi.org/10.31026/j.eng.2020.07.05>
  28. Abdulwahhab, O. W., Abbas, N. H. (2017). A New Analytic Method to Tune a Fractional Order PID Controller. *Journal of Engineering*, 23 (12), 1–12. Available at: <https://www.iasj.net/iasj/download/3e1589d43d854b3b>
  29. Shah, A. kumar, Kumar, N., Vignesh, M., Khanna, P. (2018). Design and Fabrication of Automatic Rebar Bending Machine. 2018 International Conference on Computing, Power and Communication Technologies (GUCON). doi: <https://doi.org/10.1109/gucon.2018.8675068>
  30. Perea-Lowery, L., Minja, I. K., Lassila, L., Ramakrishnaiah, R., Vallittu, P. K. (2020). Assessment of CAD-CAM polymers for digitally fabricated complete dentures. *The Journal of Prosthetic Dentistry*. doi: <https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2019.12.008>
  31. Esanakula, J. R., Naik, J. V., Rajendra, D., Rangadu, V. P. (2019). On-line Knowledge-Based System for CAD Modeling and Manufacturing: An Approach. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 259–268. doi: [https://doi.org/10.1007/978-981-13-6095-4\\_19](https://doi.org/10.1007/978-981-13-6095-4_19)

---

**DOI: 10.15587/1729-4061.2020.212517**  
**STUDY OF SEED AGITATION IN THE FLUID**  
**OF A HYDROPNEUMATIC PRECISION**  
**SEEDER (p. 36–43)**

**Valerii Pastukhov**

Kharkiv Petro Vasylenko National Technical  
 University of Agriculture, Kharkiv, Ukraine  
**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-5599-1548>

**Vladyslav Boiko**

Dnipro State Agrarian and Economic University, Dnipro, Ukraine  
**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0003-1014-7201>

**Hennadii Tesliuk**

Dnipro State Agrarian and Economic University, Dnipro, Ukraine  
**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0003-4541-5720>

**Vasyl Ulexin**

Dnipro State Agrarian and Economic University, Dnipro, Ukraine  
**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-3360-8376>

**Roman Kyrychenko**

Kharkiv Petro Vasylenko National Technical  
University of Agriculture, Kharkiv, Ukraine  
**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0001-7830-6956>

One of the most responsible operations in the cultivation of vegetables includes seeding. Its timing and quality largely determine the quality of sprouts, yield and crop morbidity. The emergence of sprouts can be accelerated and their uniformity can be improved by using hydraulic seeding of germinated seeds. The operation of hydraulic seeders can be divided into main stages: agitation of seeds in a liquid, selection, and dosage of seeds, seeding in the seedbed.

The process of seed agitation in a liquid, that is, obtaining a fluidized bed with required seed concentration in the intake chamber of the hydropneumatic precision seeder was considered. The process of seed agitation in the liquid is performed in different ways: bubbling or the use of mechanical stirrers. Each of them requires the use of energy-intensive actuators.

A method of seed agitation in a liquid was proposed. It makes it possible to reduce energy consumption by means of agitation, not the entire volume but just the part that is in the zone of seed intake to the seed duct.

According to the results of theoretical studies, it has been established that to ensure reliable and accurate seeding, the seed concentration should be in the range of 0.2–0.65 pcs/ml. Under such conditions, the charging process takes place without clogging the seed duct and at an acceptable speed of the seeder.

The main factors influencing the formation of a set seed concentration were established: seed diameter, the height of the fluidized bed, flow speed in the intake chamber, the angle between walls of the intake chamber, fluid flow rate.

According to the results of theoretical studies of the process of formation of a set seed concentration, limits of existence of the fluidized bed ( $h_2=0.014$  m,  $h_1=0.07$  m) and height of the seed duct ( $h_H=0.015$ – $0.02$  m) which will ensure reliable and prompt taking of seeds from the intake chamber for their further dosage and seeding.

The main provisions of theoretical studies of the agitation process and formation of a set seed concentration were confirmed by experimental studies in a laboratory.

**Keywords:** germinated seeds, hydroseeder, precision seeding, fluidized bed, seed concentration, porosity.

**References**

- Hrekova, N. V., Lazarieva, O. M., Liubovych, O. A., Onoprienko, D. M., Shemavnov, V. I. (2010). Ovochivnytstvo vidkrytoho hruntu. Dnipropetrovsk: DDAU, 470.
- Barabash, O. Yu. (1994). Ovochivnytstvo. Kyiv: Vyshcha shkola, 374.
- Kots, A. (1975). Operatsiya «Gidroposev». Nauka i zhizn', 2, 106–108.
- Truflyak, E. V., Kurchenko, N. Y., Yarkin, D. S. (2014). Study of vegetable crops hydroseeding with the application of electro-activated water. Politematicheskii setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta, 02 (096), 66–79.
- Anshari, M. F., Boedianto, E., Fernandes, A. A. R., Arisoelaningsih, E. (2018). Hydroseeding application using pioneer local plant seeds for coal postmining soil in Tanah Laut Regency, South Kalimantan. Journal of Degraded and Mining Lands Management, 5 (4), 1335–1345. doi: <https://doi.org/10.15243/jdmlm.2018.054.1335>
- Bargawa, W. S. (2019). Analysis of erosion using hydroseeding on post coal mining in melak site. International Journal of GEOMATE, 17 (63). doi: <https://doi.org/10.21660/2019.63.48290>
- Boyko, V. (2015). Theoretical study of the formation of fluidization layer in hydro-pneumatic sowing apparatus. Tekhnika, enerhetyka, transport APK, 3 (92), 10–16.
- Bakum, M. V., Yashchuk, D. A. (2013). Rezultaty porivnialnykh polovykh doslidzhen sposobiv sivby nasinnia ovochevykh kultur. Visnyk KhNTUSH, 135, 374–379.
- Yashchuk, D. (2015). Production tests hydro sowing seed celery. Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu silskoho hospodarstva imeni Petra Vasylenka, 156, 102–106.
- Deyneka, S. (2018). The sowing of vegetable germinated grain using a hydroseeder. Technical sciences and technologies, 1 (11), 280–286.
- Deyneka, S. (2018). Providing of even seeding of vegetable germinated grain using a coulter with an active drive. Scientific Bulletin of the Tavria Agrotechnological State University, 8 (2). doi: <https://doi.org/10.31388/2220-8674-2018-2-40>
- Truflyak, E. V., Skorobogachenko, I. S., Saprykin, V. Y., Truflyak, I. S. (2016). Research of work of the design elements of a hydroseeder for crops of vegetable cultures. Politematicheskii setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta, 116 (02).
- Ming-jin, X., Lan-xin, L., Yu-qiu, S., Ai-ju, K., Wen-tao, R., Fei, F. (2016). Experimental study on parameters of maize fluid hill-drop seeding. Agricultural Research in the Arid Areas, 34 (1), 154–158. doi: <http://dx.doi.org/10.7606/j.issn.1000-7601.2016.01.24>
- Deyneka, S. M., Aniskevich, L. V. (2019). Methodology of experimental research of hydroseeding process of germinated grain. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research, 10 (4), 129–135. Available at: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Tekhnika/article/view/13552/11724>
- Boyko, V. (2014). The process of education pulp in the coordinate hydropneumatic planter. Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu silskoho hospodarstva imeni Petra Vasylenka, 148, 48–55.
- Uleksin, V. O., Boiko, V. B. (2010). Pat. UA No. 90998. Sposib koor-dynatnoho hidropnevmatychnoho vysivu nasinnia ta prystryi dlia yoho realizatsiyi. No. a200601288; declared: 09.02.2006; published: 25.06.2010, Bul. No. 12.
- Han, S. W., Lee, W. J., Lee, S. J. (2012). Study on the Particle Removal Efficiency of Multi Inner Stage Cyclone by CFD Simulation. World Academy of Science, Engineering and Technology, 6 (7), 386–390.
- Boiko, A., Popyk, P., Gerasymchuk, I., Bannyi, O., Gerasymchuk, N. (2018). Application of the new structural solutions in the seeders for precision sowing as a resource saving direction. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 5 (1 (95)), 46–53. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.142023>
- Aerov, M. E., Todes, O. M. (1976). Gidravlicheskie i teplovye osnovy raboty apparatov so statsionarnym i kipyashchim zernistym sloem. Moscow: Himiya, 510.

**DOI: 10.15587/1729-4061.2020.212994**

**STUDYING THE OPERATIONAL EFFICIENCY  
OF THE CENTRIFUGAL-IMPACT FEED GRAIN  
CRUSHER OF THE NEW DESIGN (p. 44–51)**

**Michael Volkhonov**

Federal State Budgetary Educational Institution  
of Higher Education «Kostroma State Agricultural Academy»,  
Karavaevo vil., Kostroma reg., Russia

**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0003-0332-8848>

**Anton Abalikhin**

Federal State Budgetary Educational Institution  
of Higher Education «Ivanovo State Agricultural Academy  
named after D. K. Belyaev», Ivanovo, Russia

**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-8138-6317>

**Alexander Krupin**

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Ivanovo State Agricultural Academy named after D. K. Belyaev», Ivanovo, Russia  
**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-0006-1810>

**Ivan Maximov**

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Chuvash state agricultural Academy», Cheboksary, Russia  
**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-7740-0059>

Crushing feed grain involves hammer crushers, which are characterized by high specific energy consumption and its uneven fractional composition. It is possible to obtain high-quality shredded grain with less energy when using a centrifugal-impact crusher of the new design with a hole in the loading neck to supply the chopping chamber with additional air at a rate of up to 4.8 m/s. An additional hole provides a 1.8...13-time increase in the airspeed through the unloading neck when the rotor's rotation frequency changes from 3,750 to 2,250 min<sup>-1</sup>, thereby enabling the timely evacuation of the shredded material from the crusher.

The regression equations have been derived to determine the structural and regime parameters of the shredder, which ensure the maximal performance and minimal unit energy costs. The greatest impact on crusher productivity is exerted by the diameter of the sieve holes and the area of the bunker's unloading window. The greatest effect on the specific energy intensity of the grinding process is exerted by the diameter of the sieve holes. The maximal performance of the crusher, 1,440 kg/h, and the minimal energy capacity, taking into consideration the achieved grinding degree, of 2.1 W·s/(kg-grinding degree unit), are observed when using a sieve with the holes' diameter of 7 mm, the rotor's rotation frequency of 3,500 min<sup>-1</sup>, and the maximally open unloading window of the bunker, at  $F=1.458 \text{ m}^2 \cdot 10^{-3}$ . The specific energy consumption for chopping barley is less by 1.22...1.89 times than that of the hammer crushers RVO 35, DB-5, KD-2A. The dust-like fraction is less than 5.74 %, which is half the amount of the hammer crusher DM-6. The rational crusher operation modes have been determined in order to prepare feed grain for feeding farm animals of different species and ages.

**Keywords:** feed grain, centrifugal-impact crusher, coarsely ground grain, grain grinding degree, grain crusher.

**References**

- Lebedev, A. T., Pavlyuk, R. V., Zaharin, A. V., Lebedev, P. A. (2016). Providing for quality grinding grain for the implementation of the biological potential of productive animals. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, 7 (2), 513–516. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43198352>
- Savinyh, P., Kazakov, V., Moshonkin, A., Ivanovs, S. (2019). Investigations in feeding device of grain crusher. 18th International Scientific Conference Engineering for Rural Development Proceedings. doi: <https://doi.org/10.22616/erdev2019.18.n165>
- Healy, B. J., Hancock, J. D., Kennedy, G. A., Bramel-Cox, P. J., Behnke, K. C., Hines, R. H. (1994). Optimum particle size of corn and hard and soft sorghum for nursery pigs. *Journal of Animal Science*, 72 (9), 2227–2236. doi: <https://doi.org/10.2527/1994.7292227x>
- Semenikhin, A. M., Gurinenko, L. A., Ivanov, V. V., Shkondin, V. N. (2014). The peculiarities of grain deformation by choppers working parts. *Nauchnyi zhurnal KubGAU*, 97 (03). Available at: <http://ej.kubagro.ru/2014/03/pdf/03.pdf>
- Marczuk, A., Blicharz-Kania, A., Savinykh, P. A., Isupov, A. Y., Palichyn, A. V., Ivanov, I. I. (2019). Studies of a Rotary-Centrifugal Grain Grinder Using a Multifactorial Experimental Design Method. *Sustainability*, 11 (19), 5362. doi: <https://doi.org/10.3390/su11195362>
- Abalikhin, A. M., Lapshin, V. B. (2013). Cenrifugal Miller For Fodder Grain. *Agrarian journal of the Upper Volga Region*, 2 (3), 42–44. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=20501852>
- Zolotarev, A. M., Trufanov, V. V., Druzhinin, R. A., Yarovoy, M. N. (2018). On the rationale of operating parameters of an impact centrifugal crusher. *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*, 1 (56), 119–127. doi: <https://doi.org/10.17238/issn2071-2243.2018.1.119>
- Lopatin, L. A. (2018). Investigation and optimization of the working process of the crusher grain percussion. *Bulletin NGIEI*, 6 (85), 27–36. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-i-optimizatsiya-rabocheho-protssessa-drobilki-zerna-udar-nogo-deystviya/viewer>
- FAO Cereal Supply and Demand Brief. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Available at: <http://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/ru/>
- Iskenderov, R., Lebedev, A., Zacharin, A., Lebedev, P. (2018). Evaluating effectiveness of grinding process grain materials. *Engineering for Rural Development. Proceedings*, 102–108. doi: <https://doi.org/10.22616/erdev2018.17.n147>
- Savinyh, P., Shirobokov, V., Fedorov, O., Ivanovs, S. (2018). Influence of rotary grain crusher parameters on quality of finished product. *Engineering for Rural Development. Proceedings*, 131–136. doi: <https://doi.org/10.22616/erdev2018.17.n158>
- Izmel'chenie zerna i komponentov kombikormov. *Agrovestnik*. Available at: <https://agrovesti.net/lib/tech/fodder-production-tech/izmelchenie-zerna-i-komponentov-kombikormov.html>
- Mishurov, N. P. (2012). *Tehnologii i oborudovanie dlya proizvodstva kombikormov v hozyaystvakh*. Moscow: FGBNU «Rosinformagroteh», 204.
- Agregat kormodrobil'nyy AKR-1. Remmash. Available at: <http://www.glazovmash.ru/product/drobilka-akr-1>
- Drobilka KD-2A. Slobodskoy mashinostroitel'nyy zavod. Available at: [https://smsz.ru/products/g\\_kombikorm/kd2a/](https://smsz.ru/products/g_kombikorm/kd2a/)
- Molotkovaya drobilka RVO. NEUERO Farm- und Fördertechnik GmbH. Available at: <http://www.neuero-farm.com/proizvodstvo-kombikormov/drobilki>
- Glebov, L. A., Demskiy, A. B., Veden'ev, V. F., Yablokov, A. E. (2010). *Tehnologicheskoe oborudovanie i potochnye linii predpriyatii po pererabotke zerna*. Moscow: DeLi print, 696.
- Drobilka KU-203. Slobodskoy mashinostroitel'nyy zavod. Available at: [https://smsz.ru/products/g\\_kombikorm/ku203/](https://smsz.ru/products/g_kombikorm/ku203/)
- Drobilka zerna DPM-18,5. AgroPostavka. Available at: <https://ap-nn.com/drobilka-zerna-dpm-18-5/>
- Mel'nitsa dlya zerna (drobilka) vsasyvayushchaya H-119/3 18,5 kVt. DOZamech. Available at: <https://dozamech.com/products/drobilki/zernodrobilka-vsasyvayushchaya-h-1193.html>
- Lapshin, V. B., Abalihin, A. M., Kuvshinov, V. V., Terent'ev, V. V., Bogdanov, V. S. (2010). Pat. No. 107488 RU. Izmel'chitel' furazhnogo zerna. declared: 31.08.2010; published: 20.08.2011.
- Lapshin, V. B., Abalihin, A. M., Kolobov, M. Yu., Bobrova, N. V., Subbotin, K. V. (2008). Pat. No. 74581 RU. Izmel'chitel' furazhnogo zerna. declared: 04.02.2008; published: 10.07.2008.
- Abalihin, A. M., Krupin, A. V., Zhukova, T. A., Dolgova, E. A. (2018). Pat. No. 189365 RU. Tsentrobezniy izmel'chitel' furazhnogo zerna. declared: 14.05.2018; published: 21.05.2019.
- Wondra, K. J. (1993). Effects of particle size, mill type, and diet form on performance of finishing pigs and lactating sows. *Manhattan*.

25. Ivanov, Yu. A., Syrovatka, V. I., Sergeev, N. S., Zapevalov, M. V. (2009). Tsentrobezno-rotornoe izmel'chenie furazhnogo zerna i rapsa. *Tehnika i oborudovanie dlya sela*, 2, 20–21.
26. Makartsev, N. G. (1999). *Kormlenie sel'skohozyaystvennykh zhi-votnykh*. Kaluga: GUP «Oblizdat», 646.
27. Bulatov, S. Y., Nechaev, V. N., Shamin, A. E. (2020). Results of evaluation of the quality of grain crushing by the DZM-6 crusher. *Bulletin NGIEI*, 3 (106), 21–36. doi: <http://doi.org/10.24411/2227-9407-2020-10022>
28. Abalikhin, A. M., Volkonov, M. S., Krupin, A. V., Kolesnikova, A. I. (2020). Theoretical study of the effect of geometrical parameters and location of rotor impact elements of an impact-centrifugal grinder on speed and angles of crushed particles flight. *Agrarian journal of the Upper Volga Region*, 2 (31), 62–70.
29. Shagdyrov, I., Baldanov, M., Petinova, N., Shagdyrov, B. (2015). Analysis constructive-regime and technological parameters of a multistage forage grain grinder based on a degree of grinding. *Bulletin of the Buryat State Agricultural Academy named after V. R. Filippov*, 3 (40).

DOI: 10.15587/1729-4061.2020.212733

#### EXPERIMENTAL SUBSTANTIATION OF THE RATIONAL PARAMETERS FOR A REAPING MACHINE OF THE COMB TYPE FOR HARVESTING OIL FLAX SEEDS (p. 52–59)

**Olecsiy Kozachenko**

Kharkiv Petro Vasylenko National Technical University of Agriculture, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5139-6138>

**Andrii Pakhuchyi**

Kharkiv national agrarian University named after V. V. Dokuchaev, Kharkiv dist., Kharkiv reg., Ukraine

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7371-5264>

**Olexander Shkregal**

Kharkiv Petro Vasylenko National Technical University of Agriculture, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5552-9679>

**Sergiy Sorokin**

Kharkiv Petro Vasylenko National Technical University of Agriculture, Kharkiv, Ukraine

**Sergey Dyakonov**

Kharkiv national agrarian University named after V. V. Dokuchaev, Kharkiv dist., Kharkiv reg., Ukraine

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2451-5610>

**Mykola Gusarenko**

Kharkiv national agrarian University named after V. V. Dokuchaev, Kharkiv dist., Kharkiv reg., Ukraine

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8689-3855>

**Volodymyr Kadenko**

Kharkiv Petro Vasylenko National Technical University of Agriculture, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3095-3633>

This paper reports the results of the experimental study to substantiate the rational structural and regime parameters of a two-drum reaping machine for harvesting flax oilseeds by the method of combing plants on the root. We have confirmed the results of the preliminary mathematical modeling of the process of separating a combed heap in the reaping machine with a predefined curved shape of the casing.

An experimental study of the heap separation process in a reaping machine has established the dependence of the mass fraction of the discharge of husk and stem particles from its region  $\delta_h$ , the proportion of the release of seeds and capsules with seeds  $\delta_h$ , and the consumed power  $P$ , on the rotation frequency of the beater-reflector  $n_1$ , and the combing drum  $n_2$ , the position of the air grate  $L$  and its width  $B$ . The following structural-mode parameters of the comb-type reaping machine for harvesting oil flax seeds have been defined as the most significant ones: the rotation frequency of the beater-reflector,  $n_1=892$  rpm; the rotation frequency of the comb drum,  $n_2=652$  rpm; the position of the air grate,  $L=0.62$  m, and its width,  $B=0.56$  m. In this case, the mass fraction of the discharge of husk and stem particles is  $\delta_h=47.5\%$ , the share of the loss of seeds and capsules with seeds from the reaping machine is, respectively,  $\delta_h=2.1\%$ , and the power consumed to perform the process is  $P=2.7$  kW.

The statistical analysis has demonstrated that the correlation coefficient between the theoretical and experimental data is 0.88–0.95; a relative error in the optimal values is 4.6%. The actual and statistical comparison of the theoretical and experimental data has confirmed the adequacy of the mathematical models built as a result of the theoretical research.

Based on the results of our experimental research, one can argue about the usefulness of their application for engineering calculations when designing new technical means for harvesting crops by the method of combing plants on the root.

**Keywords:** combing reaping machine, technology of combing plants on the root, oil flax, optimal structural-mode parameters.

#### References

1. Kushnarev, A. Kravchuk, V., Lezhenkin, A. (2010). Problemy sovershenstvovaniya tehnologii uborki zernovykh. *Tekhnika i tekhnolohiyi APK*, 2, 6–12.
2. Sysolin, P. V., Ivanenko, I. (2008). Problemy i perspektivy vnedreniya v Ukraine tehnologii uborki zernovykh kolosovykh kul'tur metodom ochesyvaniya koloskov. *Tekhnika APK*, 5, 24–29.
3. Lezhenkin, A. N., Kravchuk, V. I., Kushnarev, A. S. (2010). Tehnologiya uborki zernovykh metodom ochesa rasteniy na kornyu: sostoyanie i perspektivy. *Bila Tserkva*, 400.
4. Yuan, J., Lan, Y. (2007). Development of an Improved Cereal Stripping Harvester. *Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal*, IX. Available at: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.504.7187&rep=rep1&type=pdf>
5. Chekhov, A. V., Lapa, O. M., Mishchenko, L. Yu., Poliakova, I. O. (2007). *Lon oliynyi: biolohiya, sorty, tekhnolohiya vyroshchuvannya*. Kyiv: Ukrainska akademiya ahrarykh nauk, Instytut oliynykh kultur, 59.
6. Sai, V. A. (2012). *Tekhnolohiya vyroshchuvannya, zbyrannia ta per-vynnoi pererobky lonu oliynoho*. Lutsk: LNTU, 166.
7. Shabanov, P. A., Shabanov, N. P. (2004). *Sravnitel'nyy analiz odno-i dvuhbarabannykh ochesyvayushchih ustroystv na uborke zernovykh kul'tur*. Nauchnye trudy Ukrainського tsentra ispytaniy tehniky (UKRTSIT). *Doslidnitskoe*, 173.
8. Shabanov, P. A., Shabanov, N. P. (2006). *Obmolot na kornyu – dal'neyshee razvitie dvuhfaznogo sposoba obmolota zernovykh kul'tur*. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 8, 8–10.
9. Golubev, I. K., Goncharov, B. I., Shabanov, P. A. (1986). *Obmolot risa na kornyu dvuhbarabannym ochesyvayushchim ustroystvom*. *Traktory i sel'skohozyaystvennye mashiny*, 2, 35–38.
10. Kozachenko, O. V., Diakonov, S. O., Pakhuchyi, A. M. (2018). *Obgruntuvannya formy obtikacha obchisuvainoi zhnyvarky dlia zbyrannia lonu oliinoho. Mekhanizatsiya ta avtomatyzatsiya vyrobnychkykh protsesiv*, 5 (33), 48–52.

11. Kozachenko, O. V., Diakonov, S. O., Honcharov, V. V., Pakhuchyi, A. M. (2019). Doslidzhennia rezhymnykh parametriv obchisvalnoho barabanu zhnyvarky. Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu silskoho hospodarstva imeni Petra Vasylenka, 199, 388–396.
12. Kozachenko, O., Pahuchiy, A. (2019). Modeling of interaction with plants linseed occupancy drum. TEKA. An International Quarterly Journal on Motorization, Vehicle Operation, Energy Efficiency and Mechanical Engineering. Lublin-Rzeszow, 19 (1), 59–64.
13. Kozachenko, O. V., Pakhuchy, A. M., Dyakonov, S. O., Goncharo, V. V. (2019). Substantiation of structural and technological parameters of the reeling drum. Engineering of nature management, 1 (11), 74–82.
14. Kozachenko, O., Pakhuchyi, A., Shkregal, O., Dyakonov, S., Blaznyuk, O., Kadenko, V. (2019). Results of numerical modeling of the process of harvesting the seeds of flax by a harvester of the stripping type. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 3 (1 (99)), 66–74. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.169664>
15. Bai, C., Gosman, A. D. (1995). Development of Methodology for Spray Impingement Simulation. SAE Technical Paper Series. doi: <https://doi.org/10.4271/950283>
16. Wallin, S. (2000). Engineering turbulence modelling for CFD with a focus on explicit algebraic Reynolds stress models. Stockholm, 254.
17. Aliev, E. B., Bandura, V. M., Pryshliak, V. M., Yaropud, V. M., Trukhanska, O. O. (2018). Modeling of mechanical and technological processes of the agricultural industry. INMATEH – Agricultural Engineering, 54 (1), 95–104.
18. Bhanage, G. B., Shahare, P. U., Aware, V. V., Dhandeand, K. G., Deshmukh, P. S. (2017). Development of stripper harvester for paddy. Journal of Applied and Natural Science, 9 (4), 1943–1948. doi: <https://doi.org/10.31018/jans.v9i4.1469>
19. Kozachenko, O. V. (2018). Pat. No. 135514 UA. Laboratorna ustanovka dlia doslidzhennia parametriv i rezhymiv protsesu obchisuvannia silskohospodarskykh kultur. No. u201811954; declared: 03.12.2018; published: 10.07.2019, Bul. No. 13.

**DOI: 10.15587/1729-4061.2020.212788**  
**DEVELOPMENT OF OPERATIONAL REQUIREMENTS FOR SELF-PROPELLED COMBINE-HARVESTERS WITH THE CAPABILITIES OF MOBILE ENERGY DEVICES (p. 60–70)**

**Viktor Sheichenko**

Poltava State Agrarian Academy, Poltava, Ukraine  
**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0003-2751-6181>

**Alvian Kuzmich**

National Scientific Center «Institute of Agriculture Engineering and Electrification», Hlevakha, Vasylkiv dist., Kyiv reg., Ukraine  
**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0003-3102-0840>

**Viktor Niedoviesov**

National Scientific Center «Institute of Agriculture Engineering and Electrification», Hlevakha, Vasylkiv dist., Kyiv reg., Ukraine  
**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0001-6227-1170>

**Mykhailo Aneliak**

National Scientific Center «Institute of Agriculture Engineering and Electrification», Hlevakha, Vasylkiv dist., Kyiv reg., Ukraine  
**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-3877-3629>

**Oleksandra Bilovod**

Poltava State Agrarian Academy, Poltava, Ukraine  
**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0003-3470-0091>

**Vitaliy Shevchuk**

Uman National University of Horticulture, Uman, Ukraine  
**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0001-8305-4714>

**Tetiana Kutkovetska**

Uman National University of Horticulture, Uman, Ukraine  
**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-4879-2954>

**Mykola Shpilka**

Poltava State Agrarian Academy, Poltava, Ukraine  
**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-5016-018X>

This paper reports a study into the possibility of using the chassis of combine-harvesters as a mobile energy device. The operational requirements for mobile energy technological devices for general purposes have been developed.

The traction-coupling characteristics of the combine-harvester with an adapter that increases traction force have been investigated.

The theoretical dependences have been derived of the motion speed, the power on a hook, the specific fuel consumption, as well as a factor of loading the wheels of the driven axle, on the traction force on the hook of an energy-technological device.

It is noted that the use of the controlled axle with drive wheels reduces the slippage of the engines of the energy technological device. At the engine slippage level of up to 16 % an energy device, equipped with a driven axle with drive wheels, generates a traction force on the hook of up to 40 kN. Under the conditions of driving the axle by the hydraulic transmission mainline, the motion speed of an energy device decreases by 17.9 %, 28.5 %, 35.9 %, and 49.0 %, respectively, on gears I, II, III, and IV of the drive axle gearbox.

The power on the energy device's hook is increased due to the corresponding increase in traction effort: on gear III, at a traction effort within 35–40 kN, the capacity on the hook is 68–75 kW. Under these conditions, the specific fuel consumption is 430–460 g/kWh at the device's motion speed within 1.9–1.95 m/s.

The limits for changing the load factor on the wheels of the driven axle (not less than 0.2) have been determined, at which the requirements for control over an energy device are met.

The specific fuel consumption (540–580 g/kWh) by a combine-harvester with a throughput capacity of 9–11 kg/s has been established, when using it as an energy technological device for general purposes at a motion speed of 1.7–2.1 m/s and a traction effort on the hook of 24–33 kN.

**Keywords:** combine-harvester, energy technological device, operational requirements, traction-coupling properties, adapter.

## References

1. Ksenevich, I. P., YAikevich, V. V. (1987). O perspektivah razvitiya agregatnoy unifikatsii i sozdaniya modul'nyh energeticheskikh sredstv. Traktory i sel'skohozyaystvennye mashyny, 12, 6–11.
2. Slutskiy, B. M. (2008). Taganrogskiy kombaynoviy zavod. Taganrog. Entsiklopediya. Taganrog: Anton, 692.
3. Shkarivskiy, H. V. (2016). Komponuvalna skhema samokhidnoho shasi – realiyi konstruktsiyi i napriamy vdoskonalennia. Naukovyi visnyk Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy. Seriya: Tekhnika ta enerhetyka APK, 241, 249–258. Available at: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnau\\_tech\\_2016\\_241\\_35](http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnau_tech_2016_241_35)
4. Elorza, P., Izard, M., Krus, A., Iglesias, B. (2018). Claas Xerion 4000 y olvidate de la roca madre. «Vida Rural», v. MAQ, 8–19. Available at: <http://oa.upm.es/51322/>



5. Pohorilyi, L., Koval, S. (2006). Kontsepsiya pryskorenogo rozv'iazannya problemy zabezpechennia silskohospodarskoho vyrobnytstva Ukrainy zernozbyralnoiu tekhnikoju. Enerhooshchadni tekhnolohiyi v efektyvnomu roslynnystvi. Tematychna dobirka nauko-tekhnichnykh prats spivrobotnykiv UkrNDIPVT im. L. Pohoriloho, 6–11.
6. Matukhno, N. V., Niedoviesov, V. I. (2016). Stratehiyi tekhnichnoi polityky v zabezpechenni zbyrannia khlibiv v Uukraini vitchyzn'iany nymy zernozbyralnymy kombainamy. Machinery and Energetics, 241, 358–371. Available at: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Tekhnica/article/view/7035>
7. Zhalnin, E. V. (2004). Strategiya perspektivnogo razvitiya mehanizatsii uborki zernovykh kul'tur. Traktory i sel'skohozyaystvennye mashyny, 9, 3–16. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23904783>
8. Burlaka, O., Yakhin, S., Dudnik, V., Ivankova, O., Drozhchana, O. (2019). Multi-criterion selection of modern grain-based combines. Analytical aspects. Visnyk KhNTUSH. Tekhnichni nauky, 199, 5–20. Available at: <http://dspace.pdaa.edu.ua:8080/handle/123456789/4966>
9. Nadykto, V. (2017). Perspektyvy traktornoj enerhetyky ta mashynobuduvannia v Ukraini (u poriadku obhovorennia). Tekhnika i tekhnolohiyi APK, 4, 11–14. Available at: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Titap\\_k\\_2017\\_4\\_5](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Titap_k_2017_4_5)
10. Bulgakov, V., Nadykto, V., Kyurchev, S., Nesvidomin, V., Ivanovs, S., Olt, J. (2019). Theoretical background for increasing grip properties of wheeled tractors based on their rational ballasting. Agraarteadus: Journal of Agricultural Science, 30 (2), 78–84. doi: <https://doi.org/10.15159/jas.19.07>
11. Chen, S., Zhou, Y., Tang, Z., Lu, S. (2020). Modal vibration response of rice combine harvester frame under multi-source excitation. Biosystems Engineering, 194, 177–195. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2020.04.002>
12. Bevely, D. M., Gerdes, J. C., Parkinson, B. W. (2002). A New Yaw Dynamic Model for Improved High Speed Control of a Farm Tractor. Journal of Dynamic Systems, Measurement, and Control, 124 (4), 659–667. doi: <https://doi.org/10.1115/1.1515329>
13. Zhalnin, E. V., Godzhaev, Z. A., Florentsev, S. N. (2017). Conceptual principles of intelligent agricultural machines in the case of combine harvester. Agricultural Machinery and Technologies, 6, 9–16. doi: <https://doi.org/10.22314/2073-7599-2017-6-9-16>
14. Lipkovich, E. I., Trubilin, Ye. I., Maslov, G. G. (2010). A grain crops harvesting technology combining the post-harvest operations. Traktory i sel'hozmashyny, 12, 48–49. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=15591027>
15. Maslov, G. G., Yudina, E. M., Palaguta, A. A., Malashikhin, N. V. (2017). Innovative-technological prerequisites of grain competitiveness improvement. Polythematic Online Scientific Journal of Kuban State Agrarian University, 132 (08). doi: <https://doi.org/10.21515/1990-4665-132-020>
16. Webster, K (2011). Single-pass corn stover harvest system productivity and cost analysis. Iowa State University, 149. doi: <https://doi.org/10.31274/etd-180810-2027>
17. Pankov, A. (2015). The relevance and prospects of creation of modular machines for growing crops. Konstruiuvannia, vyrobnytstvo ta ekspluatatsiya silskohospodarskykh mashyn, 45, 239–246. Available at: <http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/bitstream/123456789/2296/1/37.pdf>
18. Sharipov, V. M. (2009). Konstruirovaniye i raschet traktorov. Moscow: Mashinostroeniye, 752.
19. Beshun, O. A., Shkarivskiy, H. V., Lavrinenko, O. T. (2016). Tiahovo-dynamichni rozrakhunky mobilnykh enerhetychnykh zasobiv. Kyiv: Kompynt, 153.

**DOI: 10.15587/1729-4061.2020.211997**  
**DEVELOPMENT OF AN ADAPTIVE METHOD FOR REGULATING CORSET COMFORT BASED ON THE PARAMETERS OF DESIGN ZONES IDENTIFICATION (p. 71–81)**

**Alla Slavinska**

Khmelnitskyi National University, Khmelnytskyi, Ukraine  
**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0003-0663-9422>

**Oksana Syrotenko**

Khmelnitskyi National University, Khmelnytskyi, Ukraine  
**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-6816-6467>

**Victoriia Mytsa**

Khmelnitskyi National University, Khmelnytskyi, Ukraine  
**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-5453-9787>

**Oksana Dombrovska**

Khmelnitskyi National University, Khmelnytskyi, Ukraine  
**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0001-7076-7627>

The influence of modeling effect of the structural zones of a corset for everyday purposes on ensuring its comfort was studied. It was established that the design structure of a corset varies significantly, depending on the magnitude of the modeling effect on different torso sections. At the same time, the mechanism of application of zonal anthropometric correction of a torso varies depending on the comfort of materials. It was proved that morphological parameters of the women's torso zones affect the methods and parameters of the formation of the typical segmentation of a corset.

Due to this, it became possible to substantiate analytically the ergonomic parameters of modeling effect in the «corset – torso» system for interactive designing the silhouette structures. Experimental studies proved the dispersion of the points of structural zones in the ranges of morphological types. It was shown that the rational variant of the combination of technological modules ensures a dimensional transformation of corset zones by means of grouping. In particular, the prospects of adaptation of the combined shape of a corset to the individual figure type were revealed.

This makes it possible to assert the possibility of adaptive regulation of the feeling of comfort in a corset by combining zonal-modular models of anthropometric features and transformation of modeling effects in technological modules.

It was shown that the technological module of a bustier cup provides the polyvariance of the breast volume through vertical and horizontal segmentation. The technological module of a belt-corset, in addition to the properties of the basic fabrics, takes into consideration frame elements. This results in fixing the desired modeling effect.

Thus, there are some grounds to argue that the introduction of a new type of corset design will increase the productivity of design works. The practical comfort of the proposed technological solutions will ensure the reduction of the number of corset types and sizes, which in terms of comfort are universal for adjacent sizes.

**Keywords:** comfort of a corset, modeling effect, design zone, morphological type, adaptive method.

**References**

1. Kim, H. S., Choi, H. E., Park, C. K., Nam, Y. J. (2019). Standardization of the size and shape of virtual human body for apparel products. Fashion and Textiles, 6 (1). doi: <https://doi.org/10.1186/s40691-019-0187-z>

2. Dāboliņa, I., Viļumsone, A., Dāboliņš, J., Strazdiene, E., Lapkovska, E. (2017). Usability of 3D anthropometrical data in CAD/CAM patterns. *International Journal of Fashion Design, Technology and Education*, 11 (1), 41–52. doi: <https://doi.org/10.1080/17543266.2017.1298848>
3. Guo, M., Kuzmichev, V. E., Adolphe, D. C. (2015). Human-Friendly Design of Virtual System «female Body-dress.» *Autex Research Journal*, 15 (1), 19–29. doi: <https://doi.org/10.2478/aut-2014-0033>
4. Greggianin, M., Tonetto, L. M., Brust-Renck, P. (2018). Aesthetic and functional bra attributes as emotional triggers. *Fashion and Textiles*, 5 (1). doi: <https://doi.org/10.1186/s40691-018-0150-4>
5. Shpachkova, A. V., Andreeva, E. G., Chizhova, N. V. (2012). Vozdeystvie korsetnyh izdeliy na izmenenie razmernykh priznakov figur zhenshchin. *Shveytnaya promyshlennost'*, 1, 39–40.
6. Haidashevskaya, O. (2013). Study methods posture corrections school age children special tools. *Visnyk KNUVD*, 3, 98–104. Available at: [https://er.knutd.edu.ua/bitstream/123456789/1618/1/V71\\_P098-104.pdf](https://er.knutd.edu.ua/bitstream/123456789/1618/1/V71_P098-104.pdf)
7. Koo, S. H., Fallon, K. (2018). Explorations of wearable technology for tracking self and others. *Fashion and Textiles*, 5 (1). doi: <https://doi.org/10.1186/s40691-017-0123-z>
8. Seo, S., Lang, C. (2019). Psychogenic antecedents and apparel customization: moderating effects of gender. *Fashion and Textiles*, 6 (1). doi: <https://doi.org/10.1186/s40691-019-0175-3>
9. Lang, C., Wei, B. (2019). Convert one outfit to more looks: factors influencing young female college consumers' intention to purchase transformable apparel. *Fashion and Textiles*, 6 (1). doi: <https://doi.org/10.1186/s40691-019-0182-4>
10. Ceballos, L. M., Bejarano, M. (2017). Value segmentation of adolescents: a performance of appearance. *International Journal of Fashion Design, Technology and Education*, 11 (2), 148–159. doi: <https://doi.org/10.1080/17543266.2017.1352039>
11. Slavinska, A., Zakharchevich, O., Kuleshova, S., Syrotenko, O. (2018). Development of a technology for interactive design of garments using add-ons of a virtual mannequin. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (1 (96)), 28–39. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.148984>
12. Davydenko, I. V., Podobna, A. D. (2018). Justification of design criteria for designing of corset products for special purposes. *Tekhnichna estetyka i dyzain*, 14, 60–65. Available at: [https://er.knutd.edu.ua/bitstream/123456789/12553/1/20190530\\_304.pdf](https://er.knutd.edu.ua/bitstream/123456789/12553/1/20190530_304.pdf)
13. Mengna, G., Kuzmichev, V. E. (2013). Pressure and comfort perception in the system «female body-dress.» *Autex Research Journal*, 13 (3), 71–78. doi: <https://doi.org/10.2478/v10304-012-0032-6>
14. Saharova, N. A., Kuzmichev, V. E., Ni Tsan (2013). Forecasting of indicators of dresses outline shape under their patterns. *Izvestiya vuzov. Tehnologiya tekstil'noy promyshlennosti*, 4 (346), 92–99. Available at: [https://tpp.ivgpu.com/wp-content/uploads/2015/10/346\\_24.pdf](https://tpp.ivgpu.com/wp-content/uploads/2015/10/346_24.pdf)
15. Seleznova, A. V., Slavinska, A. L. (2012). Obruntuvannia strukturnykh elementiv poverkhni manekena dlia pobudovy rozghortky korseta pobutovoho pryznachennia. *Visnyk KhNU*, 4, 169–172. Available at: [http://journals.khnu.km.ua/vestnik/pdf/tech/2012\\_4/34sel.pdf](http://journals.khnu.km.ua/vestnik/pdf/tech/2012_4/34sel.pdf)
16. Dubinetska, H., Ostapenko, N., Luzker, T., Navolska, L. (2016). The systematization of wedding apparel in terms of transformation principles. *Visnyk KhNTU*, 2 (57), 123–135. Available at: [https://er.knutd.edu.ua/bitstream/123456789/3136/1/20161114\\_Dubinetska\\_P123-135.pdf](https://er.knutd.edu.ua/bitstream/123456789/3136/1/20161114_Dubinetska_P123-135.pdf)
17. Seleznova, A. V. (2013). Analiz zminiuvannia stylovykh rishen formy zhinochoho korseta. *Visnyk KhNU*, 1, 216–219. Available at: [http://journals.khnu.km.ua/vestnik/pdf/tech/2013\\_1/43sel.pdf](http://journals.khnu.km.ua/vestnik/pdf/tech/2013_1/43sel.pdf)
18. Zakharchevich, O. V., Kuleshova, S. G. (2017). Development of the method of scaling patterns and virtual garments forms. *Vlakna a Textil*, 24 (4), 34–40.
19. Slavinska, A. L., Syrotenko, O. P., Kuleshova, S. G., Zakharchevich, O. V. (2019). Algorithms to assess by criteria the harmony of the typological ranges of cutting lines in clothes. The first branch conference «Tendencies and innovations in the textile and fashion industry», 1, 11–18. Available at: [https://tok-bg.org/vol1\\_2019full.pdf](https://tok-bg.org/vol1_2019full.pdf)
20. Selezneva, A. V., Slavinskaya, A. L. (2014). Designing effect of woman's figure, created corset, consider psikhofiziologic comfort. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenyi. Tehnologiya tekstil'noy promyshlennosti*, 2 (350), 102–106. Available at: [https://tpp.ivgpu.com/wp-content/uploads/2015/10/350\\_24.pdf](https://tpp.ivgpu.com/wp-content/uploads/2015/10/350_24.pdf)
21. Krasnyuk, L. V., Troyan, O. M., Yancalowskyi, O. Y., Torokanets, V. S. (2016). Prospects for the creation of multifunctional garments based on biologically active points and biologically active zones of the human body. *Herald of Khmelnytskyi national university*, 5, 110–115. Available at: <http://elar.khnu.km.ua/jspui/bitstream/123456789/5272/1/6.pdf>
22. Shammut, Yu. A., Kornilov, N. L., Balandina, G. V. (2008). Razrabotka trehmernoy komp'yuternoy modeli torso figury dlya proektirovaniya plotnooblegayushchih izdeliy. *Izvestiya vuzov. Tehnologiya tekstil'noy promyshlennosti*, 4, 79–82.
23. Belzetskyi, R. S., Sierhieieva, V. V., Dupliak, V. D. (2010). Porivnialnyi analiz suchasnykh metodiv elektropunkturoi diahnostyky. Vymiriuvalna ta obchysliuvalna tekhnika v tekhnolohichnykh protsesakh, 2, 168–171.
24. Tutova, A. A., Petrosova, I. A., Guseva, M. A., Andreeva, E. G. (2015). Construction features of three-dimensional clothes mannequin model according to three-dimensional scanning. *Modern problems of science and education*, 2-1. Available at: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=20400>
25. Liu, R., Guo, X., Lao, T. T., Little, T. (2017). A critical review on compression textiles for compression therapy: Textile-based compression interventions for chronic venous insufficiency. *Textile Research Journal*, 87 (9), 1121–1141. doi: <https://doi.org/10.1177/0040517516646041>
26. Slavinskaya, A., Dombrovska, O., Mytsa, V., Koshevko, J., Dombrovskiy, A., Ivanishena, T. (2020). Method of control of the compatibility of the children's clothing design using coefficients of dimensional features gradation. *Fibres and Textiles*, 27 (1), 76–86. Available at: [http://vat.ft.tul.cz/2020/1/VaT\\_2020\\_1\\_12.pdf](http://vat.ft.tul.cz/2020/1/VaT_2020_1_12.pdf)
27. Kyzymchuk, O., Zdorenko, V. (2013). Geometric models of auxetic materials. *Visnyk KNUVD*, 3, 104–111. Available at: [https://er.knutd.edu.ua/bitstream/123456789/1619/1/V71\\_P104-111.pdf](https://er.knutd.edu.ua/bitstream/123456789/1619/1/V71_P104-111.pdf)

**DOI: 10.15587/1729-4061.2020.212075**  
**DEVISING A PROCEDURE FOR EXAMINING THE QUALITY OF PRINTS OF DIGITAL AND OFFSET PRINTING ON CORRUGATED CARDBOARD (p. 81–89)**

**Svitlana Khadzhyanova**

Lodz University of Technology, Lodz, Poland  
**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-9630-445X>

**Svitlana Havenko**

Lodz University of Technology, Lodz, Poland  
**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0003-4973-5174>

The rapid development of digital printing and the popularity of corrugated packaging production encourages manufacturers to

improve product quality. Therefore, research into the quality of digital prints, using modern procedures for determining the qualimetric indicators, is important for both consumers and manufacturers. We have studied the prints made by the inkjet printing machine Durst Rho 1312. The printing involved the inks CMYK+Light Cyan+Light Magenta (Austria)+Light Cyan+Light Magenta. The prints were obtained directly on five-layer corrugated cardboard using the post-print technology. In addition, the printing was performed on a liner, followed by its pinning to fluting (the preprint technology).

The paper describes a procedure for determining the qualimetric prints' indicators, in particular, optical density, the increase in the tonality of the raster image, color reproduction, resolution, print stability on prints, and in the printing process, and lightfastness. The imprints' quality was evaluated in accordance with the requirements set by the standard ISO/TS15311-2:2018. The quality of digital and offset prints has been compared. It has been established that the digital post-print technology on the five-layer corrugated cardboard BE and the pre-print technology on the cardboard GD180 ensure the same print quality parameters. This includes such a quality indicator as the reproduction of raster image tones, optical density, color difference, printing stability. The print resolution of the imprints has slight deviations.

It was found that the color transfer of offset prints is higher (by 10 %) than that of the digital prints based on the pre-print technology. Offset printing also provides higher resolution (by 93 lines/cm) than digital printing. However, in terms of print stability and color difference, the inkjet prints are inferior to the offset technology. Digital prints have good lightfastness (10–20 times better than offset samples).

**Keywords:** digital and offset printing, five-layer corrugated board, pre-print, post-print, prints' quality.

## References

- Koniunktura sprzyja tekturne falistej. Available at: <http://www.swiatdruku.eu/content/download/31251/310509/version/2/file/Koniunktura+sprzyja+tekturne+falistej.pdf>
- Motylewski, M. (2016). Quality of corrugated board surface as a result of production process and atmospheric conditions. *Przegląd Papierniczy*, 72 (11), 681–688. Available at: <http://yadda.icm.edu.pl/yadda/element/bwmeta1.element.baztech-032e2ccf-aebb-4015-8aff-612d47e39562>
- Delta Series. Corrugated Packaging & Display Printing. Available at: [https://durstus.com/wp-content/uploads/2018/05/Durst-Delta-Series-EN\\_USA.pdf](https://durstus.com/wp-content/uploads/2018/05/Durst-Delta-Series-EN_USA.pdf)
- Tsifrovaya pechat': realii i perspektivy (2015). *Komp'yuArt*, 1, 10–14. Available at: [http://www.xerox.ru/upload/iblock/5d6/kompyuart\\_1\\_tsifrovaya\\_pechat\\_realii\\_i\\_perspektivy.pdf](http://www.xerox.ru/upload/iblock/5d6/kompyuart_1_tsifrovaya_pechat_realii_i_perspektivy.pdf)
- «Tsyfra» na hofrokartoni (2017). *Upakovka*, 6, 38–39. Available at: [http://www.uniprint.ua/images/UNIPRINT\\_2017.pdf](http://www.uniprint.ua/images/UNIPRINT_2017.pdf)
- Homyakova, K. V. (2005). Klassifikatsiya pokazateley kachestva tsifrovoy pechati. *Izvestiya VUZov. Problemy poligrafii i izdatel'skogo dela*, 3, 25–32.
- Chuprova, L. V., Mishurina, O. A., Mullina, E. R., Ershova, O. V. (2015). Influence of initial feedstock quality and adhesives on packaging corrugated board strength properties. *Modern problems of science and education. Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*, 1. Available at: <https://www.science-education.ru/pdf/2015/1/1466.pdf>
- Havenko, S., Khadzhynova, S., Krasinskyi, V., Suberlyak, O., Antoniuk, V., Rybka, R. (2019). Impact of primers on the quality of imprints digital inkjet printing. *Przegląd Papierniczy*, 75 (3), 199–202. doi: <https://doi.org/10.15199/54.2019.3.2>
- Varepo, L. G., Golunov, A. V. (2010). Influence of Surface Geometry of Paper on Colour Rendering of Impression. *Advanced Materials Research*, 174, 366–369. doi: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amr.174.366>
- Oraby, S., Alaskari, A., Almazrouee, A. (2011). Prior Surface Integrity Assessment of Coated and Uncoated Carbide Inserts Using Atomic Force Microscopy. *Materials*, 4 (4), 633–650. doi: <https://doi.org/10.3390/ma4040633>
- Kulbych, I. K., Lototska, O. I. (2013). Otsinka yakosti vidbytkiv pry tsyfrovomu drutsi. *Tekhnolohiya i tekhnika drukarstva*, 4, 25–39. Available at: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Titd\\_2013\\_4\\_6](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Titd_2013_4_6)
- Smolarek, I. (2018). Standaryzacja procesów poligraficznych jako element ciągłego doskonalenia. *Świat Druku*, 5. Available at: [http://www.swiatdruku.eu/Archiwum/Rok-2018/05-2018/Standaryzacja-procesow-poligraficznych-jako-element-ciaglego-doskonalenia/\(langue\)/pol-PL](http://www.swiatdruku.eu/Archiwum/Rok-2018/05-2018/Standaryzacja-procesow-poligraficznych-jako-element-ciaglego-doskonalenia/(langue)/pol-PL)
- Buczynski, L. (1999). Special print quality problems of ink jet printers. *Recent Progress in Ink Jet Technologies II*, 538–544. Available at: <https://www.imaging.org/site/PDFs/Papers/1999/RP-0-92/2088.pdf>
- Jang, W., Allebach, J. P. (2005). Simulation of Print Quality Defects. *Journal of Imaging Science and Technology*, 49 (1), 1–18. Available at: <https://www.ingentaconnect.com/contentone/ist/jist/2005/00000049/00000001/art00002?crawler=true>

DOI: 10.15587/1729-4061.2020.212484

## DETERMINING THE REGIME PARAMETERS FOR THE SURFACE CLEANING OF POST-CONSUMER WOOD BY A NEEDLE MILLING TOOL (p. 89–97)

Serhiy Gayda

National Forestry University of Ukraine, Lviv, Ukraine  
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7468-5661>

Orest Kiyko

National Forestry University of Ukraine, Lviv, Ukraine  
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5504-0278>

This paper addresses the identified issue of the inefficient use of post-consumer wood (PCW) in the technological wood processing due to its surface contamination. An option to resolve this issue by cleaning PCW in a mechanized manner has been proposed, specifically by using a needle milling tool and selecting the tension value and feed rate. The impact of the tension of needle milling tools before processing on the cleaning depth of the contaminated surfaces of workpieces made from the PCW has been determined. The constructed model of the contact between a needle milling tool and the contaminated PCW surface has made it possible to describe the essence of the cleaning technique involving this tool. It was found that the depth of the layer removed by the needle milling tool's wire is reduced in proportion to an increase in the distance before cutting is completed. A nomogram has been built to determine a change in the front angle depending on the needle milling tool's tension value. Knowing the front angle at a certain point of the needle touch on the contact arc enables determining the thickness of cleaning, which is important for practical application, specifically, at a tension of 4.5 mm the thickness of the removed material can equal 3.46 mm. An adequate regression model was derived, the analysis of the coefficients of which showed a significant impact of tension (+0.895) on the depth of cleaning over the feed speed (+0.256). The devised model makes it possible to forecast the thickness of the removed layer to ensure the required cleanliness of the PCW wooden. Practical recommendations on the operational modes of a needle milling machine have been formulated: the feed rate should equal 10–12 m/min, the tension – 0.5–5.0 mm, which could

ensure, depending on the material's type, hardness, and the kind of PCW surface contamination, the removal of the surface layer with a thickness of 0.4–4.0 mm. A rational tension of the needle milling tool of 2.5 mm has been proposed for industrial application, which ensures the cleaning depth of contaminated surfaces within the range of 1.8–2.2 mm.

**Keywords:** post-consumer wood, wood processing, wood science and technology, needle milling tools, wood residues, waste recycling.

## References

- Cichy, W., Pawłowski, J. (2009). Combustion of solid recovered fuels made from post-consumer wood waste in a power installation of low power. *Drewno*, 52 (182), 25–63. Available at: <http://yadda.icm.edu.pl/yadda/element/bwmeta1.element.baztech-article-BAT8-0015-0003>
- Ratajczak, E., Szostak, A., Bidzińska, G., Leszczyszyn, E. (2018). Market in wood by-products in Poland and their flows in the wood sector. *Drewno*, 61 (202), 5–20. doi: <http://doi.org/10.12841/wood.1644-3985.301.05>
- Ratajczak, E., Szostak, A., Bidzińska, G., Herbec, M. (2017). Potential resources of post-consumer wood waste in Poland. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 20 (1), 402–413. doi: <https://doi.org/10.1007/s10163-017-0593-5>
- Saal, U., Weimar, H., Mantau, U. (2017). Wood Processing Residues. *Biorefineries*, 27–41. doi: [https://doi.org/10.1007/10\\_2016\\_69](https://doi.org/10.1007/10_2016_69)
- Walkowiak, M., Cichy, W. (2010). Recykling and disposal of used wood and wood residues. *Drewno*, 53 (183), 135–138. Available at: <http://drewno-wood.pl/pobierz-122>
- Haida, S. V. (2011). Vzhivana derevyina – dodatkovyi resurs syrovyny. *Forestry, Forest, Paper, and Woodworking Industry*, 37.1, 238–244. Available at: <https://publons.com/publon/29740513/>
- Gayda, S. V. (2013). Technologies and recommendations on the utilization of post-consumer wood in woodworking industry. *Forestry, Forest, Paper, and Woodworking Industry*, 39.1, 48–67. Available at: <https://drive.google.com/file/d/0B3NnbZD66AZ-PVIVvUmpQblZWSnc/view>
- Lykidis, C., Grigoriou, A. (2011). Quality characteristics of hydrothermally recycled particleboards using various wood recovery parameters. *International Wood Products Journal*, 2 (1), 38–43. doi: <https://doi.org/10.1179/2042645311y.0000000002>
- Gayda, S. V. (2016). Investigation of shape stability of variously designed blockboards made of post-consumer wood. *ProLigno*, 12 (1), 22–31. Available at: <http://www.proligno.ro/en/articles/2016/1/gayda.pdf>
- Gayda, S. V. (2014). Preparation methods for processing of post-consumer wood (PCW) needle-milling and brushing machines. *Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa*, 40, 65–69. Available at: [http://www.science-bsea.bgita.ru/2014/les\\_komp\\_2014/gaida\\_sposob.htm](http://www.science-bsea.bgita.ru/2014/les_komp_2014/gaida_sposob.htm)
- Gayda, S. V., Kiyko, O. A. (2013). Tehnologiya ochistki vtorichno ispol'zuemoy drevesiny iglofrezernymi stankami. Aktual'nye problemy i perspektivy razvitiya lesopromyshlennogo kompleksa: materialy II mezhdunar. nauch.-tehnich. konf. Kostroma: Izd-vo KGTU, 36–39. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21734294>
- Gayda, S. (2016). Technological approaches to cleaning of surface of post-consumer wood (PCW) of needle-milling tools. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu silskoho hospodarstva imeni Petra Vasylenka*, 178, 3–11. Available at: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vkhdtusg\\_2016\\_178\\_3](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vkhdtusg_2016_178_3)
- Hayda, S., Kiyko, O. (2018). Shape stability as a quality criterion for PcW-made blockboards. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 17, 185–192. doi: <https://doi.org/10.15421/411834>
- Lykidis, C., Nikolakakos, M., Sakellariou, E., Birbilis, D. (2015). Assessment of a modification to the Brinell method for determining solid wood hardness. *Materials and Structures*, 49 (3), 961–967. doi: <https://doi.org/10.1617/s11527-015-0551-4>
- Lachowicz, H., Wróblewska, H., Wojtan, R., Sajdak, M. (2019). The effect of tree age on the chemical composition of the wood of silver birch (*Betula pendula* Roth.) in Poland. *Wood Science and Technology*, 53 (5), 1135–1155. doi: <https://doi.org/10.1007/s00226-019-01121-z>
- Barshay, I. L., Fel'dshteyn, E. E., Birich, A. V., Goncharov, S. P. (2009). Modelirovanie formirovaniya kachestva poverhnosti zagotovok iz chugunov pri iglofrezzerovanii. *Vestnik Belorusskogo natsional'nogo tehnikeskogo universiteta*, 5, 31–37. Available at: <https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/2340/31-37.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sheleg, V. K., Fel'dshteyn, E. E., Barshay, I. L. (2009). Formirovanie kachestva poverhnosti i ekspluatatsionnykh harakteristik detaley pri iglofrezzerovanii i kombinirovannoy obrabotke iglofrezzerovaniem i poverhnostnym plasticheskim deformirovaniem. *Minsk: BNTU*, 231.
- Barshay, I. L., Glubokiy, A. S. (2013). Modelirovanie i optimizatsiya formirovaniya geometricheskoy struktury poverhnosti detaley iz stali pri iglofrezzerovanii. *Trudy BGTU*, 2, 174–176. Available at: <https://elib.belstu.by/bitstream/123456789/2804/1/55.pdf>
- Barshay, I. L., Fel'dshteyn, E. E., Goncharov, S. P. (2007). Formirovanie topografii poverhnosti detaley iz stali 12HN3A pri iglofrezzerovanii. *Vestnik BNTU*, 4, 9–15. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/formirovanie-topografii-poverhnosti-detaley-iz-stali-12hn3a-pri-iglofrezzerovanii/viewer>
- Kryazhev, Yu. A., Kryazhev, A. Yu., Ognevenko, E. S. (2012). Povyshenie kachestva obrabatyvaemoy poverhnosti pri iglofrezzerovanii na osnove nauchno-teoreticheskikh i prakticheskikh issledovaniy protsessa rezaniya. *Polzunovskiy vestnik*, 1/1, 168–172. Available at: [http://elib.altstu.ru/journals/Files/pv2012\\_01\\_1/pdf/168krajev.pdf](http://elib.altstu.ru/journals/Files/pv2012_01_1/pdf/168krajev.pdf)
- Evdokimov, V. D., Klimenko, L. P., Evdokimova, A. N. (2005). Rekomendatsii po obrabotke poverhnostey shchetkami. Tehnologiya uprochneniya mashinostroitel'nykh materialov. Odessa-Nikolaev: Izd-vo NNGU im. Petra Mogily, 268–270. Available at: <http://lib.chdu.edu.ua/pdf/monograf/2/57.pdf>
- Tumash, A. M. (2011). Study of the needle-cutter contact zone with the machined surface. *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tehnikeskogo universiteta*, 6 (53), 13–16. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-zony-kontakta-iglofrezzy-s-obrabatyvaemoy-poverhnostyu/viewer>
- Tumash, A. M., Korzun, N. L. (2015). One of methods to investigate needle cutting. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost'*, 3 (14), 93–102. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/odin-iz-metodov-issledovaniy-iglofrezzerovaniya/viewer>
- Milyanych, A. R. (2014). The Determination of the Maximum Stiffness in an Elastic Contact between the Elements of a Needle Milling Cutter and the Surface of a Congealed Pitch. *Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy*, 24.4, 358–365. Available at: [https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2014/24\\_4/358\\_Mil.pdf](https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2014/24_4/358_Mil.pdf)
- Zharkov, N. I., Gil', V. I. (2013). Primenenie iglofrezernogo instrumenta dlya okorki kruglykh lesomaterialov. *Trudy BGTU*, 2, 234–235. Available at: <https://e.lanbook.com/reader/journalArticle/289942/#1>
- Maksymiv, V. M., Kiyko, O. A., Kryshtapovych, V. I., Matsyshyn, Ya. V. (2006). Repeated unseal shield details old frame corps furniture. *Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy*, 16.7, 140–143. Available at: [https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2006/16\\_7/140\\_Maksymiw\\_16\\_7.pdf](https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2006/16_7/140_Maksymiw_16_7.pdf)

**DOI: 10.15587/1729-4061.2020.204364**  
**ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF THE SYSTEMIC WELDING COORDINATION ON THE QUALITY LEVEL OF JOINTS (p. 98–109)**

**Oleh Haievskiy**

National Technical University of Ukraine  
 «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine  
**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0003-0769-5661>

**Viktor Kvasnytskyi**

National Technical University of Ukraine  
 «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine  
**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-7756-5179>

**Volodymyr Haievskiy**

National Technical University of Ukraine  
 «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine  
**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0001-9195-8879>

**Constantine Zvorykin**

National Technical University of Ukraine  
 «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine  
**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-7437-6583>

The need for welding coordination is due to the significant risks of non-compliance with the requirements for welded joints. It is known that the request of coordination standards in welding streamlines the work of ensuring the quality of welding, it is positively perceived by customers and other stakeholders. However, the effect of systemic welding coordination on objective indicators of the quality of welded joints during production requires detailed studying.

The comparative statistical analysis of the effect of systemic welding coordination on the level of welded joints' quality was preceded by the process-oriented development and implementation of a set of procedures for the coordination of welding operations in the production of welded frames. A scheme of interaction and the classification of coordination procedures in welding have been proposed. The procedures were divided into three groups. The first group includes long-term welding quality procedures. The second group is the procedures for ensuring the quality of welding in the execution of a Request (Order, Contract). The third group consists of procedures to ensure and improve the quality of welding a joint. The implementation of regulatory-oriented content of the procedures ensures the admission of personnel with necessary qualifications, the application of appropriate welding equipment, materials, technical documentation, thermal treatment, technical control. All this together ensures that the requirements for the welded joint, the specified thickness of the main metal, the type of a joint and seam, are met.

Data on the quality of welded frames during production were obtained prior to and after the introduction of the international standards of welding coordination. Using the Shewhart charts has shown that ensuring quality by the welding coordination could stabilize the welding process, translating it into a statically manageable state while doubling the proportion of nonconforming units in the sample.

**Keywords:** welding, welding coordination, quality assurance, statistical control, process approach.

## References

- Slyvinsky, O., Chvertko, Y., Bisyk, S. (2019). Effect of welding heat input on heat-affected zone softening in quenched and tempered armor steels. *High Temperature Material Processes An International Quarterly of High-Technology Plasma Processes*, 23 (3), 239–253. doi: <https://doi.org/10.1615/hightempmatproc.2019031690>
- Prokhorenko, V. M., Prokhorenko, D. V., Zvorykin, C. O., Hainutdinov, S. F. (2019). Kinetics of strains during single-pass fusion welding of a symmetrical butt joint. *Technological Systems*, 3 (88), 87–98. doi: <https://doi.org/10.29010/88.11>
- Fukuda, S. (1998). Engineering Accreditation. *Journal of the Japan Welding Society*, 67 (3), 237–239. doi: <https://doi.org/10.2207/qjw1943.67.237>
- Harasawa, H. (2010). Education and Certification System of Welding Engineers in Japan and Overseas Activities. *Journal of the Japan Welding Society*, 79 (1), 49–57. doi: <https://doi.org/10.2207/jjws.79.49>
- Quintino, L., Fernandes, I., Miranda, R. M. (2012). Impact of the Qualification of Personnel in the Manufacturing Industry. *Welding in the World*, 56 (7-8), 130–137. doi: <https://doi.org/10.1007/bf03321373>
- Hirata, Y. (2016). Sustainable Evolution of Welding and Joining Technology. *Journal of the Japan Welding Society*, 85 (1), 5–11. doi: <https://doi.org/10.2207/jjws.85.5>
- Harasawa, H. (2008). Planning and Management of Welding Procedure. *Journal of the Japan Welding Society*, 77 (6), 582–595. doi: <https://doi.org/10.2207/jjws.77.582>
- Omata, K. (2012). Standards of Welding Procedure. *Journal of the Japan Welding Society*, 81 (5), 443–445. doi: <https://doi.org/10.2207/jjws.81.443>
- Babkin, A. S., Chang, Y., Babkin, I. A. (2017). Identification welding parameters using complex criteria of quality. *China Welding (English Edition)*, 26 (4), 1–9. doi: <https://doi.org/10.12073/j.cw.20170922001>
- Darmadi, D. B., Abdillah, F. N., Raharjo, R. (2019). Controlling the pressure force to obtain a better quality of aluminum 6061 friction stir welded joint. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (1 (99)), 6–10. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.159286>
- Davydovs'kyi, L. S., Bisyk, S. P., Chepkov, I. B., Vas'kiv's'kyi, M. I., Katok, O. A., Slyvins'kyi, O. A. (2019). Alternatives of Energy Absorption Element Design Parameters for an Armored Combat Vehicle Seat Under Explosive Loading. *Strength of Materials*, 51 (6), 900–907. doi: <https://doi.org/10.1007/s11223-020-00140-7>
- Dragan, S. V., Kvasnitsky, V. V., Romanchuk, N. P., Solonichenko, Yu. V., Goloborodko, Zh. G. (2004). Technological processes of welding and cutting in shipbuilding of Ukraine (Review). *Automatic Welding*, 8, 3–6. Available at: <https://patonpublishinghouse.com/as/pdf/2004/as200408all.pdf>
- Harasawa, H. (2012). Quality Assurance and Quality Management. *Journal of the Japan Welding Society*, 81 (5), 434–436. doi: <https://doi.org/10.2207/jjws.81.434>
- Otsuka, H., Minoda, Y., Nagayama, K. (2013). Quality Assurance of Welded Steel of Tokyo Sky Tree. *Journal of the Japan Welding Society*, 82 (4), 252–257. doi: <https://doi.org/10.2207/jjws.82.252>
- Matsuyama, K. (2015). Trend of Standardization Works on Resistance Spot Welding of High and Ultra-High Strength Steel Sheets. *Journal of the Japan Welding Society*, 84 (6), 462–466. doi: <https://doi.org/10.2207/jjws.84.462>
- Takechi, S. (2008). Knowledge Management in Manufacturing. *Journal of the Japan Welding Society*, 77 (1), 55–59. doi: <https://doi.org/10.2207/jjws.77.55>
- Ueyama, T. (2017). 2016 Industrial Trend. *Journal of the Japan Welding Society*, 86 (5), 343–343. doi: <https://doi.org/10.2207/jjws.86.343>
- Shackleton, D. N. (2006). Reducing Failure Risk in Welded Components. *Welding in the World*, 50 (9-10), 92–97. doi: <https://doi.org/10.1007/bf03263449>
- LaPlante, W. (2011). How to assure quality in outsourced welded products. *Welding Journal*, 90 (10), 42–46. Available at: <https://www.researchgate.net/publication/293774882>

20. Haievskiy, O. A., Haievskiy, V. O. (2017). Koordynatsiya zvariuvannykh robot. Kyiv: Tsentr uchbovoi literatury, 168. Available at: [http://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/2017/koordynatsiya\\_zvaruvannyh\\_robot.pdf](http://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/2017/koordynatsiya_zvaruvannyh_robot.pdf)
21. Walker, R. H., Johnson, L. W. (2009). Signaling intrinsic service quality and value via accreditation and certification. *Managing Service Quality: An International Journal*, 19(1), 85–105. doi: <https://doi.org/10.1108/09604520910926827>
22. Björk, T., Samuelsson, J., Marquis, G. (2008). The Need for a Weld Quality System for Fatigue Loaded Structures. *Welding in the World*, 52, 34–46. doi: <https://doi.org/10.1007/BF03266615>
23. Aikawa, T. (2001). An outline of iso 9001:2000 requirements and the point of building a management system. *Journal of the Japan Welding Society*, 70 (7), 701–706. doi: [https://doi.org/10.2207/qjw1943.70.7\\_701](https://doi.org/10.2207/qjw1943.70.7_701)
24. Wada, H. (2008). Management system of welding quality. *Journal of the Japan Welding Society*, 77 (3), 248–253. doi: <https://doi.org/10.2207/jjws.77.248>
25. Ericson Öberg, A. (2018). From standard change to implemented assessment. *Welding in the World*, 62, 941–946. doi: <https://doi.org/10.1007/s40194-018-0622-6>
26. Zimon, D. (2016). Influence of Quality Management System on Improving Processes in Small and Medium-Sized Organizations. *Quality – Access to Success*, 17 (150), 61–64. Available at: [https://www.researchgate.net/publication/298072272\\_Influence\\_of\\_quality\\_management\\_system\\_on\\_improving\\_processes\\_in\\_small\\_and\\_medium-sized\\_organizations](https://www.researchgate.net/publication/298072272_Influence_of_quality_management_system_on_improving_processes_in_small_and_medium-sized_organizations)
27. Zimon, D. (2017). The impact of quality management systems on the effectiveness of food supply chains. *TEM Journal*, 6 (4), 693–698. doi: <https://doi.org/10.18421/TEM64-07>
28. Xie, Q., Yang, Y., Li, X., Zhao, N. (2007). Basic model study on efficiency evaluation in collaborative design work process. *Frontiers of Mechanical Engineering in China*, 2 (3), 344–349. doi: <https://doi.org/10.1007/s11465-007-0060-4>
29. Dekoulou, P., Iacovidou, M., Antonaras, A. (2018). Developing a university CSR framework using stakeholder approach. *World Review of Entrepreneurship, Management and Sustainable Development*, 14 (1/2), 43. doi: <https://doi.org/10.1504/wremsd.2018.10009040>
30. Li, Q., Chen, Y.-L. (2009). Data Flow Diagram. Modeling and Analysis of Enterprise and Information Systems, 85–97. doi: [https://doi.org/10.1007/978-3-540-89556-5\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-540-89556-5_4)
31. Abed Thamer, K. (2020). Development of cognitive approach to the organization of business processes in virtual machine-building enterprises within Industry 4.0. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (2 (103)), 14–23. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.196371>
32. Quintino, L., Ferraz, R., Fernandes, I. (2008). International Education, Qualification and Certification Systems in Welding. *Welding in the World*, 52 (1-2), 71–79. doi: <https://doi.org/10.1007/bf03266619>
33. Matsuyama, K. (2014). Quality Management Technologies for Resistance Spot Welding. *Journal of the Japan Welding Society*, 83 (8), 602–615. doi: <https://doi.org/10.2207/jjws.83.602>
34. Kang, C. W., Kvam, P. H.. (2012). Shewhart control charts. *Basic Statistical Tools for Improving Quality*, 97–124. doi: <https://doi.org/10.1002/9781118491751.ch5>
35. Grigor'ev, A. V., Kuzenkova, T. V., Solomina, I. N. (2010). Issledovanie sostoyaniya sistemy obespecheniya kachestva produktsii na poligraficheskoy predpriyatii. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (8 (48)), 40–44. Available at: <http://journals.uran.ua/eejet/article/view/5764/5197>
36. Lazko, I. V. (2013). Analysis and estimation accompanying risk of the provision quality to design product. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (10 (62)), 4–7. Available at: <http://journals.uran.ua/eejet/article/view/12596/10475>
37. Tanaka, M. (1968). Theoretical study of Statistical Quality Control in Welding Fabrication. *Journal of the Japan Welding Society*, 37 (8), 771–780. doi: <https://doi.org/10.2207/qjw1943.37.771>
38. Senthil Kumar, G., Natarajan, U., Veerarajan, T., Ananthan, S. S. (2014). Quality Level Assessment for Imperfections in GMAW. *Welding Journal*, 93 (3), 85–97. Available at: [https://www.researchgate.net/publication/286610792\\_Quality\\_Level\\_Assessment\\_for\\_Imperfections\\_in\\_GMAW](https://www.researchgate.net/publication/286610792_Quality_Level_Assessment_for_Imperfections_in_GMAW)
39. Haievskiy, V. O., Haievskiy, O. A., Zvorykin, C. O. (2018). Investigations of weld seam width variability during shielding gas mixture arc welding. *Technological Systems*, 82/1, 70–73. doi: <https://doi.org/10.29010/082.9>
40. Stenberg, T., Barsoum, Z., Åstrand, E., Öberg, A. E., Schneider, C., Hedegård, J. (2017). Quality control and assurance in fabrication of welded structures subjected to fatigue loading. *Welding in the World*, 61 (5), 1003–1015. doi: <https://doi.org/10.1007/s40194-017-0490-5>
41. Wu, C. S. (2011). Recent Progress and Trend in Sensing and Monitoring GMAW and PAW Processes in China. *Journal of the Japan Welding Society*, 80 (1), 44–51. doi: <https://doi.org/10.2207/jjws.80.44>

---

**DOI: 10.15587/1729-4061.2020.212018**

**PREDICTING THE SHAPE FORMATION OF PARTS WITH A FLANGE AND AN AXIAL PROTRUSION IN THE PROCESS OF COMBINED ALIGNED RADIAL-DIRECT EXTRUSION (p. 110–117)**

**Natalia Hrudkina**

Donbass State Engineering Academy, Kramatorsk, Ukraine  
**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-0914-8875>

**Leila Aliieva**

Donbass State Engineering Academy, Kramatorsk, Ukraine  
**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-5283-925X>

**Oleg Markov**

Donbass State Engineering Academy, Kramatorsk, Ukraine  
**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0001-9377-9866>

**Khrystyna Malii**

Donbass State Engineering Academy, Kramatorsk, Ukraine  
**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-9046-4268>

**Liudmyla Sukhovirska**

Donetsk National Medical University, Lyman, Ukraine  
**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0003-0353-9354>

**Mykola Kuznetsov**

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, Kramatorsk, Ukraine  
**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0001-5121-3194>

Using the calculation schemes CS-1 (with the presence of a trapezoid module) and CS-1a (with rectangular kinematic modules) has been proposed for the process of the combined radial-direct extrusion of parts with a flange and an axial protrusion. The application of a trapezoidal kinematic module allows the description of the characteristic regions of metal flow, close to the actual course of the process based on the distorted coordinate grids. On the basis of the energy method, the values of the reduced deformation pressure have been obtained using the upper estimate of the power of deformation forces inside the trapezoidal kinematic module. The optimization involved the parameter  $R_k$  that determines the position of the surface of the

interface of metal flow into an axial protrusion and a flange zone. We have performed a comparative analysis of the theoretical calculations of the magnitude of the reduced deformation pressure and the influence of geometric ratios and friction conditions on the qualitative and quantitative differences in the character of the change in the resulting curves. The overestimation of data on assessing the force mode based on the CS-1a scheme relative to the calculations based on the CS-1 scheme can be as high as 50 % and indicates the rationality of using the latter. This is due to the limitation in the use of the optimization (the absence of the optimization of the height of the deformation site) for the scheme containing elementary rectangular kinematic modules. The deviation from the experimentally obtained increments in an axial protrusion does not exceed 7–10 %, which indicates the validity of the use of the CS-1 estimation scheme with a trapezoidal kinematic module. Thus, it can be argued that it is correct to determine the position of the boundary of the surface of the interface of metal flow into an axial protrusion and a flange zone and the resulting assessment of the formation of a semi-finished product.

**Keywords:** simulation of combined extrusion processes, kinematic module, energy method, semi-finished product shape formation.

### References

- Dragobetskii, V., Zagirnyak, V., Shlyk, S., Shapoval, A., Naumova, O. (2019). Application of explosion treatment methods for production Items of powder materials. *Przegląd Elektrotechniczny*, 1 (5), 41–44. doi: <https://doi.org/10.15199/48.2019.05.10>
- Markov, O. E., Aliiev, I. S., Aliieva, L. I., Hrudkina, N. S. (2020). Computerized and physical modeling of upsetting operation by combined dies. *Journal of Chemical Technology and Metallurgy*, 55 (3), 640–648. Available at: [https://dl.uctm.edu/journal/node/j2020-3/23\\_19-275\\_p\\_640-648.pdf](https://dl.uctm.edu/journal/node/j2020-3/23_19-275_p_640-648.pdf)
- Kukhar, V., Kurpe, O., Klimov, E., Balalayeva, E., Dragobetskii, V. (2018). Improvement of the Method for Calculating the Metal Temperature Loss on a Coilbox Unit at The Rolling on Hot Strip Mills. *International Journal of Engineering & Technology*, 7 (4.3), 35–39. doi: <https://doi.org/10.14419/ijet.v7i4.3.19548>
- Markov, O., Gerasimenko, O., Aliieva, L., Shapoval, A. (2019). Development of the metal rheology model of high-temperature deformation for modeling by finite element method. *EUREKA: Physics and Engineering*, 2, 52–60. doi: <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2019.00877>
- Anishchenko, O. S., Kukhar, V. V., Grushko, A. V., Vishtak, I. V., Prysiaznyy, A. H., Balalayeva, E. Y. (2019). Analysis of the Sheet Shell's Curvature with Lamé's Superellipse Method during Superplastic Forming. *Materials Science Forum*, 945, 531–537. doi: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/msf.945.531>
- Aliiev, I. S. (1988). Radial extrusion process. *Soviet Forging and Metal Stamping Technology*, 3, 54–61.
- Zhang, S. H., Wang, Z. R., Wang, Z. T., Xu, Y., Chen, K. B. (2004). Some new features in the development of metal forming technology. *Journal of Materials Processing Technology*, 151 (1-3), 39–47. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2004.04.098>
- Perig, A. (2015). Two-parameter Rigid Block Approach to Upper Bound Analysis of Equal Channel Angular Extrusion Through a Segal 20-die. *Materials Research*, 18 (3), 628–638. doi: <https://doi.org/10.1590/1516-1439.004215>
- Ogorodnikov, V. A., Dereven'ko, I. A., Sivak, R. I. (2018). On the Influence of Curvature of the Trajectories of Deformation of a Volume of the Material by Pressing on Its Plasticity Under the Conditions of Complex Loading. *Materials Science*, 54 (3), 326–332. doi: <https://doi.org/10.1007/s11003-018-0188-x>
- Hrudkina, N., Aliieva, L., Abhari, P., Markov, O., Sukhovirskaya, L. (2019). Investigating the process of shrinkage depression formation at the combined radial-backward extrusion of parts with a flange. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (1 (101)), 49–57. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.179232>
- Noh, J., Hwang, B. B., Lee, H. Y. (2015). Influence of punch face angle and reduction on flow mode in backward and combined radial backward extrusion process. *Metals and Materials International*, 21 (6), 1091–1100. doi: <https://doi.org/10.1007/s12540-015-5276-y>
- Jamali, S. S., Faraji, G., Abrinia, K. (2016). Hydrostatic radial forward tube extrusion as a new plastic deformation method for producing seamless tubes. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 88 (1-4), 291–301. doi: <https://doi.org/10.1007/s00170-016-8754-6>
- Jafarzadeh, H., Zadsakoyan, M., Abdi Sobbouhi, E. (2010). Numerical Studies of Some Important Design Factors in Radial-Forward Extrusion Process. *Materials and Manufacturing Processes*, 25 (8), 857–863. doi: <https://doi.org/10.1080/10426910903536741>
- Xue, Y., Bai, B., Chen, S., Li, H., Zhang, Z., Yang, B. (2017). Study on processing and structure property of Al-Cu-Mg-Zn alloy cup-shaped part produced by radial-backward extrusion. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 95 (1-4), 687–696. doi: <https://doi.org/10.1007/s00170-017-1073-8>
- Farhoumand, A., Ebrahimi, R. (2009). Analysis of forward – backward-radial extrusion process. *Materials & Design*, 30 (6), 2152–2157. doi: <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2008.08.025>
- Aliieva, L. I. (2018). Sovershenstvovanie protsessov kombinirovannogo vydavlivaniya. *Kramatorsk: OOO «Tirazh-51»*, 352.
- Aliieva, L. I., Goncharuk, K. V., Shkira, A. V. (2016). Bar forming parts with flanges radial direct extrusion. *Bulletin of NTU «KhPI». Series: Innovative technologies and equipment handling materials in mechanical engineering and metallurgy*, 30 (1202), 5–10. Available at: [http://repository.kpi.kharkov.ua/bitstream/KhPI-Press/29268/1/vestnik\\_KhPI\\_2016\\_31\\_Alieva\\_Formoizmenenie.pdf](http://repository.kpi.kharkov.ua/bitstream/KhPI-Press/29268/1/vestnik_KhPI_2016_31_Alieva_Formoizmenenie.pdf)
- Soyarslan, C., Tekkaya, A. E. (2009). Prevention of Internal Cracks in Forward Extrusion by Means of Counter Pressure: A Numerical Treatise. *Steel Research International*, 80 (9), 671–679. doi: <https://doi.org/10.2374/SRI08SP170>
- Dereven'ko, I. A. (2012). Deformiruemost' i kachestvo zagotovok v usloviyah kombinirovannogo formoizmeneniya. *Obrabotka metallov davleniem*, 3 (32), 87–96.
- Hrudkina, N., Aliieva, L. (2020). Modeling of cold extrusion processes using kinematic trapezoidal modules. *FME Transactions*, 48 (2), 357–363. doi: <https://doi.org/10.5937/fme2002357h>
- Aliieva, L., Hrudkina, N., Aliiev, I., Zhibankov, I., Markov, O. (2020). Effect of the tool geometry on the force mode of the combined radial-direct extrusion with compression. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (1 (104)), 15–22. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.198433>
- Aliiev, I. S., Solodun, E. M., Kryuger, K. (2000). Modelirovanie protsessov kombinirovannogo vydavlivaniya. *Mehanika deformirovannogo tverdogo tela i obrabotka metallov davleniem*. Tula: Tul'skiy gos. un-t., 21–27.
- Levchenko, V. M., Aliiev, I. S., Sukhovirskaya, L. S. (2020). Modelirovanie protsesiv vydavliuvannia z rozdilnym oseredkom deformatsiyi. *Universitetskaya nauka – 2020: Mezhdunarodnaya nauchno-tehnicheskaya konferentsiya: tezisy dokladov*. Vol. 1: fakul'tety: metallurgicheskii, energeticheskii GVUZ «PGTU». Mariupol': PGU, 80–81.
- Shestakov, N. A. (1998). *Energeticheskie metody rascheta protsessov obrabotki metallov davleniem*. Moscow: MGIU, 125.
- Stepanskiy, L. G. (1979). *Raschety protsessov obrabotki metallov davleniem*. Moscow: Mashinostroenie, 217.
- Chudakov, P. D. (1992). Verhnyaya otsenka moshchnosti plasticheskoy deformatsii s ispol'zovaniem minimiziruyushchey funktsii. *Izvestiya vuzov. Mashinostroenie*, 9, 13–15.

27. Filippov, Yu. K., Ignatenko, V. N., Golovina, Z. S. et. al. (2011). Teoreticheskoe issledovanie kombinirovannogo protsessa radial'no-go i obratnogo vydavlivaniya v konicheskoy matritse. Kuznechno-shtampovochnoe proizvodstvo. Obrabotka materialov davleniem, 7, 3–7.

---

**DOI: 10.15587/1729-4061.2020.212540**  
**IMPROVING THE THERMAL METHOD FOR ASSESSING THE TECHNICAL CONDITION OF ROLLING BEARINGS BASED ON THE HEATING RATE CRITERION (p. 118–126)**

**Nataliia Peretiaka**

Odessa State Academy of Technical Regulation and Quality, Odessa, Ukraine

**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0003-3370-2140>

**Konstantin Boryak**

Odessa State Academy of Technical Regulation and Quality, Odessa, Ukraine

**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0003-4226-0102>

**Oleksandr Vatrenko**

Odessa National Academy of Food Technologies, Odessa, Ukraine

**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-5545-2480>

An improved method of passive thermal control has been proposed in order to operatively assess the technical condition of rolling bearings, based on studying the heating rate of a bearing. The values of the heating rate of ball, roller, and conical rolling bearings, as well as ball separators, have been determined empirically. It has been shown that the discrete limit heating rate values derived under the regular heating mode of mechanical reducers during stand tests are suitable for use as a diagnostic criterion for rolling bearings. Based on the heating speed criterion for mechanical reducers, it is possible to perform an operative assessment of the technical condition of rolling bearings of different types during the operation of equipment for different purposes. It has been established that for a rolling bearing in a working technical condition the heating rate under a regular heating mode does not exceed 1 °C/min. The resulting value corresponds to the diagnostic criterion for the heating rate of mechanical reducers in a working technical condition of  $\dot{\theta}_r \leq 1.1$  °C/min. Using a diagnostic parameter of the heating rate under a regular heating mode makes it possible to resolve the issue related to the duration of control over the technical condition of a rolling bearing using a thermal method. Reducing the control procedure duration, when using the improved thermal non-destructive testing, by 4 times, would yield a reduction in operating costs due to the possibility of ongoing control over rolling bearings at the beginning of the equipment operation. It has also been confirmed that the heating rate of rolling bearings under a regular heating mode directly depends on their technical condition and does not depend on the load transferred and the mode of operation of the bearing nodes of the technological equipment. The proposed method could be applied in the maintenance system based on the actual condition of the equipment for the operative control over rolling bearings.

**Keywords:** non-destructive testing, rolling bearing, technical condition, heating rate, thermal method.

#### References

- Artem'ev, B. V., Efimov, A. G., Klyuev, S. V., Matveev, V. I., Pushkina, I. Yu., Turobov, B. V. et. al. (2012). Osnovnye tendentsii razvitiya i sostoyanie NK i TD v mire. Territoriya NDT, 3, 24–33. Available at: [http://tndt.idspektr.ru/images/stories/archive/03\\_2012/03\\_2012.pdf](http://tndt.idspektr.ru/images/stories/archive/03_2012/03_2012.pdf)
- Trimm, M. (2003). An overview of nondestructive evaluation methods. Practical Failure Analysis, 3 (3), 17–31. doi: <https://doi.org/10.1007/bf02715528>
- Kondic, V., Bojanic, B., Kondic, Z. (2015). The choice of the optimum alternative of the process results quality control. Technical Journal, 9 (2), 153–158. Available at: <https://hrcak.srce.hr/140755>
- Saufi, S. R., Ahmad, Z. A. B., Leong, M. S., Lim, M. H. (2019). Challenges and Opportunities of Deep Learning Models for Machinery Fault Detection and Diagnosis: A Review. IEEE Access, 7, 122644–122662. doi: <https://doi.org/10.1109/access.2019.2938227>
- Lee, G.-Y., Kim, M., Quan, Y.-J., Kim, M.-S., Kim, T. J. Y., Yoon, H.-S. et. al. (2018). Machine health management in smart factory: A review. Journal of Mechanical Science and Technology, 32 (3), 987–1009. doi: <https://doi.org/10.1007/s12206-018-0201-1>
- Chen, X., Wang, S., Qiao, B., Chen, Q. (2017). Basic research on machinery fault diagnostics: Past, present, and future trends. Frontiers of Mechanical Engineering, 13 (2), 264–291. doi: <https://doi.org/10.1007/s11465-018-0472-3>
- Hoppenstedt, B., Pryss, R., Stelzer, B., Meyer-Bröt, F., Kammerer, K., Treß, A., Reichert, M. (2018). Techniques and Emerging Trends for State of the Art Equipment Maintenance Systems – A Bibliometric Analysis. Applied Sciences, 8 (6), 916. doi: <https://doi.org/10.3390/app8060916>
- Vavilov, V. P., Torgunakov, V. G., Shiryayev, V. V., Ivanov, A. I., Nesteruk, D. A. (2003). Teplovoy nerazrushayushchiy kontrol' v tomskom NII introskopii. Izvestiya Tomskogo politehnicheskogo universiteta, 306 (1), 110–118. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/teplovoy-nerazrushayushchiy-kontrol-v-tomskom-nii-introskopii>
- Moussa, W. (2017). A Passive Thermography Approach to Bearing Condition Monitoring. Juniper Online Journal Material Science, 1 (4). doi: <https://doi.org/10.19080/jojms.2017.01.555567>
- Bagavathiappan, S., Lahiri, B. B., Saravanan, T., Philip, J., Jayakumar, T. (2013). Infrared thermography for condition monitoring – A review. Infrared Physics & Technology, 60, 35–55. doi: <https://doi.org/10.1016/j.infrared.2013.03.006>
- Singh, R., Pandey, R., Chaudhary, R., Ranganath, M. S., Saxena, H. (2014). Analysis of Ball Bearings under Dynamic Loading Using Non Destructive Technique of Thermography. International Journal of Advance Research and Innovation, 2 (4), 781–783. Available at: [https://www.academia.edu/11316453/Analysis\\_of\\_Ball\\_Bearings\\_under\\_Dynamic\\_Loading\\_Using\\_Non-Destructive\\_Technique\\_of\\_Thermography](https://www.academia.edu/11316453/Analysis_of_Ball_Bearings_under_Dynamic_Loading_Using_Non-Destructive_Technique_of_Thermography)
- Takabi, J., Khonsari, M. M. (2013). Experimental testing and thermal analysis of ball bearings. Tribology International, 60, 93–103. doi: <https://doi.org/10.1016/j.triboint.2012.10.009>
- Mitrovic, R. M., Miskovic, Z. Z., Djukic, M. B., Bakic, G. M. (2016). Statistical correlation between vibration characteristics, surface temperatures and service life of rolling bearings – artificially contaminated by open pit coal mine debris particles. Procedia Structural Integrity, 2, 2338–2346. doi: <https://doi.org/10.1016/j.prostr.2016.06.293>
- Ranjit, S., Kim, W. T. (2014). Quantitative evaluation for early defect detection of contaminated ball bearing by temperature mapping in infrared thermography. International Journal of Applied Engineering Research, 9 (21), 9401–9409. Available at: [https://www.researchgate.net/publication/276207758\\_Quantitative\\_Evaluation\\_for\\_Early\\_Defect\\_Detection\\_of\\_Contaminated\\_Ball\\_Bearing\\_by\\_Temperature\\_Mapping\\_in\\_Infrared\\_Thermography](https://www.researchgate.net/publication/276207758_Quantitative_Evaluation_for_Early_Defect_Detection_of_Contaminated_Ball_Bearing_by_Temperature_Mapping_in_Infrared_Thermography)
- Li, X., Lv, Y., Yan, K., Liu, J., Hong, J. (2017). Study on the influence of thermal characteristics of rolling bearings and spindle resulted in condition of improper assembly. Applied Thermal Engineering, 114, 221–233. doi: <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2016.11.194>



16. Varenberg, M., Kligerman, Y., Halperin, G., Nakad, S., Kasem, H. (2018). Assessing workability of greased bearings after long-term storage. *Friction*, 7 (5), 489–496. doi: <https://doi.org/10.1007/s40544-018-0255-1>
17. Liao, N.-T., Lin, J. F. (2006). Rolling-Sliding Analysis in Ball Bearing Considering Thermal Effect. *Tribology Transactions*, 49 (1), 1–16. doi: <https://doi.org/10.1080/05698190500414300>
18. Peretyaka, N. A. (2017). Analysis of experimental test the reducers from the middle part of the axle passenger coaches. *Zbirnyk naukovykh prats Viyskovoho instytutu Kyivskoho natsionalnoho universytetu imeni Tarasa Shevchenka*, 55, 81–92. Available at: [https://mil.univ.kiev.ua/files/228\\_103780425.pdf](https://mil.univ.kiev.ua/files/228_103780425.pdf)
19. Borodin, A. I., Ivanova, E. A. (2008). Non-stationary heat exchange of solids of any form. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta*, 2, 147–153. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/nestatsionarnyy-teploobmen-tel-proizvolnoy-formy/viewer>
20. Sazhin, V. B., Sazhin, B. S. (2017). The use of regular thermal regime for thermophysical analysis of the materials to be dried. *Mizhnarodnyi naukovyi zhurnal «Internauka»*, 2 (1), 154–159. Available at: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/mnj\\_2017\\_2\(1\)\\_41](http://nbuv.gov.ua/UJRN/mnj_2017_2(1)_41)
21. Boriak, K. F., Peretyaka, N. A. (2015). Temperature control at tests of reducers of a reducer-pitch drive of current generators located under the body of a passenger car. *Collection of scientific works of the Odesa State Academy of Technical Regulation and Quality*, 1 (6), 53–58. doi: <https://doi.org/10.32684/2412-5288-2015-1-6-53-58>
22. Peretiaka, N. O. (2017). Improvement Trials on Stand Trials of Reducers of Passenger Carriages. *Visnyk Vinnytskoho politekhnichnoho instytutu*, 2, 83–90. Available at: <https://visnyk.vntu.edu.ua/index.php/visnyk/article/view/2036/2026>
23. Boryak, K., Peretyaka, N. (2017). Analysis of experimental testing of generator drive gearbox at the Kakhovka depot of Odesa railway. *The scientific heritage*, 10 (10), 40–44. Available at: <http://tsh-journal.com/wp-content/uploads/2017/04/VOL-3-No-10-10-2017.pdf>
24. Boriak, K. F., Peretiaka, N. O. (2018). Pat. No. 129692 UA. Sposib teplovoi diahnostryky mekhanichnykh reduktoriv. No. u201804497; declared: 24.04.2018; published: 12.11.2018, Bul. No. 21. Available at: <https://base.uipv.org/searchINV/search.php?action=viewdetails&IdClaim=252615>
25. Peretiaka, N. (2019). Analysis of Thermal Control Data Spindle Supports Desktop Screw-Cutting Lathe. *Visnyk of Vinnytsia Polytechnical Institute*, 2, 91–98. doi: <https://doi.org/10.31649/1997-9266-2019-143-2-91-98>

DOI: 10.15587/1729-4061.2020.212772

#### IDENTIFYING CHANGES IN THE MILKING RUBBER OF MILKING MACHINES DURING TESTING AND UNDER INDUSTRIAL CONDITIONS (p. 127–137)

**Andriy Paliy**

Kharkiv Petro Vasylenko National Technical University of Agriculture, Kharkiv, Ukraine

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

**Artem Naumenko**

Kharkiv Petro Vasylenko National Technical University of Agriculture, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1015-2457>

**Anatoliy Paliy**

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

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

**Svitlana Zolotaryova**

Kharkiv national agrarian University named after V. V. Dokuchaev, Kharkiv dist., Kharkiv reg., Ukraine  
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7275-5603>

**Andrey Zolotarev**

Institute of Animal Science of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Kharkiv, Ukraine  
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8571-3840>

**Ludmyla Tarasenko**

Odessa State Agrarian University, Odessa, Ukraine  
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5782-5079>

**Oleksandr Nechyporenko**

Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine  
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9915-5915>

**Larysa Ulko**

Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine  
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7224-1952>

**Oleksandr Kalashnyk**

Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine  
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2354-3473>

**Yurii Musiienko**

Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine  
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9735-4758>

Milking rubber is the only part of the milking equipment that comes into direct contact with the cow's teats. The task is to establish the high-quality technical and technological characteristics of the rubber liners for milking machines. It has been established that milking rubber after 600–650 hours of operation acquires significant deflection in the range of  $5.5 \pm 0.03$ – $3.7 \pm 0.04$  mm while a teat cup deformation varies within  $1.3 \pm 0.02$ – $3.5 \pm 0.05$  mm. A positive correlation dependence of the milking rubber elasticity on the deformation of its teat cup ( $r = +0.948$ ) has been found.

The method of passing the electric discharge was used to assess the readiness of milking rubber for use, whereby a variation coefficient of  $\nu < 10\%$  was determined for the milking rubber DD 00.041A AO «Bratslav», which makes it possible to estimate the product quality.

It was found that the change in the mass and volume of milking rubber over 72 hours of its treatment with the liquid SZHR-3 at  $t = 150$  °C exceeds the indicators obtained in contact with the liquid Skydrol LD-4 by more than 2.5 times. A positive correlation dependence of the milking rubber mass on its volume ( $r = +0.965$ ) has been established.

It was found that at a rubber tension in the range of 0 to 90 N the duration of the deformation loss experienced by the milking rubber shell was not long; it is 0.05–0.06 s. With an increase in the service life of milking rubber to 4 months, there is a decrease in its tension, from 56–60 N to 43–45 N, which adversely affects the maximum speed of milk yield – it decreases by 1.5 times.

A positive correlation dependence of the milking rubber service life on the level of its bacterial insemination ( $r = +0.960$ ) has been established.

**Keywords:** milking rubber, rubber characteristics, rubber parameters, development, shell deformation.

#### References

1. Nanka, O., Shigimaga, V., Paliy, A., Sementsov, V., Paliy, A. (2018). Development of the system to control milk acidity in the milk pipeline of a milking robot. *Eastern-European Journal of Enterprise Tech-*

- nologies, 3 (9 (93)), 27–33. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.133159>
2. Martin, L. M., Stöcker, C., Sauerwein, H., Büscher, W., Müller, U. (2018). Evaluation of inner teat morphology by using high-resolution ultrasound: Changes due to milking and establishment of measurement traits of the distal teat canal. *Journal of Dairy Science*, 101 (9), 8417–8428. doi: <https://doi.org/10.3168/jds.2018-14500>
  3. Paliy, A., Nanka, A., Marchenko, M., Bredykhin, V., Paliy, A., Negreba, J. et. al. (2020). Establishing changes in the technical parameters of nipple rubber for milking machines and their impact on operational characteristics. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (1 (104)), 78–87. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.200635>
  4. Gleeson, D. E., O'Callaghan, E. J., Rath, M. V. (2004). Effect of liner design, pulsator setting, and vacuum level on bovine teat tissue changes and milking characteristics as measured by ultrasonography. *Irish Veterinary Journal*, 57 (5), 289. doi: <https://doi.org/10.1186/2046-0481-57-5-289>
  5. Gálik, R., Bodó, Š., Staroňová, L. (2015). Monitoring the inner surface of teat cup liners made from different materials. *Research in Agricultural Engineering*, 61, S74–S78. doi: <https://doi.org/10.17221/50/2015-rae>
  6. Paliy, A. P. (2017). Innovations in determining the quality of liners of milking machines. *Tavriyskiy naukovyi visnyk*, 97, 160–164.
  7. 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 (S1), s94–s99. doi: <https://doi.org/10.1017/s1751731119000417>
  8. Fahim, A., Kamboj, M., Sirohi, A., Bhakat, M., Prasad, S., Gupta, R. (2018). Milking machine induced teat reactions in crossbred cows milked in automated herringbone milking parlour. *Indian Journal of Animal Science*, 88 (12), 1412–1415.
  9. Penry, J. F., Crump, P. M., Ruegg, P. L., Reinemann, D. J. (2017). Short communication: Cow- and quarter-level milking indicators and their associations with clinical mastitis in an automatic milking system. *Journal of Dairy Science*, 100 (11), 9267–9272. doi: <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12839>
  10. Dmytriv, V., Dmytriv, I., Lavryk, Y., Horodeckyy, I. (2018). Models of adaptation of the milking machines systems. *BIO Web of Conferences*, 10, 02004. doi: <https://doi.org/10.1051/bioconf/20181002004>
  11. Paliy, A. P. (2016). Issledovanie doil'noy reziny na osnove primeneniya innovatsionnykh tehnologiy. *Motrol. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. An international journal on operation of farm and agri-food industry machinery*, 18 (7), 9–13.
  12. Neuheuser, A.-L., Belo, C., Bruckmaier, R. M. (2017). Technical note: Reduced pulsation chamber vacuum at normal pulsation rate and ratio provides adequate prestimulation to induce oxytocin release and milk ejection while simultaneous milk flow is prevented. *Journal of Dairy Science*, 100 (10), 8609–8613. doi: <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12937>
  13. 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>
  14. Paliy, A. P., Nanka, O. V., Lutchenko, M. M., Naumenko, O. A., Paliy, A. P. (2018). Influence of dust content in milking rooms on operation modes of milking machine pulsators. *Ukrainian Journal of Ecology*, 8 (3), 66–70.
  15. Shit, S. C., Shah, P. (2013). A Review on Silicone Rubber. *National Academy Science Letters*, 36 (4), 355–365. doi: <https://doi.org/10.1007/s40009-013-0150-2>
  16. Bhakat, C. (2019). A Review on Sub Clinical Mastitis in Dairy Cattle. doi: <https://doi.org/10.31220/osf.io/ja7dp>
  17. Il'in, V. M., Rezova, A. K. (2015). Styrene Butadiene Rubber: Production Worldwide. *International Polymer Science and Technology*, 42 (10), 35–44. doi: <https://doi.org/10.1177/0307174x1504201008>
  18. Dmytriv, V. T. (2015). Adaptive machine milking system. *Mechanization in Agriculture. International Scientific: Scientific Applied and Informational Journal*, 10, 15–18.
  19. Wieland, M., Virkler, P. D., Borkowski, A. H., Älveby, N., Wood, P., Nydam, D. V. (2018). An observational study investigating the association of ultrasonographically assessed machine milking-induced changes in teat condition and teat-end shape in dairy cows. *Animal*, 13 (2), 341–348. doi: <https://doi.org/10.1017/s1751731118001246>
  20. Paliy, A. P., Nanka, O. V., Naumenko, O. A., Prudnikov, V. G., Paliy, A. P. (2019). Preconditions for eco-friendly milk production on the modern dairy complexes. *Ukrainian Journal of Ecology*, 9 (1), 56–62.
  21. Besier, J., Lind, O., Bruckmaier, R. M. (2015). Dynamics of teat-end vacuum during machine milking: types, causes and impacts on teat condition and udder health – a literature review. *Journal of Applied Animal Research*, 44 (1), 263–272. doi: <https://doi.org/10.1080/09712119.2015.1031780>
  22. 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>
  23. Aliev, E. B. (2010). Study of wear rubber nipple milking machine based theory of aging. *Zbirnyk naukovykh prats IMT NAAN «Mechanizatsiya, ekolohizatsiya ta konvertatsiya biosyrovyny u tvarynyntstvi»*, 1 (5, 6), 233–242.
  24. TU 2539-007-76503135-2011. Soskovaya rezina DD 00.041A dlya komplektatsii doil'nyh stakanov. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/437156326>
  25. SOU 74.3-37-273:2005. Tekhnika silskohospodarska. Ustanovky doilni dlia koriv. Metody vyprobuvan. *Minahropolityky Ukrainy* (2005). Kyiv, 46.
  26. Paliy, A. P. (2015). Innovatsii v issledovanii ekspluatatsionnykh svoystv soskovoy reziny doil'nykh apparatov. *Vestnik APK Stavropol'ya*, 3 (19), 51–54.
  27. Paliy, A. P. (2015). Innovatsiynyi pidkhid shchodo komplektuvannia doilnykh stakaniv diyikovoio humoiu. *Perspektyvy rozvytku suchasnoi nauky: materialy II mizhnar. nauk.-prakt. konf. Ch. I. Kherson: VD «Helvetyka»*, 81–83.
  28. GOST 9.030-74. Unified system of corrosion and ageing protection. Vulcanized rubbers. Method of testing of resistance to attack by corrosive media in limp state. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/1200015025>
  29. GOST 9.029-74 (ST SEV 1217-78). Unified system of corrosion and ageing protection. Vulcanized rubbers. Method of testing of resistance to ageing under static deformation of compression. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/1200015024>
  30. GOST 9982-76. Rubber. Determination of stress relaxation in compression. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/1200018659>
  31. Paliy, A. (2015). An innovative approach for the identification tension teat cup liners. *Tekhnolohiya vyrobnytstva i pererobky produktsiyi tvarynyntstva*, 2 (120), 32–35.
  32. GOST 34496-2018. Milking machines and equipment for cows. Test methods. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/1200168803>
  33. DSTU 7357:2013. Moloko ta molochni produkty. Metody mikrobiolohichnoho kontroliuvannia.
  34. Penry, J. F., Upton, J., Leonardi, S., Thompson, P. D., Reinemann, D. J. (2018). A method for assessing teatcup liner performance during the peak milk flow period. *Journal of Dairy Science*, 101 (1), 649–660. doi: <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12942>

35. Demba, S., Elsholz, S., Ammon, C., Rose-Meierhöfer, S. (2016). The Usability of a Pressure-Indicating Film to Measure the Teat Load Caused by a Collapsing Liner. *Sensors*, 16 (10), 1597. doi: <https://doi.org/10.3390/s16101597>
36. Paliy, A. P. (2017). System state estimation teat highly productive cows in industrial their use. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu*, 5 (1 (31)), 119–123.
37. Andrews, R. J., Mein, G. A., Brown, M. R. (1988). Improved milking characteristics of teatcups fitted with non-return valves. *Journal of Dairy Research*, 55 (4), 505–511. doi: <https://doi.org/10.1017/s0022029900033276>
38. Xu, Y., Feng, L., Cong, H., Li, P., Liu, F., Song, S., Fan, L. (2020). Preparation of TiO<sub>2</sub>/Ser filler with ultraviolet resistance and anti-bacterial effects and its application in SBR/TRR blend rubber. *Journal of Rubber Research*, 23 (2), 47–55. doi: <https://doi.org/10.1007/s42464-020-00035-x>
39. Paliy, A. P. (2016). Modern aspects of operation liner teat cups. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies*, 18 (2), 159–162. doi: <https://doi.org/10.15421/nvlvet6736>
40. Shkromada, O., Skliar, O., Paliy, A., Ulko, L., Gerun, I., Naumenko, O. et. al. (2019). Development of measures to improve milk quality and safety during production. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (11 (99)), 30–39. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.168762>
41. Aliev, E. B., Pokhalchuk, T. A. (2011). Teoretychna otsinka pokaznykiv nadiynosti vakuumnoi systemy doilnoi ustanovky. *Naukovyi Visnyk Luhanskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu*, 29, 57–66.

**DOI: 10.15587/1729-4061.2020.212150****КОНЦЕПЦІЯ МОДЕРНІЗАЦІЇ ЛІТАКІВ Ан-26 І Ан-140 НА ОСНОВІ ЗАСТОСУВАННЯ ГІБРИДНОЇ СИЛОВОЇ УСТАНОВКИ (р. 6–17)****В. Ф. Шмирьов, В. В. Логінов, С. А. Філь, А. В. Хаустов, О. В. Бондарчук, А. Б. Калашніков, Г. Є. Хмельницький**

Представлена концепція модернізації літаків Ан-26 і Ан-140 на основі застосування гібридної маршової силової установки (ГМСУ). В роботі об'єктом дослідження є літаки транспортної і пасажирської категорій у ваговій розмірності від 20 до 25 т. Аналіз шляхів модернізації показав, що в нових ринкових умовах актуальними стають два шляхи розвитку легкої авіатехніки «Антонов». Перший – модернізація існуючого парку літаків Ан-26, а другий – створення на базі літака Ан-140 рампового транспортного варіанту Ан-140Т. Одним із шляхів такої модернізації розглядається оснащення літаків гібридними маршовими силовими установками, що складаються з газотурбінного і силового електродвигуна, який приводить в обертання повітряний гвинт. Застосування ГМСУ дозволяє оптимізувати роботу газотурбінного двигуна на вузький тягово-швидкісний діапазон – лише на крейсерську ділянку польоту. Це дозволяє проектувати ГТД з високою паливною ефективністю і ваговою віддачею. При цьому шум і шкідливі викиди будуть суттєво нижчими.

Наведено аналіз існуючих авіаційних гібридних силових установок з формуванням рекомендацій щодо вибору оптимальної схеми для модернізації літаків Ан-26 і Ан-140. Рішення завдання пропонується шляхом вибору варіанта маршової силової установки з помірним ступенем гібридизації на базі двигуна ТВЗ-117ВМА-СБМ1, який добре себе зарекомендував.

Це покращує дальність польоту Ан-26 і Ан-140 при вантажопідйомності 4,5–5 тони в 1,4–1,7 рази відповідно.

Отримані результати підтверджують правильність запропонованої концепції модернізації. Результати аналізу показують істотне поліпшення льотних характеристик літаків, а також відповідність сучасним і прогнозованим екологічним нормам. Отримані результати можна рекомендувати для практичної модернізації Ан-26 і Ан-140.

**Ключові слова:** модернізація, гібридна маршова силова установка, акумуляторна батарея, засоби керування і комутації.

**DOI: 10.15587/1729-4061.2020.211752****ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ВІДПОВІДАЛЬНИХ КОНСТРУКТИВНИХ ПЛАСТИКОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ ЗАСОБАМИ 3-D ДРУКУ (р. 18–28)****О. Ф. Саленко, П. П. Мельничук, Є. Є. Лашко, О. О. Ченчева, О. М. Титаренко, І. І. Дервянко, О. А. Самусенко**

Розглядаються питання використання засобів 3-D друку для виготовлення конструкційних елементів машин і апаратів. Проведено аналіз особливостей друкування PLA-Carbon і PEEK (PEEK-Carbon) пластиками. Показано, що друкування PEEK-пластиком супроводжується рядом проблем, пов'язаних із високими залишковими термічними напруженнями при охолодженні матеріалу, а також із проблемою адгезії до поверхні викладання, яка має зберігати свої властивості до температур 420 °С. Проаналізовано причини виникнення браку при друкуванні виробів, що мають значну тривалість процесу (понад 12 год). Показано, що найбільш гострою залишається проблема міжшарового зчеплення, яка обумовлює анізотропію властивостей готового виробу.

Доведено, що використання пластмаси PEEK дозволяє виготовляти силові елементи за допомогою спеціальних друкувальних головок. Особливу увагу варто приділити надійному з'єднанню елемента, який друкується, з основою (столом), оскільки луцнення та деформація поверхні основи є однією з головних причин появи геометричних дефектів, які у подальшому обумовлюють дефекти структурні.

Виконані механічні випробування готових виробів, включаючи вакуумно-дегазаційні дослідження. Установлено, що руйнування зразків в цілому відповідає класичним уявленням про руйнування квазікрихкого тіла, коли мова йде про явища, що відбуваються в площині шарів матеріалу. Таким чином, будь-яка форма, надрукована принтером, є ортотропним виробом, поведінка якого задовільно описується теорією Гріффітса. У той же час міцнісні характеристики, а також пружнопластичні властивості виробу мають значні осові (ортотропні) відмінності.

Також показано, що забезпечення функціональних властивостей виробу здійснюється комплексом динамічно-рухомого та термобаричного впливу на розплав матеріалу в засопловом просторі, завдяки чому формуються площинки адгезії та порожнистість готового виробу.

Сформульовані рекомендації щодо попередження браку та усунення явищ розшарування, похибок геометричних параметрів виробу, зроблено висновок про доцільність впровадження даних процесів у виробництво.

**Ключові слова:** 3-D друк, адитивні процеси, PEEK-філамент, екструзія, вакуумне дослідження, механічне випробування.

**DOI: 10.15587/1729-4061.2020.202184****ПРОЕКТУВАННЯ ТА РОЗРОБКА ВИСОКОТОЧНОГО ВЕРСТАТА ДЛЯ ЗГІНАННЯ ДРОТУ (р. 29–35)****Faiz F. Mustafa, O. Hussein, Osamah F. Fakhri, Ahmed H. Sabri**

Використання згинального верстата набуло великого значення в результаті підвищення рівня промисловості. Метою даного дослідження є розробка більш точного згинального верстата. Запропонований згинальний верстат дозволив досягти блискучого виходу продукції, для отримання рівностороннього трикутника були досліджені три основних виробничих параметра, а саме довжина

фланця, кут вигину і радіус вигину. Суть полягає в запропонованому алгоритмі, розробленому на основі поділу процесу, в якому центральний контролер відповідає головним чином за управління субконтролером, а субконтролери запрограмовані за допомогою ПІД-регулятора для управління всіма механізмами подачі і згинання окремо і забезпечення сумісності результатів цих механізмів з вхідними даними від центрального контролера. Були обрані десять різних розмірів зразка конструкції рівностороннього трикутника з десятима спробами для кожного розміру (змінна довжина фланця, фіксований кут вигину, рівний 60 градусам, і радіус вигину, рівний 3 мм), виготовлених з використанням згинального верстата, а виробу формувалися в два етапи. По-перше, за допомогою запропонованого згинального верстата із застосуванням запропонованого алгоритму. По-друге, з використанням згинального верстата без застосування запропонованого алгоритму. Отримані результати були зіставлені з точки зору частоти помилок по відношенню до стандартного дизайну виробів, розроблених з використанням CAD/CAM додатку. Було зафіксовано підвищення точності виробу і точності за параметрами довжини фланця, кута вигину і радіуса вигину. Загальний рівень точності досягає 98,85228 % для виробу, виготовленого на запропонованому верстаті із застосуванням запропонованого алгоритму в порівнянні з виробом, виготовленим на верстаті, розробленому без застосування запропонованого алгоритму.

**Ключові слова:** згинальний верстат, точність, прецизійність, рівносторонній трикутник, довжина фланця, кут вигину, радіус вигину, запропонований алгоритм, додаток CAD/CAM.

DOI: 10.15587/1729-4061.2020.212517

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПЕРЕМІШУВАННЯ НАСІННЯ В РІДИНІ ГІДРОПНЕВМАТИЧНОЇ СІВАЛКИ ТОЧНОГО ВИСІВУ (р. 36–43)

В. І. Пастухов, В. Б. Бойко, Г. В. Теслюк, В. О. Улексін, Р. В. Кириченко

Однією з найбільш відповідальних операцій при вирощуванні овочевих культур є сімба, строки і якість проведення якої багато в чому визначають якість сходів, розмір врожаю, захворюваність культур. Прискорити появу та рівномірність сходів можливо застосувавши гідравлічний висів пророслого насіння. Роботу гідравлічних сівалок можна розділити на основні етапи: перемішування насіння в рідині, відбір та дозування насіння, висів насіння в насінневе ложе.

Розглянуто процес перемішування насіння в рідині, тобто отримання псевдозрідженого шару з необхідною концентрацією в забірній камері гідропневматичної сівалки точного висіву. Процес перемішування насіння в рідині виконується різними способами – барботуванням, застосуванням механічних мішалок, кожний з них вимагає застосування енергоємних виконуючих пристроїв.

Запропоновано спосіб перемішування насіння в рідині, що дозволяє знизити енерговитрати за рахунок перемішування не всього об'єму, а тільки частини, що знаходиться в зоні забору насіння до насіннепроводу.

За результатами теоретичних досліджень встановлено, що для забезпечення надійного та точного висіву насіння гідросівалкою концентрація насіння повинна знаходитися в межах 0,2–0,65 шт./мл. За таких умов процес заряджання відбувається без закупорювання насіннепроводу та за прийнятної швидкодії гідросівалки.

Визначено основні фактори, які впливають на формування заданої концентрації насіння – діаметр насіння, висота існування псевдозрідженого шару, швидкість потоку в забірній камері, кут між сторонами забірної камери, витрата рідини.

За результатами теоретичних досліджень процесу формування заданої концентрації насіння визначено межі існування псевдозрідженого шару  $h_2=0,014$  м,  $h_1=0,07$  м та висоту встановлення насіннепроводу  $h_n\approx 0,015-0,02$  м, яка забезпечить надійний та швидкий відбір насіння з забірної камери для подальшого його дозування та висіву.

Основні положення теоретичних досліджень процесу перемішування та формування заданої концентрації насіння підтверджено експериментальними дослідженнями на лабораторній установці.

**Ключові слова:** проросле насіння, гідросівалка, точний висів, псевдозріджений шар, концентрація насіння, порозність.

DOI: 10.15587/1729-4061.2020.212994

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ВІДЦЕНТРОВО-УДАРНОГО ПОДРІБНЮВАЧА ФУРАЖНОГО ЗЕРНА НОВОЇ КОНСТРУКЦІЇ (р. 44–51)

М. С. Волхов, А. М. Абаліхін, А. В. Крупін, І. І. Максимов

Для подрібнення фуражного зерна використовують молотковідробарки, яким властиві висока питома витрата енергії та його нерівномірний фракційний склад. Отримання якісно подрібненого зерна з меншими енерговитратами можливо на відцентрово-ударному подрібнювачі нової конструкції з отвором в завантажувальній горловині для додаткової подачі повітря в камеру подрібнення зі швидкістю до 4,8 м/с. Додатковий отвір забезпечує підвищення швидкості повітря в вивантажній горловині в 1,8...1,3 разів при зміні частоти обертання ротора з 3750 до 2250 хв<sup>-1</sup>, своєчасну евакуацію подрібненого матеріалу з подрібнювача.

Отримано рівняння регресії, що дозволяють визначити конструкційні та режимні параметри подрібнювача, що забезпечують максимум продуктивності та мінімум питомих енерговитрат. Найбільший вплив на продуктивність подрібнювача надають діаметри отворів решіт і площа вивантажного вікна бункера. Найбільший вплив на питому енергоємність процесу подрібнення надає діаметр отворів решета. Максимальна продуктивність подрібнювача – 1440 кг/год і мінімальна енергоємність з урахуванням досягнутого ступеня подрібнення 2,1 Вт·с/(кг·один. ст. вим.) спостерігається при використанні решета з діаметром отворів 7 мм, частоті обертання ротора 3500 хв<sup>-1</sup> і максимально відкритому вивантажному вікні бункера при  $F=1,458$  м<sup>2</sup>·10<sup>-3</sup>. Питома витрата енергії на подрібнення ячменю менше в 1,22...1,89 рази, ніж у молоткових дробарок RVO 35, ДБ-5, КД-2А. Зміст пилоподібної фракції не перевищує 5,74 %, що в 2 рази менше, в порівнянні з молотковою дробаркою ДЗМ-6. Визначено раціональні режими роботи подрібнювача для підготовки фуражного зерна до згодовування для сільськогосподарських тварин різних видів і вікових груп.

**Ключові слова:** фуражне зерно, відцентрово-ударний подрібнювач, дерть, ступінь подрібнення зерна, подрібнювач зерна.

DOI: 10.15587/1729-4061.2020.212733

### ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ ЖНИВАРКИ ОБЧІСУВАЛЬНОГО ТИПУ ДЛЯ ЗБИРАННЯ НАСІННЯ ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО (р. 52–59)

О. В. Козаченко, А. М. Пахучий, О. М. Шкрегаль, С. П. Сорокін, С. О. Дьяконов, М. П. Гусаренко, В. С. Каденко

Представлено результати експериментальних досліджень обґрунтування раціональних конструктивно-режимних параметрів двобарабанної жниварки для збирання насіння льону олійного методом обчисування рослин на корені. Підтверджено результати попереднього математичного моделювання процесу сепарації обчисаного вороху в жниварці із визначеною криволінійною формою кожуха.

Експериментальними дослідженнями процесу сепарації вороху в жниварці встановлено залежності масової частки відходу лушпиння і часточок стебла з її області  $\delta_b$ , частки відходу насіння і коробочок із насінням  $\delta_h$  і потужності  $P$ , що споживається, від частоти обертання бітера-відбивача  $n_1$  і обчисувального барабана  $n_2$ , положення повітряної сітки  $L$  і її ширини  $B$ . Виділені, як найбільш значущі такі конструктивно-режимні параметри жниварки обчисувального типу для збирання насіння льону олійного: частота обертання бітера-відбивача  $n_1=892$  об/хв., частота обертання обчисувального барабана  $n_2=652$  об/хв., положення повітряної сітки  $L=0,62$  м і її ширина  $B=0,56$  м. При цьому масова частка відходу лушпиння і часточок стебла складає  $\delta_b=47,5\%$ , частка втрат насіння і коробочок із насінням з області жниварки, відповідно,  $\delta_h=2,1\%$ , а потужність, що споживається на виконання процесу,  $P=2,7$  кВт.

Статистичний аналіз показав, що коефіцієнт кореляції між теоретичними і експериментальними даними складає 0,88–0,95, відносна похибка оптимальних значень 4,6%. Наочне і статистичне порівняння теоретичних і експериментальних даних підтвердило адекватність математичних моделей, які розроблено в результаті теоретичних досліджень.

За результатами виконаних експериментальних досліджень можна стверджувати про корисність їх застосування для інженерних розрахунків при створенні нових технічних засобів для збирання врожаю сільськогосподарських культур методом обчисування рослин на корені.

**Ключові слова:** обчисувальна жниварка, технологія обчисування рослин на корені, льон олійний, оптимальні конструктивно-режимні параметри.

DOI: 10.15587/1729-4061.2020.212788

### РОЗРОБЛЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВИМОГ ДО САМОХІДНИХ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ З МОЖЛИВОСТЯМИ МОБІЛЬНИХ ЕНЕРГОЗАСОБІВ (р. 60–70)

В. О. Шейченко, А. Я. Кузьмич, В. І. Недовесов, М. М. Анеляк, О. І. Біловод, В. В. Шевчук, Т. О. Кутковецька, М. М. Шпилька

Досліджено можливість використання шасі зернозбиральних комбайнів в якості мобільного енергозасобу. Розроблено експлуатаційні вимоги до мобільних енерготехнологічних засобів загального призначення.

Досліджено тягово-зчіпні характеристики зернозбирального комбайна з адаптером, що збільшує тягове зусилля.

Отримано теоретичні залежності швидкості руху, потужності на гаку, питомих витрат палива та коефіцієнта навантаження на колеса напрямного моста від тягового зусилля на гаку енерготехнологічного засобу.

Відмічено, що використання керованого моста з ведучими колесами зменшує буксування рушіїв енерготехнологічного засобу. За рівня буксування рушіїв до 16% енергозасіб, обладнаний керованим мостом з ведучими колесами, розвиває тягове зусилля на гаку до 40 кН. За умов приводу моста від магістралі гідрооб'ємної трансмісії швидкість руху енергозасобу зменшується на 17,9%, 28,5%, 35,9% та 49,0% відповідно на I, II, III та IV передачах коробки перемінних передач ведучого моста.

Потужність на гаку енергозасобу збільшується внаслідок відповідного збільшення тягового зусилля: на III передачі за тягового зусилля в межах 35–40 кН, потужність на гаку складає 68–75 кВт. За таких умов питомі витрати палива становлять 430–460 г/кВт-год за швидкості руху засобу в межах 1,9–1,95 м/с.

Визначено межі змінення коефіцієнта навантаження на колеса напрямного моста (не менше 0,2), за яких забезпечується виконання вимог керованості енергозасобу.

Встановлено питомі витрати палива (540–580 г/кВт-год) зернозбирального комбайна з пропускною здатністю 9–11 кг/с за умов його використання в якості енерготехнологічного засобу за швидкості руху 1,7–2,1 м/с та тяговому зусиллі на гаку 24–33 кН.

**Ключові слова:** зернозбиральний комбайн, енерготехнологічний засіб, експлуатаційні вимоги, тягово-зчіпні властивості, адаптер.

DOI: 10.15587/1729-4061.2020.211997

### РОЗРОБКА АДАПТИВНОГО МЕТОДУ РЕГУЛЮВАННЯ КОМФОРТНОСТІ КОРСЕТУ ЗА ПАРАМЕТРАМИ ІДЕНТИФІКАЦІЇ КОНСТРУКТИВНИХ ЗОН (р. 71–81)

А. Л. Славінська, О. П. Сиротенко, В. В. Мица, О. М. Домбровська

Досліджено вплив моделюючого ефекту конструктивних зон корсету побутового призначення на забезпечення його комфортності. Встановлено, що конструктивна будова корсету суттєво змінюється від величини моделюючого ефекту на різних ділянках торсу. При цьому механізм застосування зональної антропометричної корекції торсу змінюється в залежності від комфортності матеріалів. Доведено, що морфологічні параметри зон жіночого торсу впливають на способи та параметри формоутворення типових членувань корсету.

Завдяки цьому стало можливим аналітично обґрунтувати ергономічні параметри моделюючого ефекту в системі «корсет – торс» для інтерактивного конструювання силуетних конструкцій. Експериментальними дослідженнями підтверджена дисперсія точок конструкторних зон в діапазонах морфологічних типів. Показано, що раціональний варіант поєднання технологічних модулів забезпечує розмірну трансформацію зон корсета способом групування. Зокрема встановлено перспективність адаптації комбінованої форми корсету до індивідуального типу фігури.

Це дозволяє стверджувати про можливість адаптивного регулювання відчуття комфорту в корсеті шляхом поєднання зонально-модульної моделі антропометричних ознак і трансформації моделюючих ефектів в технологічних модулях.

Показано, що технологічний модуль чашки бюстє забезпечує поліваріантність об'єму грудної залози за рахунок вертикальних та горизонтальних членувань. Технологічний модуль поясу-корсету, окрім властивостей основних матеріалів, враховує каркасні елементи. Це призводить до фіксації бажаного моделюючого ефекту.

Таким чином, є підстави стверджувати, що впровадження нового типу конструкції корсету підвищить продуктивність проектних робіт. Практична комфортність запропонованих технологічних рішень забезпечить скорочення кількості типорозмірів корсетів, які за рівнем комфорту є універсальними для суміжних розмірів.

**Ключові слова:** комфортність корсету, моделюючий ефект, конструктивна зона, морфологічний тип, адаптивний метод.

---

**DOI: 10.15587/1729-4061.2020.212075**

### **РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ ПРОБНИХ ВІДБИТКІВ ЦИФРОВОГО ТА ОФСЕТНОГО ДРУКУ НА ГОФРОКАРТОНІ (р. 81–89)**

**С. Є. Хаджинова, С. Ф. Гавенко**

Стрімкий розвиток цифрового друку та популярність виготовлення упаковок з гофрокартону спонукає виробників до підвищення якості продукції. Тому проведення досліджень якості відбитків цифрового друку із використанням сучасних методик визначення кваліметричних показників є важливим, як для споживачів, так і виробників продукції. Дослідженню підлягали відбитки, отримані на машині струменевого друку Durst Rho 1312. Друкування здійснювали фарбами СМΥΚ+Light Cyan+Light Magenta (Австрія)+Light Cyan+Light Magenta. Відбитки отримували безпосередньо на п'ятишаровому гофрованому картоні, використовуючи технологію post print. Також друкування здійснювали на лайнері з наступним прикашируванням його до флютингу (технологія preprint).

Описано методику визначення кваліметричних показників відбитків, зокрема оптичної щільності, приросту тональності растрового зображення, кольоровідтворення, роздільної здатності, стабільності друку на відбитках і в процесі друкування, світлостійкості. Здійснено оцінювання якості відбитків відповідно до вимог стандарту ISO/TS15311-2:2018. Проведено порівняння якості відбитків цифрового та офсетного друку. Встановлено, що цифрова технологія post-print на п'ятишаровому гофрокартоні ВЕ та pre-print на картоні GD180 забезпечують однакові параметри якості відбитків. Це зокрема такий показник якості, як відтворення тонів растрових зображень, оптична щільність, різниця кольорів, стабільність друкування. Незначні відхилення має показник роздільності друку на відбитках.

Виявлено, що кольоропередача офсетних відбитків вища (на 10 %), ніж у відбитків цифрового друку, виготовлених за технологією pre-print. Офсетний друк забезпечує також більшу роздільну здатність (на 93 лінії/см), ніж цифровий. Проте за параметром стабільності друку та різниці кольорів, відбитки струменевого друку поступаються офсетній технології. Відбитки цифрового друку мають добру світлостійкість (у 10–20 разів краще, ніж у відбитків офсетного друку).

**Ключові слова:** цифровий та офсетний друк, п'ятишаровий гофрокартон, pre-print, post-print, якість відбитків.

---

**DOI: 10.15587/1729-4061.2020.212484**

### **ВИЗНАЧЕННЯ РЕЖИМНИХ ПАРАМЕТРІВ ПОВЕРХНЕВОГО ОЧИЩЕННЯ ВЖИВАНОЇ ДЕРЕВИНИ ГОЛКОФРЕЗЕРНИМ ІНСТРУМЕНТОМ (р. 89–97)**

**С. В. Гайда, О. А. Кійко**

Виявлено проблему неефективного використання вживаної деревини (ВЖД) у технологічних процесах деревообробки, як потенційного ресурсу, через поверхневе забруднення. Запропоновано варіант вирішення цієї проблеми шляхом очищення ВЖД механізованим способом, зокрема з використанням голкофрезерного інструменту – за рахунок вибору величини натягу та швидкості подачі. Визначено вплив натягу голкофрез до оброблення на глибину очищення забруднених поверхонь заготовок із ВЖД. Сформована модель контакту голкофрези до забрудненої поверхні ВЖД дала змогу описати суть способу очищення цим інструментом. Виявлено, що глибина шару, який знімається дротинкою голкофрези, зменшується із збільшенням відстані до завершення різання. Побудовано номограму, яка дає змогу визначити зміну переднього кута від величини натягу голкофрези. Знаючи передній кут, в певному місці дотику голки на дузі контакту, можемо визначити товщину очищення, що важливо для практики, зокрема при натягу 4,5 мм товщина знятого матеріалу може становити 3,46 мм. Одержано адекватну регресійну модель, аналіз коефіцієнтів якої засвідчив суттєвий вплив натягу (+0,895) на глибину очищення, ніж швидкість подачі (+0,256). Розроблена модель дозволяє здійснювати прогнозування товщини шару, який знімається для забезпечення необхідної чистоти дерев'яної поверхні ВЖД. Сформульовано практичні рекомендації щодо режимів роботи голкофрезерного верстата: швидкість подачі має становити 10–12 м/хв, натяг – 0,5–5,0 мм, що забезпечить, залежно від породи, твердості матеріалу та виду поверхневого забруднення ВЖД, зняття поверхневого шару товщиною 0,4–4,0 мм. Запропоновано раціональний натяг голкофрези для виробничих умов 2,5 мм, що забезпечує глибину очищення забруднених поверхонь в діапазоні 1,8–2,2 мм.

**Ключові слова:** вживана деревина, переробка деревини, деревознавство та технології, голкофрези, залишки деревини, переробка відходів.

DOI: 10.15587/1729-4061.2020.204364

**АНАЛІЗ ВПЛИВУ СИСТЕМОЇ КООРДИНАЦІЇ ЗВАРЮВАЛЬНИХ РОБІТ НА РІВЕНЬ ЯКОСТІ З'ЄДНАНЬ (р. 98–109)**

О. А. Гасвський, В. В. Квасницький, В. О. Гасвський, К. О. Зворикін

Необхідність координації зварювальних робіт викликана значними ризиками невиконання вимог до зварних з'єднань. Відомо, що застосування стандартів координації зварювальних робіт впорядковує діяльність по забезпеченню якості зварювання, що позитивно сприймається замовниками та іншими зацікавленими сторонами. Однак вплив системної координації в зварюванні на об'єктивні показники рівня якості зварних з'єднань у виробництві потребує вивчення.

Порівняльному статистичного аналізу впливу системної координації зварювальних робіт на рівень якості зварних з'єднань передувала процесно-орієнтована розробка і впровадження комплексу процедур координації зварювальних робіт у виробництво зварних рам. Запропонована схема взаємодії та класифікація процедур координації в зварюванні. Процедури поділені на три групи. До першої групи віднесені процедури довгострокового забезпечення якості зварювання. Друга група – процедури забезпечення якості зварювання при виконанні Заявки (Замовлення, Контракту). Третю групу формують процедури забезпечення та поліпшення якості зварювання з'єднання. Реалізація нормативно орієнтованого вмісту процедур забезпечує допуск персоналу необхідної кваліфікації, застосування відповідного зварювального устаткування, матеріалів, технічної документації, термічної обробки, технічного контролю. Все це в комплексі забезпечує виконання вимог до зварного з'єднання заданої товщини основного металу, типу з'єднання і шва.

На виробництві були отримані дані про рівень якості зварних рам до впровадження та після впровадження міжнародних стандартів координації зварювальних робіт. З застосуванням контрольних карт Шухарта показано, що забезпечення якості шляхом координації зварювальних робіт дозволяє стабілізувати процес зварювання, переводячи його в статично керований стан при дворазовому зниженні частки невідповідних одиниць у вибірці.

**Ключові слова:** зварювання, координація зварювальних робіт, забезпечення якості, статистичний контроль, процесний підхід.

DOI: 10.15587/1729-4061.2020.212018

**ПРОГНОЗУВАННЯ ФОРМОУТВОРЕННЯ ДЕТАЛЕЙ З ФЛАНЦЕМ ТА ОСЬОВИМ ВІДРОСТОМ В ПРОЦЕСІ КОМБІНОВАНОГО СУМЩЕНОГО РАДІАЛЬНО-ПРЯМОГО ВИДАВЛЮВАННЯ (р. 110–117)**

Н. С. Грудкіна, Л. І. Алєєва, О. Є. Марков, Х. В. Малій, Л. П. Суховірська, М. М. Кузнецов

Запропоновано у якості розрахункових схем процесу комбінованого сумщеного радіально-прямого видавлювання деталей з фланцем та осьовим відростком використовувати РС-1 (з наявністю трапецеїдального модуля) та РС-1а (з прямокутними кінематичними модулями). Використання трапецеїдального кінематичного модуля дозволяє описати характерні зони течії металу, наближені до реального протікання процесу на основі викривлення координатних сіток. На основі енергетичного методу отримано величини приведенного тиску деформування із використанням верхньої оцінки потужності сил деформування всередині трапецеїдального кінематичного модуля. Оптимізація проводиться за параметром  $R_k$ , що визначає положення поверхні розподілу течії металу в осьовий відросток та фланцеву зону. Проведено порівняльний аналіз теоретичних розрахунків величини приведенного тиску деформування та вплив геометричних співвідношень та умов тертя на якісні та кількісні відмінності в характері змінених отриманих кривих. Перевищення даних щодо оцінки силового режиму за схемою РС-1а по відношенню до розрахунків за схемою РС-1 може досягати 50 % та вказує на раціональність використання останньої. Це пояснюється обмеженням у використанні оптимізації (відсутність оптимізації висоти осередку деформації) за схемою, що містить елементарні прямокутні кінематичні модулі. Відхилення теоретичних розрахунків від експериментально отриманих приростів осьового відростка не перевищує 7–10 %, що вказує на правомірність використання розрахункової схеми РС-1 з трапецеїдальним кінематичним модулем. Таким чином, можна стверджувати про правомірність визначення положення границі поверхні розподілу течії металу у осьовий відросток і фланцеву зону та отриманої в результаті оцінки формоутворення напівфабрикат.

**Ключові слова:** моделювання процесів комбінованого видавлювання, кінематичний модуль, енергетичний метод, формоутворення напівфабрикату.

DOI: 10.15587/1729-4061.2020.212540

**ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕПЛООВОГО МЕТОДУ ОЦІНКИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ПІДШИПНИКІВ КОЧЕННЯ ЗА КРИТЕРІЄМ ШВИДКОСТІ НАГРІВУ (р. 118–126)**

Н. О. Перетяка, К. Ф. Боряк, О. В. Ватренко

Запропоновано вдосконалений метод пасивного теплового контролю для оперативної оцінки технічного стану підшипників кочення, заснований на дослідженні швидкості нагріву підшипника. Емпіричним шляхом визначені значення швидкості нагріву кулькових, роликових і конічних підшипників кочення, а також сепараторів кулькових. Показано, що отримані дискретні граничні значення швидкості нагріву в режимі регулярного нагріву механічних редукторів при стендових випробуваннях придатні для застосування в якості діагностичного критерію для підшипників кочення. За критерієм швидкості нагріву для механічних редукторів можливо виконати оперативну оцінку технічного стану підшипників кочення різних типів під час функціонування різного за призначенням обладнання. Встановлено, що для підшипників кочення, які знаходяться в працездатному технічному стані, значення швидкості нагріву в режимі регулярного нагріву не перевищує  $1\text{ }^{\circ}\text{C/хв}$ . Отримане значення відповідає діагностичному критерію швидкості нагріву механічних редукторів в працездатному технічному стані  $\vartheta_{н} \leq 1,1\text{ }^{\circ}\text{C/хв}$ . Використання діагностичного параметра швидкості нагріву в режимі регулярного нагріву дає змогу вирішення проблеми довготривалості контролю технічного стану підшипника кочення



тепловим методом. Завдяки скороченню у 4 рази часу на процедуру контролю за вдосконаленим методом теплового неруйнівного контролю відбудеться зниження експлуатаційних витрат за рахунок можливості здійснення поточного контролю підшипників кочення на початку функціонування обладнання. Також підтверджено, що швидкість нагріву підшипників кочення в режимі регулярного нагріву безпосередньо залежить від їх технічного стану і не залежить від переданого навантаження та режиму роботи підшипникових вузлів технологічного обладнання. Запропонований метод може бути застосований в системі технічного обслуговування за фактичним станом обладнання для оперативного контролю підшипників кочення.

**Ключові слова:** пасивний метод, тепловий контроль, підшипник кочення, технічний стан, швидкість нагріву.

DOI: 10.15587/1729-4061.2020.212772

## ВИЯВЛЕННЯ ЗМІН ДІЙКОВОЇ ГУМИ ДОЇЛЬНИХ АПАРАТІВ В ПРОЦЕСІ ВИПРОБУВАННЯ І В ВИРОБНИЧИХ УМОВАХ (р. 127–137)

А. П. Палій, А. О. Науменко, А. П. Палій, С. А. Золотарьова, А. П. Золотарьов, Л. О. Тарасенко, О. Л. Нечипоренко, Л. Г. Улько, О. М. Калашник, Ю. В. Мусієнко

Дійкова гума – єдиний компонент з усього доїльного обладнання, який знаходиться в безпосередньому контакті з тваринами. Завдання полягає у встановленні якісних техніко-технологічних характеристик дійкової гуми доїльних апаратів. Встановлено, що дійкова гума після 600–650 годин напрацювання має значний діапазон прогинання ( $5,5 \pm 0,03$ – $3,7 \pm 0,04$  мм) та деформації присоски ( $1,3 \pm 0,02$ – $3,5 \pm 0,05$  мм). Виявлено позитивну кореляційну залежність між еластичністю дійкової гуми та деформацією її присоски ( $r = +0,948$ ).

Методом пропускання електричного розряду надано оцінку щодо готовності дійкової гуми до використання з встановленням для гуми ДД 00.041А АО «Брацлав» коефіцієнту варіації ( $v < 10\%$ ), що дає змогу оцінити якість виробу.

Встановлено, що зміна маси і об'єму дійкових гум за 72 години впливу рідини СЖР-3 при  $t = 150^\circ\text{C}$  перевищують більш ніж в 2,5 рази показники, отримані при контакті з рідиною Скайдрол LD-4. Встановлено позитивну кореляційну залежність між масою дійкових гум та їх об'ємом ( $r = +0,965$ ).

Виявлено, що при натягу гуми в діапазоні від 0 до 90 Н тривалість втрати деформації оболонки дійкової гуми нетривала і становить 0,05–0,06 с. Зі збільшенням терміну експлуатації дійкової гуми до 4 місяців відбувається зменшення її натягу з 56–60 Н до 43–45 Н, що негативно позначається на максимальній швидкості молоковиведення – вона знижується у 1,5 раза.

Встановлено позитивну кореляційну залежність між терміном експлуатації дійкової гуми та рівнем її бактеріального обсіменіння ( $r = +0,960$ ).

**Ключові слова:** дійкова гума, характеристика гуми, параметри гуми, напрацювання, деформація оболонки.