

## ABSTRACT AND REFERENCES

## ENGINEERING TECHNOLOGICAL SYSTEMS

DOI: 10.15587/1729-4061.2026.360862

**REVEALING THE EFFECT OF EXPLOSION ON THE PERFORMANCE OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES IN PROTECTIVE SHELTERS UNDER AIR ATTACKS (p. 6–18)****Serhii Pozdieiev**National University of Civil Protection  
of Ukraine, Cherkasy, UkraineORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9085-0513>**Volodymyr Bashynskiy**State Scientific Research Institute of Armament and Military  
Equipment Testing and Certification, Cherkasy, UkraineORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0966-5714>**Andrii Shvydenko**

Cherkasy State Business College, Cherkasy, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7708-8595>**Serhii Bisyk**

National Defence University of Ukraine, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5009-2113>**Olga Nekora**National University of Civil Protection  
of Ukraine, Cherkasy, UkraineORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5202-3285>**Serhii Holets**Limited Liability Company "Road and Energy Structures Reinforced  
Concrete Products Plant", Kyiv, UkraineORCID: <https://orcid.org/0009-0008-2795-3318>**Oleh Dmitriiev**State Scientific Research Institute of Armament and Military  
Equipment Testing and Certification, Cherkasy, UkraineORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1079-9744>**Volodymyr Krivtsun**State Scientific Research Institute of Armament and Military  
Equipment Testing and Certification, Cherkasy, UkraineORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3907-5320>**Viktor Nikitchenko**State Scientific Research Institute of Armament and Military  
Equipment Testing and Certification, Cherkasy, UkraineORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8973-8711>**Ihor Chastokolenko**National University of Civil Protection  
of Ukraine, Cherkasy, UkraineORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9323-2684>

This study explores reinforced concrete structures at the UFS-1 and SHS VS-1-3 series block protective facilities under explosive conditions. The task addressed relates to the insufficiently studied patterns of their stressed-strained state taking into account contact interaction between structural elements and the soil base.

To solve the specified task, numerical modeling was performed using the finite element method. Calculations were carried out in the LS-DYNA software package (USA) taking into account physical and geometric nonlinearity and contact interaction of structural elements. The functional suitability of reinforced concrete structures at block protective facilities under explosive conditions was investigated.

The explosive impact scenarios provided for a TNT equivalent charge of 15 kg at distances to the structure of 0.55 m and 5 m. The calculation results showed that the maximum values of excess pressure reach  $1.16 \cdot 10^6$  kPa and  $1.01 \cdot 10^3$  kPa, respectively. It was found that the greatest stresses and displacements are localized in the junctions of blocks and near-surface areas of structures, which made it possible to identify the most vulnerable elements and justify directions for improving structural solutions.

It was found that at the assumed values of explosive effects, the facilities retain their functional suitability and stability while damage is localized in small areas and does not lead to progressive destruction of the shelter. This is explained by the spatial work of the structure and the redistribution of dynamic forces among individual blocks and the soil base.

The research results could prove useful for assessing explosion resistance and implementing engineering solutions in the design of civil defense structures with the aim of improving them.

**Keywords:** explosive load, explosion resistance, protective shelters, reinforced concrete structures, stressed-strained state, LS-DYNA.

**References**

- Zhang, C., Gholipour, G., Mousavi, A. A. (2020). Blast loads induced responses of RC structural members: State-of-the-art review. *Composites Part B: Engineering*, 195, 108066. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2020.108066>
- Anas, S. M., Alam, M., Umair, M. (2021). Experimental and numerical investigations on performance of reinforced concrete slabs under explosive-induced air-blast loading: A state-of-the-art review. *Structures*, 31, 428–461. <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2021.01.102>
- Park, Y., Kim, K., Park, S.-w., Yum, S.-G., Baek, J.-W. (2024). Experimental Evaluation on Blast Resistance of Reinforced Concrete Structures under Partially Confined Explosion. *International Journal of Concrete Structures and Materials*, 18 (1). <https://doi.org/10.1186/s40069-024-00663-2>
- Guo, X., Li, Y., McCrum, D. P., Hu, Y., Bai, Z., Zhang, H., Li, Z., Wang, X. (2024). A reinforced concrete shear wall building structure subjected to internal TNT explosions: Test results and numerical validation. *International Journal of Impact Engineering*, 190, 104950. <https://doi.org/10.1016/j.ijimpeng.2024.104950>
- Draganić, H., Jeleč, M., Gazić, G., Lukić, S. (2025). Numerical Investigations of Reinforced Concrete Slabs Subjected to Contact Explosions. *Buildings*, 15 (7), 1063. <https://doi.org/10.3390/buildings15071063>
- Li, H., Chen, W., Hao, H. (2024). Performance of reinforced concrete slabs subjected to simultaneous fire and blast loads. *Engineering Structures*, 311, 118133. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2024.118133>
- Ivanchenko, G., Getun, G., Bezklubenko, I., Solomin, A., Posternak, O. (2023). Influence of explosive loads on buildings and structures of the population civil protection. *Strength of Materials and Theory of Structures*, 111, 39–48. <https://doi.org/10.32347/2410-2547.2023.111.39-48>
- Kostopoulos, V., Kalimeris, G. D., Giannaros, E. (2022). Blast protection of steel reinforced concrete structures using composite foam-core sacrificial cladding. *Composites Science and Technology*, 230, 109330. <https://doi.org/10.1016/j.compotech.2022.109330>
- Fatima, A., Sangi, A. J., Mohammad, A. F., Joohi, M. (2023). Global response of reinforced concrete framed building under varying blast load pulse shapes. *Structures*, 50, 482–493. <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2023.02.001>
- Belytschko, T., Liu, W. K., Moran, B. (2013). *Nonlinear finite elements for continua and structures*. John Wiley & Sons. Available at: <https://>

scispace.com/pdf/nonlinear-finite-elements-for-continua-and-structures-1qwp4eb2pg.pdf

11. Grassl, P., Jirásek, M. (2006). Damage-plastic model for concrete failure. *International Journal of Solids and Structures*, 43 (22-23), 7166–7196. <https://doi.org/10.1016/j.ijsolstr.2006.06.032>
12. Murray, Y. D., Abu-Odeh, A., Bligh, R. (2007). Evaluation of LS-DYNA Concrete Material Model 159 (2007). FHWA-HRT-05-063. Available at: <https://www.fhwa.dot.gov/publications/research/infrastructure/structures/05063/>
13. Hallquist, J. O. (2006). LS-DYNA® Theory Manual. Livermore Software Technology Corporation, 680. Available at: [https://ftp.lstc.com/anonymous/outgoing/jday/manuals/lis-dyna\\_theory\\_manual\\_2006.pdf](https://ftp.lstc.com/anonymous/outgoing/jday/manuals/lis-dyna_theory_manual_2006.pdf)
14. Kingery, C. N., Bulmash, G. (1984). Airblast Parameters from TNT Spherical Air Burst and Hemispherical Surface Burst. Aberdeen Proving Ground. Available at: <https://erdclibrary.on.worldcat.org/search?databaseList=&queryString=867650613>
15. Structures to resist the effects of accidental explosions (UFC 3-340-02) (2008). Unified Facilities Criteria (UFC). Available at: [https://nibs-s3-wbdg3-production.s3.us-east-1.amazonaws.com/FFC/DOD/UFC/ufc\\_3\\_340\\_02\\_2008\\_c2.pdf](https://nibs-s3-wbdg3-production.s3.us-east-1.amazonaws.com/FFC/DOD/UFC/ufc_3_340_02_2008_c2.pdf)
16. Kingery-Bulmash blast parameter calculator. UN SaferGuard. Available at: <https://unsafeguard.org/un-safeguard/kingery-bulmash>
17. Index of /~gyebro/files/ans\_help\_v182/ans\_thry. Available at: [https://www.mm.bme.hu/~gyebro/files/ans\\_help\\_v182/ans\\_thry/ans\\_thry.html](https://www.mm.bme.hu/~gyebro/files/ans_help_v182/ans_thry/ans_thry.html)
18. Protokół naturykh vyprobuvan No. 366-V/2024 vid 18.07.2024 r. Shvydkosporudzhuvani zakhysni sporudy typiv "ShS VS-1-3" ta "ShS UFS-1".

DOI: 10.15587/1729-4061.2026.362946

#### DEVISING A TECHNIQUE FOR CONSTRUCTING APPROXIMATE SWEEPS OF HELICOIDS BASED ON THE THEORY OF SURFACE BENDING (p. 19–26)

**Andrii Nesvidomin**

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9227-4652>

**Serhii Pylypaka**

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1496-4615>

**Tetiana Volina**

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8610-2208>

**Tetiana Kresan**

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8280-9502>

**Oleksandr Savoiskyi**

Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6459-4931>

**Oksana Yurchenko**

Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6498-2339>

**Oleksandr Savchenko**

Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0498-218X>

**Serhii Borodai**

Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1281-7766>

**Olha Zalevska**

National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3163-1695>

**Olena Nalobina**

National University of Water and Environmental Engineering, Rivne, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1661-7331>

This study investigates the process of constructing approximate helicoid sweeps based on the classical theory of their continuous bending in the surface of revolution. Straight helicoids are non-sweep surfaces; therefore, a flat workpiece for fabricating them can only be an approximate sweep. Such an approximate sweep is a flat ring bounded by the inner and outer arcs of circles whose radii are tabular data. The dimensions of the ring must be such as to ensure a minimum of plastic deformations when forming them into a helicoid coil.

To find the dimensions of the ring, the classical theory of bending of non-sweep surfaces has been applied. According to the theorem of differential geometry, any helical surface can be bent into a surface of revolution. Such bending is carried out by reducing the pitch of the surface to zero: that makes it possible to visually observe the deformation of the surface. The resulting surface of revolution can be approximated by a truncated cone. The exact sweep of the truncated cone will be an approximate sweep of the helicoid turn. This approach is based not on experimental data but on theoretical approaches to the bending process. Depending on the type of helicoid, the surface of revolution can be a catenoid or a single-cavity hyperboloid of revolution. This makes it possible to choose such sections of the surface of revolution for approximation by a truncated cone where it most closely fits it. This will correspond to the minimum of plastic deformations when forming the sweep of the cone into a helicoid turn.

In this work, approximate sweeps have been constructed for straight closed and open helicoids with the same design data: surface pitch,  $H = 100$  linear units; radii of the cylinders bounding the surface,  $r = 20$  linear units; and  $R = 60$  linear units. The results are attributed to a new approach to finding approximate sweeps using the theory of bending of non-sweeping surfaces.

**Keywords:** surface pitch, flat ring, flat workpiece, screw turn, straight helicoid.

#### References

1. Diachun, A., Gevko, I., Lyashuk, O., Stanko, A., Pik, A., Omelyanskyi, Y. (2024). Study of fiber deformation of elastic brush-like screws during grain material transportation. *INMATEH Agricultural Engineering*, 72 (1), 579–588. <https://doi.org/10.35633/inmateh-72-51>
2. Minglani, D., Sharma, A., Pandey, H., Dayal, R., Joshi, J. B., Subramaniam, S. (2020). A review of granular flow in screw feeders and conveyors. *Powder Technology*, 366, 369–381. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2020.02.066>
3. Novitskiy, A., Banniy, O., Novitskiy, Y., Antal, M. (2023). A study of mixer-feeder equipment operational reliability. *Naukovij Zhurnal "Tehnika Ta Energetika"*, 14 (4), 101–110. <https://doi.org/10.31548/machinery/4.2023.101>
4. Tarelnyk, V. B., Gaponova, O. P., Konoplianchenko, Ye. V., Martsynkovskyy, V. S., Tarelnyk, N. V., Vasilenko, O. O. (2019). Improvement of Quality of the Surface Electroerosive Alloyed Layers by the Combined Coatings and the Surface Plastic Deformation. II. The Analysis of a Stressedly-Deformed State of Surface Layer after a Surface Plastic Deformation of Electroerosive Coatings. *Metallofizika I Noveishie Tekhnologii*, 41 (2), 173–192. <https://doi.org/10.15407/mfint.41.02.0173>
5. Klendii, M., Logusch, I., Dragan, A., Tsvartazkii, I., Grabar, A. (2022). Justification and calculation of design and strength parameters of

- screw loaders. *Naukovij Žurnal "Tehnika Ta Energetika"*, 13 (4). [https://doi.org/10.31548/machenergy.13\(4\).2022.48-59](https://doi.org/10.31548/machenergy.13(4).2022.48-59)
6. Rogatinskiy, R., Hevko, I., Gypka, A., Garmatyk, O., Martsenko, S. (2017). Feasibility Study of the Method Choice of Manufacturing Screw Cleaning Elements with the Development and Use of Software. *Acta Technologica Agriculturae*, 20 (2), 36–41. <https://doi.org/10.1515/ata-2017-0007>
  7. Gómez Sánchez, M. I., González Uriel, A., García Ríos, I. (2018). Ruled Surfaces and Parametric Design. *Graphic Imprints*, 231–241. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-93749-6\\_19](https://doi.org/10.1007/978-3-319-93749-6_19)
  8. Scurtu, L. I., Bodea, S. M., Jurco, A. N., Crisan, H. G. (2017). Methods for the representation of the helicoidal surface. *Journal of Industrial Design and Engineering Graphics*, 12 (1). Available at: <http://www.sorging.ro/jideg/index.php/jideg/article/view/148/144>
  9. Vasylykiv, V., Pylypets, M., Danylchenko, L., Radyk, D. (2021). Research of technology of winding of the sector ring billets for production of screw flights. *Perspective technologies and devices*, 19, 161–168. <https://doi.org/10.36910/6775-2313-5352-2021-19-26>
  10. Zhou, L., Fang, S., Ding, K., Kawasaki, Y. (2022). An accurate calculation method of side mill profile from the coordinates of discrete points of helicoid section curve. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 120 (7-8), 4849–4861. <https://doi.org/10.1007/s00170-022-08932-8>
  11. Lyashuk, O. L., Gypka, A. B., Pundys, Y. I., Gypka, V. V. (2019). Development of design and study of screw working surfaces of auger mechanisms of agricultural machines. *Machinery & Energetics*, 10 (4), 71–78. Available at: <https://technicalscience.com.ua/uk/journals/t-10-4-2019/rozrobka-konstruktsiyi-ta-doslidzhennya-gvintovikh-robochikh-povyerkhon-shnyekovikh-myekhanizmiv-silskogospodarskikh-mashin>
  12. Volina, T., Pylypaka, S., Hropost, V., Kresan, T., Zabolotnii, O. (2023). Construction of a flat workpiece for manufacturing a turn of the right helicoid. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (1 (122)), 6–11. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.275508>
  13. Pylypaka, S., Kresan, T., Hropost, V., Babka, V. (2022). Rolling of a developable helicoid of the screw line along its bending. *Applied Geometry and Engineering Graphics*, 102, 157–164. <https://doi.org/10.32347/0131-579x.2022.102.157-164>
  14. Nesvidomin, A., Pylypaka, S., Volina, T., Lokhonia, M., Borodai, Y. (2025). Forming helical blades from flat blanks with minimal deformation. *Machinery Energetics*, 16 (3), 9–19. <https://doi.org/10.31548/machinery/3.2025.09>

DOI: 10.15587/1729-4061.2026.364305

#### IDENTIFYING THE DESIGN AND TECHNICAL PARAMETERS OF A MIXING AND DOSING UNIT OF THE PROCESS OF PREPARATION OF COMPOUND FEEDS WITH DISPERSING FORCED MIXING (p. 27–35)

**Gabil Mammadov**

Azerbaijan State Agricultural University (ASAU), Ganja, Azerbaijan  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7003-5995>

**Narmin Abdliyeva**

Azerbaijan State Agricultural University (ASAU), Ganja, Azerbaijan  
ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-1431-544X>

**Rasim Saidov**

Azerbaijan State University of Economics (UNEC), Baku, Azerbaijan  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6010-6208>

**Rovshan Hajiyev**

Azerbaijan Technological University, Ganja, Azerbaijan  
ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-9244-8892>

**Urfan Taghiyev**

Azerbaijan State Agricultural University (ASAU), Ganja, Azerbaijan  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3063-7948>

**Gahira Allahverdiyeva**

Azerbaijan State Agricultural University (ASAU), Ganja, Azerbaijan  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8018-0440>

**Natavan Imanova**

Azerbaijan State Agricultural University (ASAU), Ganja, Azerbaijan  
ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-9448-2967>

**Bahruz Aliyev**

Azerbaijan State Agricultural University (ASAU), Ganja, Azerbaijan  
ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-9390-3752>

**Aynur Iskenderova**

Azerbaijan State Agricultural University (ASAU), Ganja, Azerbaijan  
ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-8061-338X>

The object of research in this study is a screw dispenser that dispenses dry, dispersed feed. The problem to be solved is this: when using dispensers of complex design, labor and material costs for their repair and maintenance increase, as well as the efficiency of their use decreases.

When using the proposed model of a device for preparing mixed feed with a scattering force, it is possible to determine the following rational design modes and kinematic parameters: rotation speed of the screw of the mixing section  $\omega = 4...12 \text{ s}^{-1}$ , number of blades 6...8, feed rate or component  $u = 0.005...0.045 \text{ m/s}$ .

Using a model of a device for preparing feed for forced mixing using appropriate methods and measurements, the following rational constructive, modal and kinematic parameters were determined: rotation speed of the screw of the mixing section  $\omega = 4-12 \text{ s}^{-1}$ ; number of blades 6...8 pcs.; feed rate or feed component  $v = 0.005...0.045 \text{ m/s}$ .

With the specified values of parameters, heterogeneity or uniformity of the feed mixture, the total required power, respectively, was:  $\delta = 7...11$ ;  $\lambda = 93...89\%$ ;  $N = 3.5...4.94 \text{ kW}$ . The design features of the metering mixer, the parameters of the constructive mode of operation and practical recommendations for use, justified as a result of the study, are of practical importance for feed mills.

The results and optimized values obtained during the dosing of feed material in the preparation of concentrated feed mixtures, in comparison with their continuous operation over time, are of theoretical importance for subject programs, scientific research and experimental design work on the preparation of feed mixtures.

**Keywords:** design, screw-loop, dispersed feed, system, mixer dispenser, optimization, mixing.

#### References

1. Intensive Animal Production System. Available at: <https://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/intensive-animal-production-system>
2. Chapter 7. Applied Animal Nutrition. Available at: <https://www.scribd.com/document/984372270/Chapter-7-and-Eight>
3. César Mugabe, L., Pereira Lents, M., Emydio Gomes Pinheiro, E., Alexandre Muchanga, R. (2023). Alternative Animal Feeding for Intensive Livestock Farming Systems and Their Impact on Reproductive Performance of Ruminants. *Intensive Animal Farming – A Cost-Effective Tactic*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.106061>
4. Boev, E. V., Afanasenko, V. G., Boeva, N. I. (2020). Development of a design of the mixer for an intensification of chemical and technological processes in the industry. *Journal of Physics: Conference Series*, 1515 (4), 42001. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1515/4/042001>
5. Agaev, E. F. o., Bagirov, B. M. o. (2023). Improvement of the design of the feed mixer and analysis of its performance. *Tractors and Agricultural Machinery*, 89 (6), 439–444. <https://doi.org/10.17816/0321-4443-109969>
6. Jadidi, B., Ebrahimi, M., Ein-Mozaffari, F., Lohi, A. (2023). Effect of the Mixer Design Parameters on the Performance of a Twin Paddle

- Blender: A DEM Study. Processes, 11 (3), 733. <https://doi.org/10.3390/pr11030733>
7. Akdeniz, R. C. (2001). Türkiye Karma Yem Sanayinin Durumu. Tarımsal Mekanizasyon 20. Ulusal Kongresi Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü, Şanlıurfa, 340–346.
  8. Adusei-Bonsu, M., Amanor, I. N., Obeng, G. Y., Mensah, E. (2021). Performance evaluation of mechanical feed mixers using machine parameters, operational parameters and feed characteristics in Ashanti and Brong-Ahafo regions, Ghana. Alexandria Engineering Journal, 60 (5), 4905–4918. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2021.03.061>
  9. Öztürk, E. (2023). Rasyon hazırlama. Ankara, 136. Available at: <https://ikstudyinevi.com/wp-content/uploads/2023/12/RASYON-HAZIRLAMA.pdf>
  10. Chen, T., Geni, M., Tohti, G. (2024). Vibration characteristics analysis and structural optimization of a small-scale fully mixed feed mixer based on finite element method. Fourth International Conference on Mechanical Engineering, Intelligent Manufacturing, and Automation Technology (MEMAT 2023), 20. <https://doi.org/10.1117/12.3026013>
  11. Uzunoğlu, G., Tan, F. (2022). Mixing Time and Homogeneity in Feed Mixing Machines with Small Capacity. Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 5 (2), 668–680. <https://doi.org/10.47495/okufbed.1021709>
  12. Kuvat, Ö., Abatay, G. (2020). Application of quality function deployment to meet customer requirements in compound feed production. Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 22 (2), 717–740. <https://doi.org/10.25092/baunfbed.757345>
  13. Barba, F. J., Gavahian, M., Es, I., Zhu, Z., Chemat, F., Lorenzo, J. M., Mousavi Khaneghah, A. (2019). Solar radiation as a prospective energy source for green and economic processes in the food industry: From waste biomass valorization to dehydration, cooking, and baking. Journal of Cleaner Production, 220, 1121–1130. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.02.175>
  14. Mammadov, G., Saidov, R., Hagiyyev, R., Huseynova, M., Taghiyev, U., Abdiyeva, N. et al. (2025). Justification of the effective design and operating parameters of the dosing and mixing device for the preparation of compound feed. Edelweiss Applied Science and Technology, 9 (9), 456–464. <https://doi.org/10.55214/2576-8484.v9i9.9820>
  15. Ayou, D. S., Hargiyanto, R., Coronas, A. (2022). Ammonia-based compression heat pumps for simultaneous heating and cooling applications in milk pasteurization processes: Performance evaluation. Applied Thermal Engineering, 217, 119168. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2022.119168>
  16. Leeuwis, C. (2000). Reconceptualizing Participation for Sustainable Rural Development: Towards a Negotiation Approach. Development and Change, 31 (5), 931–959. <https://doi.org/10.1111/1467-7660.00184>
  17. Oktay, Y. (2023). A review of fermented milks: potential beneficial effects on human nutrition and health. African Health Sciences, 23 (4), 498–507. <https://doi.org/10.4314/ahs.v23i4.54>
  18. Liu, Y., Xiong, L., Kontopodi, E., Boeren, S., Zhang, L., Zhou, P., Hettinga, K. (2020). Changes in the milk serum proteome after thermal and non-thermal treatment. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 66, 102544. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2020.102544>
  19. Mamedov, N. K., Salmanov, B. Z., Mamedov, G. B., Taghiyev, U. T. (2021). Optimization of the main design and operating parameters of the micronization device. The Agrarian Scientific Journal, 8, 100–103. <https://doi.org/10.28983/asj.y2021i8pp100-103>
  20. Iskenderova, A. D., Mamedov, N. H., Veliev, I. A., Mamedov, G. B., Tagiev, U. T. (2021). Investigation of the main design and operating optimal parameters of the micronizer when processing grain feed with infrared radiation. Vestnik Omskogo Gosudarstvennogo Agrarnogo Universiteta, 3, 113–119. [https://doi.org/10.48136/2222-0364\\_2021\\_3\\_113](https://doi.org/10.48136/2222-0364_2021_3_113)

**DOI: 10.15587/1729-4061.2026.360311**  
**DETERMINING THE DEGREE OF UNEVENNESS IN THE WORKING CYCLE OF AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE WHEN OPERATING ON DIFFERENT TYPES OF FUEL (p. 36–42)**

**Oleksandr Mytrofanov**

Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Mykolaiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3460-5369>

**Arkadii Proskurin**

Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Mykolaiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5225-6767>

This study investigates the degree of non-uniformity in the working cycle of an internal combustion engine with spark ignition when using different types of fuel. The task addressed relates to the lack of comprehensive experimental studies that take into account the influence of the type of fuel, the composition of the fuel-air mixture, and the statistical characteristics of the working cycle parameters based on a large array of indicator diagrams.

This work reports experimental indicator diagrams of partial engine operating modes when using gasoline, propane-butane, and synthesis gas with a hydrogen content of 43%. It was established that normal engine operation on synthesis gas is ensured at an excess air coefficient of 1.35...1.75. The correspondence of the distribution of maximum combustion pressure to the normal law according to the  $\chi^2$  criterion has been confirmed.

It was shown that the presence of hydrogen in the composition of synthesis gas significantly reduced the degree of non-uniformity of the working cycle of the spark ignition engine. It was found that the minimum value of the degree of unevenness of the working cycle is observed within the range of the excess air coefficient of 1.05...1.25. As the mixture is depleted, a gradual increase in the degree of unevenness of the working cycle is observed. When  $\alpha \approx 2$  is reached, the unevenness of the working cycle on synthesis gas reaches the minimum value of unevenness when the engine is operating on gasoline at  $\alpha = 0.9...1.0$ .

A feature of the results is the combination of an experimental approach with a statistical analysis of a large sample of indicator diagrams, which made it possible to reliably estimate the degree of unevenness and establish the optimal ranges of the excess air coefficient for different fuels.

The results could be used in optimizing the working processes of spark-ignition engines, designing mixture control systems, as well as in using alternative fuels, in particular synthesis gas, under partial load conditions.

**Keywords:** hydrogen, excess air ratio, indicator diagram, degree of unevenness in operation cycle.

#### References

1. Rakopoulos, D. C., Rakopoulos, C. D., Kosmadakis, G. M., Mavropoulos, G. C. (2024). Assessing the cyclic variability of combustion and NO emissions in hydrogen-methane fueled HSSI engine via quasi-dimensional modeling under the influence of flame-kernel turbulence and equivalence ratio variation mechanisms. Energy, 288, 129813. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2023.129813>
2. Duan, X., Feng, L., Xia, Y. (2024). The mechanism and effect factors of the combustion cycle-to-cycle variations in the spark ignition engine. Energy Science & Engineering, 12 (10), 4773–4787. <https://doi.org/10.1002/ese3.1879>
3. Azeem, N., Beatrice, C., Vassallo, A., Pesce, F., Gessaroli, D., Biet, C., Guido, C. (2024). Experimental study of cycle-by-cycle variations in

a spark ignition internal combustion engine fueled with hydrogen. *International Journal of Hydrogen Energy*, 60, 1224–1238. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2024.02.182>

4. Kosmadakis, G. M., Rakopoulos, D. C., Rakopoulos, C. D. (2021). Assessing the cyclic-variability of spark-ignition engine running on methane-hydrogen blends with high hydrogen contents of up to 50%. *International Journal of Hydrogen Energy*, 46 (34), 17955–17968. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2021.02.158>
5. Martínez-Boggio, S. D., Curto-Risso, P. L., Medina, A., Hernández, A. C. (2016). Simulation of cycle-to-cycle variations on spark ignition engines fueled with gasoline-hydrogen blends. *International Journal of Hydrogen Energy*, 41 (21), 9087–9099. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2016.03.120>
6. Kosmadakis, G. M., Rakopoulos, D. C., Rakopoulos, C. D. (2023). Effect of Two Mechanisms Contributing to the Cyclic Variability of a Methane–Hydrogen–Fueled Spark-Ignition Engine by Using a Fast CFD Methodology. *Journal of Energy Engineering*, 149 (1). <https://doi.org/10.1061/jleed9.eyeng-4620>
7. Cuisano, J., Flores, F., Chirinos, L., Vaudrey, A. (2022). In-cylinder pressure statistical analysis and digital signal processing methods for studying the combustion of a natural gas/diesel heavy-duty engine at low load conditions. *Energy Conversion and Management*, 269, 116089. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2022.116089>
8. Georgescu, R., Pană, C., Negurescu, N., Cernat, A., Nuțu, C., Sandu, C. (2024). The Influence of Hydrogen Addition on a SI Engine – Theoretical and Experimental Investigations. *Sustainability*, 16 (16), 6873. <https://doi.org/10.3390/su16166873>
9. Leyko, J., Słobiński, K., Jaworski, J., Mitukiewicz, G., Bou Nader, W., Batory, D. (2023). Study on SI Engine Operation Stability at Lean Condition – The Effect of a Small Amount of Hydrogen Addition. *Energies*, 16 (18), 6659. <https://doi.org/10.3390/en16186659>
10. Pan, S., Wang, J., Liang, B., Duan, H., Huang, Z. (2022). Experimental Study on the Effects of Hydrogen Injection Strategy on the Combustion and Emissions of a Hydrogen/Gasoline Dual Fuel SI Engine under Lean Burn Condition. *Applied Sciences*, 12 (20), 10549. <https://doi.org/10.3390/app122010549>

DOI: 10.15587/1729-4061.2026.361773

## REVEALING THE INFLUENCE OF THE MODE OF CONTROLLED OSCILLATIONS OF THE LIQUID POOL ON THE SURFACED BEAD GEOMETRY (p. 43–52)

**Volodymyr Lebediev**

Kherson Educational-Scientific Institute of Admiral Makarov  
National University of Shipbuilding, Kherson, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-3689-7369>

**Sergii Novykov**

E. O. Paton Electric Welding Institute of the National Academy  
of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8295-0987>

**Serhii Loi**

Kherson Educational-Scientific Institute of Admiral Makarov  
National University of Shipbuilding, Kherson, Ukraine  
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1936-6390>

**Volodymyr Spiharenko**

Kherson Educational-Scientific Institute of Admiral Makarov  
National University of Shipbuilding, Kherson, Ukraine  
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6328-9791>

**Maksym Matviienko**

Kherson Educational-Scientific Institute of Admiral Makarov  
National University of Shipbuilding, Kherson, Ukraine  
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1020-0415>

This study investigates geometric dimensions of the weld bead produced by gas metal arc surfacing with a consumable electrode. Standard surfacing is characterized by low productivity because of the significant number of runs and the need for machining tall beads. Deep penetration causes a significant proportion of the base metal in the surfaced layer and inhomogeneity of the chemical composition. Existing approaches to controlling the geometry of the weld bead (pulsed arc modes, electrode oscillations, electromagnetic arc control) have a limited effect on the width or complicate the design of the welding head.

This work considers gas metal arc surfacing with controlled low-frequency oscillations of the workpiece with a liquid weld pool. The installation is built on an adjustable electric drive with a stepper motor with a programmable setting of the frequency and amplitude of oscillations. These parameters, together with energy parameters and speed, affect the geometric dimensions of the weld bead and the mechanical properties of the surfaced metal.

The width, height, and depth of the weld bead penetration were determined from macrographic cross-sections. A mathematical model of bead geometry as a function of surfacing parameters has been built by using experimental data regression analysis. The errors in predicting the width and height did not exceed 21.7% and 15%, respectively, thereby confirming its practical applicability.

Controlled oscillations were found to increase bead width by a factor of 1.5–2 and reduce bead height by up to a factor of 6 compared with vibration-free surfacing. This is attributed to redistribution of thermal energy and intensification of horizontal melt flows. Changing the weld bead geometry increases surfacing productivity and control accuracy. The method is suitable for use in adaptive welding systems.

**Keywords:** electric arc surfacing, controlled workpiece oscillations, surfacing parameters, bead geometry, surfacing productivity.

## References

1. Tandon, D., Li, H., Pan, Z., Yu, D., Pang, W. (2023). A Review on Hardfacing, Process Variables, Challenges, and Future Works. *Metals*, 13 (9), 1512. <https://doi.org/10.3390/met13091512>
2. Ingram, E., Golan, O., Haj-Ali, R., Eliaz, N. (2019). The Effect of Localized Vibration during Welding on the Microstructure and Mechanical Behavior of Steel Welds. *Materials*, 12 (16), 2553. <https://doi.org/10.3390/ma12162553>
3. Wang, Z.-L., Zheng, Z.-T., Zhao, L.-B., Lei, Y.-F., Yang, K. (2018). Microstructure evolution and nucleation mechanism of Inconel 601H alloy welds by vibration-assisted GTAW. *International Journal of Minerals, Metallurgy, and Materials*, 25 (7), 788–799. <https://doi.org/10.1007/s12613-018-1627-2>
4. Kalpana, J., Srinivasa Rao, P., Govinda Rao, P. (2016). Effect of frequency on impact strength of dissimilar weldments produced with vibration. *International Journal of Chemical Sciences*, 14 (3), 1797–1804. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.17394.91840>
5. Gill, J. S., Kalyan Reddy, T. (2018). Effect of weld pool vibration on fatigue strength and tensile strength of stainless-steel butt-welded joints by GTAW process. *Proceedings of the World Congress on Engineering 2018*. London, 2. Available at: [https://www.iaeng.org/publication/WCE2018/WCE2018\\_pp721-726.pdf](https://www.iaeng.org/publication/WCE2018/WCE2018_pp721-726.pdf)
6. Gao, L., Yao, Q., Yang, Y., Sun, D., Xu, G., Gu, B., Yang, C., Li, S. (2024). Effects of Vibratory Stress Relief on Microstructure and Mechanical Properties of Marine Welded Structures. *Journal of Marine Science and Engineering*, 13 (1), 11. <https://doi.org/10.3390/jmse13010011>
7. Hamed Zargari, H., Ito, K., Miwa, T., Parchuri, P. K., Yamamoto, H., Sharma, A. (2020). Metallurgical Characterization of Penetration Shape Change in Workpiece Vibration-Assisted Tandem-Pulsed Gas Metal Arc Welding. *Materials*, 13 (14), 3096. <https://doi.org/10.3390/ma13143096>
8. Lara, M., Díaz, V. V., Camus, M., Da Cunha, T. V. (2020). Effect of transverse arc oscillation on morphology, dilution and microstruc-

- tural aspects of weld beads produced with short-circuiting transfer in GMAW. *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering*, 42 (9). <https://doi.org/10.1007/s40430-020-02533-w>
9. Lebedev, V. A., Novykov, S. V. (2020). Vibrator of product for the automatic arc surfacing. *Technical Sciences and Technologies*, 2 (20), 11–21. [https://doi.org/10.25140/2411-5363-2020-2\(20\)-11-21](https://doi.org/10.25140/2411-5363-2020-2(20)-11-21)
  10. Lebedev, V., Zhuk, G. (2018). Analysis of parameters of technical controlled vibrations in electrode wire systems mechanized and automatic equipment for electric arc welding and surfacing. *Bulletin of the National Technical University "KhPI" Series: New Solutions in Modern Technologies*, 45 (1321), 16–24. <https://doi.org/10.20998/2413-4295.2018.45.03>
  11. Montgomery, D. C. (2020). *Design and analysis of experiments*. Hoboken: John Wiley & Sons, 688.
  12. Kumar Singh, P., Patel, D., Prasad, S. B. (2016). Development of Vibratory Welding Technique and Tensile Properties Investigation of Shielded Metal Arc Welded Joints. *Indian Journal of Science and Technology*, 9 (35). <https://doi.org/10.17485/ijst/2016/v9i35/92846>
  13. Singh, R. (2020). *Applied Welding Engineering: Processes, Codes, and Standards*. Oxford: Butterworth-Heinemann, 472. <https://doi.org/10.1016/C2019-0-03490-5>
  14. Chen, K., Chen, H., Liu, L., Chen, S. (2018). Prediction of weld bead geometry of MAG welding based on XGBoost algorithm. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 101 (9-12), 2283–2295. <https://doi.org/10.1007/s00170-018-3083-6>
  15. Hamed Zargari, H., Ito, K., Sharma, A. (2023). Effect of workpiece vibration frequency on heat distribution and material flow in the molten pool in tandem-pulsed gas metal arc welding. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 129 (5-6), 2507–2522. <https://doi.org/10.1007/s00170-023-12424-8>
  16. Liu, H., Xue, R., Zhou, J., Bao, Y., Xu, Y. (2023). Applying Statistical Models to Optimize the Weld Bead Geometry in the Vertical Oscillation Arc Narrow Gap All-Position GMAW. *Applied Sciences*, 13 (11), 6801. <https://doi.org/10.3390/app13116801>
  17. Singh, P. K., Kumar, S. D., Patel, D., Prasad, S. B. (2017). Optimization of vibratory welding process parameters using response surface methodology. *Journal of Mechanical Science and Technology*, 31 (5), 2487–2495. <https://doi.org/10.1007/s12206-017-0446-0>
  18. Ranjan, R., Cep, R., Kumar, A., Srivastava, M., Altarazi, F., Dogra, N. et al. (2025). Comprehensive review of vibration-assisted welding processes: Mechanisms, applications, and future directions. *Frontiers in Mechanical Engineering*, 11. <https://doi.org/10.3389/fmech.2025.1550928>
  19. Jose, M. J., Kumar, S. S., Sharma, A. (2016). Vibration assisted welding processes and their influence on quality of welds. *Science and Technology of Welding and Joining*, 21 (4), 243–258. <https://doi.org/10.1179/1362171815y.00000000088>
  20. Lebedev, V. A., Solomiichuk, T. G., Novykov, S. V. (2019). Study of a Welding Pool Harmonic Oscillations Influence on the Welded Metal Hardness and Weld Bead Width. *Journal of Engineering Sciences*, 6 (1), c16–c21. [https://doi.org/10.21272/jes.2019.6\(1\).c4](https://doi.org/10.21272/jes.2019.6(1).c4)
  21. Li, C., Shi, Y., Du, L., Yufen, G., Zhu, M. (2017). Real-time Measurement of Weld Pool Oscillation Frequency in GTAW-P Process. *Journal of Manufacturing Processes*, 29, 419–426. <https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2017.08.011>

DOI: 10.15587/1729-4061.2026.361514

**THE IDENTIFICATION OF HYDROGEN EMBRITTLEMENT AND THE ROLE OF INTERGRANULAR BRITTLE FRACTURE OF API 5DP G105 DRILL PIPE FAILURE ON ONSHORE DRILLING ACTIVITY (p. 53–63)**

**Sidhi Aribowo**

Universitas Indonesia, Jawa Barat, Indonesia  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7255-1931>

**Johny Wahyuadi Soedarsono**

Universitas Indonesia, Jawa Barat, Indonesia  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6051-2866>

**Rini Riastuti**

Universitas Indonesia, Jawa Barat, Indonesia  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3431-0413>

**Suryadi**

Universitas Indonesia, Jawa Barat, Indonesia  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2739-7530>

**Slamet Nurhadi**

Pertamina Drilling Services Indonesia, Jakarta, Indonesia  
ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-4361-1414>

**Warneri**

Pertamina Drilling Services Indonesia, Jakarta, Indonesia  
ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-8552-1634>

**Sopar Mangarapot Simanullang**

Pertamina Drilling Services Indonesia, Jakarta, Indonesia  
ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-6551-4816>

**Agus Kaban**

Universitas Indonesia, Jawa Barat, Indonesia  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9706-0506>

**Raajwa Ayudhia Kamila**

Universitas Indonesia, Jawa Barat, Indonesia  
ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-4501-6647>

The object of this study is high-strength steel of API 5DP Gr 105 that has been used during well completion in a corrosive environment. This work emphasizes key factors affecting material damage caused by slip marks, tensile load, and hydrogen content in contaminated brine and completion fluid, which were not addressed in previous studies. Several tests, including chemical, mechanical, and surface characterization, were conducted. The chemical composition test of the fluid shows that the brine has been contaminated by H<sub>2</sub>S gas and sulfur, with inevitable traces of chloride, bicarbonate, carbonate, bisulfide, and sulfide, providing active sites for hydrogen atom diffusion at the slip marks. The material composition test confirms that the failed material is API 5DP Gr 105. A noticeable amount of phosphorus increases grain boundary segregation and weakens the cohesive metallic bond. A hardness at 28 Rockwell C is inevitable and increases the material's vulnerability to embrittlement, despite the Charpy energy test showing a manageable level, confirming local brittleness. The high tensile strength of 914 MPa is evidence of embrittlement, even though the material remains ductile, with a noticeable elongation of 20%. An intergranular crack was observed in the microstructure, and slip marks serve as stress concentrators for the crack. Thus, it can be concluded that the combination of tensile load, hydrogen gas content, local slip marks, and completion fluid in the well weakened the grain boundaries and served as an initial crack with a high hydrogen-atom concentration. This work models the root-cause analysis of high-strength steel during well-completion operations in an onshore facility.

**Keywords:** high-density completion fluid, hydrogen embrittlement, high-strength steel failure analysis, drilling completion.

**References**

1. Laureys, A., Depraetere, R., Cauwels, M., Depover, T., Hertelé, S., Verbeken, K. (2022). Use of existing steel pipeline infrastructure for gaseous hydrogen storage and transport: A review of factors affecting hydrogen induced degradation. *Journal of Natural Gas Science and Engineering*, 101, 104534. <https://doi.org/10.1016/j.jngse.2022.104534>

2. Aditiyawarman, T., Soedarsono, J. W., Kaban, A. P. S., Riastuti, R., Rahmadani, H. (2022). The Study of Artificial Intelligent in Risk-Based Inspection Assessment and Screening: A Study Case of Inline Inspection. *ASCE-ASME Journal of Risk and Uncertainty in Engineering Systems, Part B: Mechanical Engineering*, 9 (1). <https://doi.org/10.1115/1.4054969>
3. Sridharan, V. S., Verma, V. K., Narayan, R. L., Lu, X., Siwei, D., Chaudhary, V. et al. (2025). Hydrogen embrittlement of additively manufactured metallic materials. *International Journal of Hydrogen Energy*, 121, 245–272. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2025.03.222>
4. Mokhtari, E., Heidarpour, A., Javidan, F. (2024). Mechanical performance of high strength steel under corrosion: A review study. *Journal of Constructional Steel Research*, 220, 108840. <https://doi.org/10.1016/j.jcsr.2024.108840>
5. Oriani, R. A. (1972). A mechanistic theory of hydrogen embrittlement of steels. *Berichte Der Bunsengesellschaft Für Physikalische Chemie*, 76 (8), 848–857. <https://doi.org/10.1002/bbpc.19720760864>
6. *Damage Mechanisms Affecting fixed Equipment in the Refining Industry* (2003). Recommended Practice 571 First Edition. API.
7. Wu, X., Song, Z., Tan, M., Jia, W., Liu, J. (2026). Hydrogen-induced failure mechanism of X80 pipeline steel welded joints based on macro-and micro-scale experimental analysis: Embrittlement enhancement effect caused by high hydrogen trap density. *Engineering Failure Analysis*, 183, 110190. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2025.110190>
8. Zekun, Y., Zhanli, Y., Hao, Y., Yan, Z., Kai, X. (2025). Hydrogen embrittlement in welded joints of high-strength pipeline steels: A review of mechanisms, characterization, and mitigation strategies. *International Journal of Pressure Vessels and Piping*, 218, 105615. <https://doi.org/10.1016/j.ijpvp.2025.105615>
9. Kawamori, M., Shibata, K., Yoda, R., Morita, S., Fujita, Y., Kuroda, S. et al. (2025). Dual effects of deformation on hydrogen embrittlement of austenitic stainless steels revealed by hydrogen visualization combined with microstructural analysis. *International Journal of Hydrogen Energy*, 145, 559–577. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2025.05.426>
10. Kawamori, M., Yuse, F. (2023). In-situ measurement of hydrogen entry and hydrogen embrittlement of steel by atmospheric corrosion. *Corrosion Science*, 219, 111212. <https://doi.org/10.1016/j.corsci.2023.111212>
11. Lan, X., Okada, K., Ueji, R., Shibata, A. (2025). Improving hydrogen embrittlement resistance in high-strength martensitic steels via thermomechanical processing. *Scripta Materialia*, 264, 116711. <https://doi.org/10.1016/j.scriptamat.2025.116711>
12. Hwang, Y., Park, H., Yun, H. S., Bae, K.-O., Baek, U. B., Lee, J. (2025). Effects of sensitization on hydrogen embrittlement behavior in 304 stainless steel. *Materials & Design*, 260, 115130. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2025.115130>
13. Dong, X., Wang, D., Thoudden-Sukumar, P., Tehranchi, A., Ponge, D., Sun, B., Raabe, D. (2022). Hydrogen-associated decohesion and localized plasticity in a high-Mn and high-Al two-phase lightweight steel. *Acta Materialia*, 239, 118296. <https://doi.org/10.1016/j.actamat.2022.118296>
14. Asadipoor, M., Pourkamali Anaraki, A., Kadkhodapour, J., Sharifi, S. M. H., Barnoush, A. (2020). Macro- and microscale investigations of hydrogen embrittlement in X70 pipeline steel by in-situ and ex-situ hydrogen charging tensile tests and in-situ electrochemical micro-cantilever bending test. *Materials Science and Engineering: A*, 772, 138762. <https://doi.org/10.1016/j.msea.2019.138762>
15. Singh, R., Sharma, R., Rao, G. R. (2023). A comprehensive review on the high-density clear completion fluids for applications in HPHT well completion. *International Journal of Oil, Gas and Coal Technology*, 32 (1), 70. <https://doi.org/10.1504/ijogct.2023.127337>
16. Peng, X., Yu, H., Lian, Z., Dong, B., Zhong, W., Zhang, Y., Hu, Z. (2021). Material optimization of drill pipe in complex wellbore environments by comparing fatigue life and cost. *Energy Reports*, 7, 5420–5430. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2021.08.135>
17. Zamani, S. M., Hassanzadeh-Tabrizi, S. A., Sharifi, H. (2016). Failure analysis of drill pipe: A review. *Engineering Failure Analysis*, 59, 605–623. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2015.10.012>
18. Atamashkin, A., Priymak, E., Tulibaev, E., Syomka, Y., Trushov, V. (2024). Influence of force parameters of rotary friction welding on the microstructure and mechanical properties of welded joints of high-strength drill pipes. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing*, 19 (4), 2937–2950. <https://doi.org/10.1007/s12008-024-02011-w>
19. Cho, L., Bradley, P. E., Lauria, D. S., Connolly, M. J., Seo, E. J., Findley, K. O. et al. (2021). Effects of hydrogen pressure and prior austenite grain size on the hydrogen embrittlement characteristics of a press-hardened martensitic steel. *International Journal of Hydrogen Energy*, 46 (47), 24425–24439. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2021.05.005>
20. Yu, H., He, J., Morin, D. D., Ortiz, M., Zhang, Z. (2025). A self-consistent void-based rationale for hydrogen embrittlement. *Scripta Materialia*, 255, 116403. <https://doi.org/10.1016/j.scriptamat.2024.116403>
21. Kim, K.-S., Kang, J.-H., Kim, S.-J. (2019). Effect of Grain Boundary Carbide on Hydrogen Embrittlement in Stable Austenitic Stainless Steels. *ISIJ International*, 59 (6), 1136–1144. <https://doi.org/10.2355/isijinternational.isijint-2018-639>
22. Puiggali, M., Zielinski, A., Olive, J. M., Renauld, E., Desjardins, D., Cid, M. (1998). Effect of microstructure on stress corrosion cracking of an Al-Zn-Mg-Cu alloy. *Corrosion Science*, 40 (4-5), 805–819. [https://doi.org/10.1016/s0010-938x\(98\)00002-x](https://doi.org/10.1016/s0010-938x(98)00002-x)
23. Howard, S., Chrenowski, M. (2014). Corrosion in Formate Brines – 20 Years of Laboratory Testing and Field Experience. *Offshore Technology Conference-Asia*. <https://doi.org/10.4043/24983-ms>
24. Silverman, S. A., Bhavsar, R., Edwards, C., Virally, S., Foxenberg, W. (2003). Use of High-Strength Alloys and Elastomers in Heavy Completion Brines. *SPE Annual Technical Conference and Exhibition*. <https://doi.org/10.2118/84515-ms>
25. Espinosa-Medina, M. A., la Torre, G. C.-D., Castillo, A. S., Ángeles-Chávez, C., Zeferino-Rodríguez, T., González-Rodríguez, J. G. (2017). Effect of Chloride and Sulfate Ions on the SCC of API-X70 Pipeline Welds in Diluted Carbonated Solutions. *International Journal of Electrochemical Science*, 12 (8), 6952–6965. <https://doi.org/10.20964/2017.08.07>
26. Komazazki, S.-I., Watanabe, S., Misawa, T. (2003). Influence of Phosphorus and Boron on Hydrogen Embrittlement Susceptibility of High Strength Low Alloy Steel. *ISIJ International*, 43 (11), 1851–1857. <https://doi.org/10.2355/isijinternational.43.1851>
27. Nanninga, N., Grochowski, J., Heldt, L., Rundman, K. (2010). Role of microstructure, composition and hardness in resisting hydrogen embrittlement of fastener grade steels. *Corrosion Science*, 52 (4), 1237–1246. <https://doi.org/10.1016/j.corsci.2009.12.020>
28. Park, H., Yoo, J., Lee, J.-J., Kang, Y., Seo, K. M., Lee, C.-H. et al. (2024). Impact of hydrogen embrittlement on the tensile-shear property of resistance spot-welded advanced high-strength martensitic steels. *International Journal of Hydrogen Energy*, 71, 319–333. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2024.05.138>
29. Li, X., Zhang, J., Cui, Y., Djukic, M. B., Feng, H., Wang, Y. (2024). Review of the hydrogen embrittlement and interactions between hydrogen and microstructural interfaces in metallic alloys: Grain boundary, twin boundary, and nano-precipitate. *International Journal of Hydrogen Energy*, 72, 74–109. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2024.05.257>
30. Cui, D., Bai, Y., Xiong, L., Yu, B., Wei, B., Sun, C. (2024). Effects of hydrogen blending ratios and CO<sub>2</sub> on hydrogen embrittlement of X65 steel in high-pressure offshore hydrogen-blended natural gas pipelines. *Journal of Materials Research and Technology*, 33, 4763–4771. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2024.10.150>

31. Tong, Z., Wang, H., Zheng, W., Zhou, H. (2024). Change in Hydrogen Trapping Characteristics and Influence on Hydrogen Embrittlement Sensitivity in a Medium-Carbon, High-Strength Steel: The Effects of Heat Treatments. *Materials*, 17 (8), 1854. <https://doi.org/10.3390/ma17081854>

DOI: 10.15587/1729-4061.2026.362733

**DETERMINING AN ANALYTICAL CRITERION FOR THE EFFECTIVE SPEED OF A SPINDLE UNIT FOR THE AUTOMATIC MACHINING OF LONG WORKPIECES (p. 64–72)**

**Borys Prydalnyi**

Lutsk National Technical University, Lutsk, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8565-5986>

**Dmytro Seleznov**

Lutsk National Technical University, Lutsk, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7729-9851>

**Eduard Seleznov**

Lutsk National Technical University, Lutsk, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6470-0661>

**Yuliia Muravynets**

Lutsk National Technical University, Lutsk, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-5163-4710>

This study considers a long bar workpiece fixed in the spindle assembly of a bar lathe according to the "clamping chuck-intermediate radial support" scheme. The task addressed relates to the limitation in the effective spindle speed because of the operating speed approaching the first critical frequency of transverse vibrations of the bar.

A distinctive feature of the results is the representation of the critical speed as a function of three controlled parameters: the diameter of the bar, the length of the calculated span, and the stiffness of the intermediate radial support of the bar. That makes it possible to obtain an engineering criterion for the effective speed of the spindle assembly when machining a long bar workpiece.

Practically significant results are attributed to the features of the adopted model in which the clamping chuck is represented as an equivalent clamping, the intermediate support is considered to be a rigid or elastic-flexible radial support and the dimensionless parameter of relative stiffness  $\mu$  is used. That has made it possible to reflect the transition from virtually no support to perfectly rigid support and to establish a nonlinear saturable effect of the support stiffness on the critical frequency.

For a solid round steel bar, a compact dependence  $n_{kp} = K_{cm} \cdot d/L^2$  was obtained, where  $K_{cm} \approx 1.86 \cdot 10^5$  rev m/min. It was established that the span length has a quadratic effect on the critical frequency, the diameter has a linear effect, and an increase in the support stiffness is effective only up to the saturation zone. Based on the resulting relations, the limiting dependences of the effective operation of the system on the frequency load coefficient were constructed.

The results are suitable for the preliminary selection of the inter-support distance, the bar diameter, as well as the conditions of its support when designing, modernizing, and adjusting bar automatic lathes.

**Keywords:** critical frequency, long workpiece, bar turning, elastic-flexible support, spindle speed.

**References**

- Siddhpura, M., Paurobally, R. (2012). A review of chatter vibration research in turning. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 61, 27–47. <https://doi.org/10.1016/j.ijmactools.2012.05.007>
- Otto, A., Khasawneh, F. A., Radons, G. (2015). Position-dependent stability analysis of turning with tool and workpiece compliance.

- The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 79 (9-12), 1453–1463. <https://doi.org/10.1007/s00170-015-6929-1>
- Urbikain, G., López de Lacalle, L. N., Campa, F. J., Fernández, A., Elias, A. (2012). Stability prediction in straight turning of a flexible workpiece by collocation method. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 54-55, 73–81. <https://doi.org/10.1016/j.ijmactools.2011.11.008>
- Sekar, M., Srinivas, J., Kotaiah, K. R., Yang, S. H. (2008). Stability analysis of turning process with tailstock-supported workpiece. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 43 (9-10), 862–871. <https://doi.org/10.1007/s00170-008-1764-2>
- Siddhpura, M., Siddhpura, A., Paurobally, R. (2017). Chatter stability prediction for a flexible tool-workpiece system in a turning process. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 92 (1-4), 881–896. <https://doi.org/10.1007/s00170-017-0208-2>
- Lu, K., Wang, Y., Gu, F., Pang, X., Ball, A. (2019). Dynamic modeling and chatter analysis of a spindle-workpiece-tailstock system for the turning of flexible parts. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 104 (5-8), 3007–3015. <https://doi.org/10.1007/s00170-019-04224-w>
- Stepan, G., Kiss, A. K., Ghalamchi, B., Sopanen, J., Bachrathy, D. (2017). Chatter avoidance in cutting highly flexible workpieces. *CIRP Annals*, 66 (1), 377–380. <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2017.04.054>
- Chanda, A., Dwivedy, S. K. (2018). Nonlinear dynamic analysis of flexible workpiece and tool in turning operation with delay and internal resonance. *Journal of Sound and Vibration*, 434, 358–378. <https://doi.org/10.1016/j.jsv.2018.05.043>
- Yan, S., Kong, J., Sun, Y. (2021). Continuum model based chatter stability prediction for highly flexible parts in turning process with accurate dynamic force modeling. *Journal of Manufacturing Processes*, 62, 221–233. <https://doi.org/10.1016/j.jmappro.2020.12.003>
- Beri, B., Meszaros, G., Stepan, G. (2021). Machining of slender workpieces subjected to time-periodic axial force: stability and chatter suppression. *Journal of Sound and Vibration*, 504, 116114. <https://doi.org/10.1016/j.jsv.2021.116114>
- Prydalnyi, B. (2020). Characteristics of Electromechanical Clamping Mechanism with Asynchronous Electric Motor. 2020 International Conference Mechatronic Systems and Materials (MSM), 1–5. <https://doi.org/10.1109/msm49833.2020.9202186>
- Prydalnyi, B. (2022). Creation of automatic clamping mechanisms for spindle assemblies of machine tools using a formalized description of structural elements. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (1 (119)), 26–35. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.265191>
- Prydalnyi, B., Kuznetsov, Y., Lyshuk, V. (2021). Methodology and Tools for Computer-Aided Calculation of Characteristics of Electromechanical Clamping Drive Actuated by Induction Motor. *Proceedings of the 6th International Conference on Industrial Engineering (ICIE 2020)*, 256–266. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-54817-9\\_30](https://doi.org/10.1007/978-3-030-54817-9_30)
- Pasternak, V., Samchuk, L., Hulieva, N., Andrushchak, I., Ruban, A. (2021). Investigation of the Properties of Powder Materials Using Computer Modeling. *Materials Science Forum*, 1038, 33–39. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/msf.1038.33>

DOI: 10.15587/1729-4061.2026.365570

**IDENTIFYING OF THE INFLUENCE OF CHAMBER TEMPERATURE ON THE FLEXURAL PROPERTIES OF POLYAMIDE 12 FABRICATED BY FDM/FFF 3D PRINTING (p. 73–82)**

**Mai Tran Phong Nguyen**

Ho Chi Minh City University  
of Technology and Engineering, Ho Chi Minh, Vietnam  
ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-6779-3635>

**Thi Hong Nga Pham**

Ho Chi Minh City University  
of Technology and Engineering, Ho Chi Minh, Vietnam  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6965-6727>

**Thi My Nu Ho**

Ho Chi Minh City University of Industry  
and Trade, Ho Chi Minh, Vietnam  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8424-021X>

**Duong Le**

Thu Dau Mot University, Ho Chi Minh, Vietnam  
ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-0276-159X>

The thermal environment of the printing chamber is an important factor in determining the quality and mechanical performance of semi-crystalline polymers produced by Fused Deposition Modelling (FDM/FFF), such as Polyamide 12 (PA12). Nevertheless, the impact of temperature in the building chamber on the flexural performance of PA12 parts is not yet clear. The aim of this study is to evaluate the flexural performance of FDM/FFF-printed PA12 as a function of the building chamber temperature and different thermal processing conditions. A Taguchi L25 orthogonal design was employed to investigate the influence of nozzle temperature, bed temperature and building chamber temperature on flexural stress, bending force, elastic modulus and signal-to-noise ratio. The results showed relatively stable mechanical performance under different thermal conditions. Flexural stress ranged from 49.58 to 53.23 MPa, bending force from 173.10 to 185.83 N, and elastic modulus from 1014.26 to 1119.49 MPa. Statistical analysis indicated that building chamber temperature was the most influential, followed by nozzle temperature while bed temperature had the least impact. The optimal processing conditions were obtained at a nozzle temperature of approximately 280°C, a bed temperature of 60–75°C, and a building chamber temperature of 65°C. The improved flexural performance can be ascribed to enhanced interlayer bonding, lower thermal gradients and more stable heat transfer in the entire printing chamber. The results emphasize the important role of chamber temperature at several critical stages during printing in improving structural integrity and mechanical reliability of FDM/FFF-printed PA12 components. The obtained results can be applied to the fabrication and optimization of PA12 engineering components produced under controlled thermal conditions.

**Keywords:** 3D printing, flexural strength, PA12, fused deposition modeling, chamber temperature.

**References**

- Maloch, J., Hnátková, E., Žaludek, M., Krátký, P. (2018). Effect of Processing Parameters on Mechanical Properties of 3D Printed Samples. *Materials Science Forum*, 919, 230–235. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/msf.919.230>
- Rezayat, H., Zhou, W., Siriruk, A., Penumadu, D., Babu, S. S. (2015). Structure–mechanical property relationship in fused deposition modelling. *Materials Science and Technology*, 31 (8), 895–903. <https://doi.org/10.1179/1743284715y.0000000010>
- Siraj, I., Drégelyi-Kiss, Á. (2025). Empirical comparison of FDM additive manufacturing process parameters by application grey relational analysis and multi-linear regression. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 138 (7-8), 2861–2876. <https://doi.org/10.1007/s00170-025-15688-4>
- Zhu, D., Ren, Y., Liao, G., Jiang, S., Liu, F., Guo, J., Xu, G. (2017). Thermal and mechanical properties of polyamide 12/graphene nanoplatelets nanocomposites and parts fabricated by fused deposition modeling. *Journal of Applied Polymer Science*, 134 (39). <https://doi.org/10.1002/app.45332>
- Lederle, F., Meyer, F., Brunotte, G.-P., Kaldun, C., Hübner, E. G. (2016). Improved mechanical properties of 3D-printed parts by fused deposition modeling processed under the exclusion of oxygen. *Progress in Additive Manufacturing*, 1 (1-2), 3–7. <https://doi.org/10.1007/s40964-016-0010-y>
- Shakeri, Z., Benfriha, K., Zirak, N., Shirinbayan, M. (2022). Mechanical strength and shape accuracy optimization of polyamide FFF parts using grey relational analysis. *Scientific Reports*, 12 (1). <https://doi.org/10.1038/s41598-022-17302-z>
- Mehdipour, F., Gebhardt, U., Kästner, M. (2021). Anisotropic and rate-dependent mechanical properties of 3D printed polyamide 12 – A comparison between selective laser sintering and multi jet fusion. *Results in Materials*, 11, 100213. <https://doi.org/10.1016/j.rinma.2021.100213>
- Ju, W., Qi, S., Gao, X., Su, Y., Liu, G., Wang, Y. et al. (2024). Tailoring the crystalline structures and mechanical properties of polyamide 1012 specimens by material extrusion-based additive manufacturing. *Polymer*, 293, 126676. <https://doi.org/10.1016/j.polymer.2024.126676>
- Vidakis, N., Petousis, M., Kechagias, J. D. (2022). Parameter effects and process modelling of Polyamide 12 3D-printed parts strength and toughness. *Materials and Manufacturing Processes*, 37 (11), 1358–1369. <https://doi.org/10.1080/10426914.2022.2030871>
- Kam, M., İpekçi, A., Şengül, Ö. (2021). Investigation of the effect of FDM process parameters on mechanical properties of 3D printed PA12 samples using Taguchi method. *Journal of Thermoplastic Composite Materials*, 36 (1), 307–325. <https://doi.org/10.1177/08927057211006459>
- Gao, X., Zhang, D., Wen, X., Qi, S., Su, Y., Dong, X. (2019). Fused deposition modeling with polyamide 1012. *Rapid Prototyping Journal*, 25 (7), 1145–1154. <https://doi.org/10.1108/rpj-09-2018-0258>
- Javadinejad, H. R., Eslami, A., Vanaei, H. R. (2024). Investigating the Mechanical Performance of 3D-printed Parts. *Industrial Strategies and Solutions for 3D Printing*, 193–209. <https://doi.org/10.1002/97811394150335.ch10>
- Kariuki, L. W., Ikua, B. W., Karanja, S. K., Ng'ang'a, S. P., Zeidler, H. (2023). Fused filament fabrication of carbon fiber-reinforced polymer composite: Effect of process parameters on flexural properties. *Engineering Reports*, 6 (8). <https://doi.org/10.1002/eng2.12807>
- Baba, M. N. (2022). Flatwise to Upright Build Orientations under Three-Point Bending Test of Nylon 12 (PA12) Additively Manufactured by SLS. *Polymers*, 14 (5), 1026. <https://doi.org/10.3390/polym14051026>
- Pang, R., Lai, M. K., Ismail, K. I., Yap, T. C. (2022). The Effect of Printing Temperature on Bonding Quality and Tensile Properties of Fused Deposition Modelling 3d-Printed Parts. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1257 (1), 12031. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/1257/1/012031>
- Kumrai-Woodruff, R., Wang, Q. (2020). Temperature Control to Increase Inter-Layer Bonding Strength in Fused Deposition Modelling. *Volume 6: 25th Design for Manufacturing and the Life Cycle Conference (DFMLC)*. <https://doi.org/10.1115/detc2020-22342>
- Su, R., Zhang, Z., Love, B. J., Shih, A. J. (2023). Fused filament fabrication of Nylon beyond the glass transition temperature in a thermally-insulated machine. *Manufacturing Letters*, 35, 797–804. <https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2023.08.120>
- Liu, X., Tey, W. S., Choo, J. Y. C., Chen, J., Tan, P., Cai, C. et al. (2021). Enhancing the mechanical strength of Multi Jet Fusion–printed polyamide 12 and its glass fiber-reinforced composite via high-temperature annealing. *Additive Manufacturing*, 46, 102205. <https://doi.org/10.1016/j.addma.2021.102205>
- Chen, K., Koh, Z. H., Le, K. Q., Teo, H. W. B., Zheng, H., Zeng, J. et al. (2022). Effects of build positions on the thermal history, crystallization, and mechanical properties of polyamide 12 parts printed by Multi Jet Fusion. *Virtual and Physical Prototyping*, 17 (3), 631–648. <https://doi.org/10.1080/17452759.2022.2046478>

20. Hérard, C. (2017). Les effets de la température lors de la fabrication additive par FDM de composites thermoplastiques renforcés et leurs propriétés mécaniques. Ecole Polytechnique. Available at: <https://publications.polymtl.ca/2681/>
21. Dairabayeva, D., Perveen, A., Talamona, D. (2023). Influence of fused filament fabrication parameters on the flexural strength of nylon. *Manufacturing Letters*, 35, 502–508. <https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2023.08.002>
22. Osarenmwinda, J. O., Olodu, D. D. (2018). Optimization of injection moulding process parameters in the moulding of High Density Polyethylene (HDPE). *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*, 22 (2), 203. <https://doi.org/10.4314/jasem.v22i2.8>
23. Le, D., Nguyen, C. H., Pham, T. H. N., Nguyen, V. T., Pham, S. M., Le, M. T., Nguyen, T. T. (2023). Optimizing 3D Printing Process Parameters for the Tensile Strength of Thermoplastic Polyurethane Plastic. *Journal of Materials Engineering and Performance*, 32 (23), 10805–10816. <https://doi.org/10.1007/s11665-023-07892-8>
24. Duong, L., Nga, P. T. H., Le, T. M. (2026). Effect of technical parameters on polylactic acid shrinkage during 3D printing. *Advances in Science and Technology Research Journal*, 20 (6), 356–367. <https://doi.org/10.12913/22998624/218336>
25. Sun, S.-H., Koizumi, Y., Saito, T., Yamanaka, K., Li, Y.-P., Cui, Y., Chiba, A. (2018). Electron beam additive manufacturing of Inconel 718 alloy rods: Impact of build direction on microstructure and high-temperature tensile properties. *Additive Manufacturing*, 23, 457–470. <https://doi.org/10.1016/j.addma.2018.08.017>
26. Kamoona, S. N., Masood, S. H., Mohamed, O. A. (2018). Experimental investigation on flexural properties of FDM processed Nylon 12 parts using RSM. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 377, 12137. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/377/1/012137>

DOI: 10.15587/1729-4061.2026.363632

#### DETERMINING TENSION DISTRIBUTION AND DAMAGE EVOLUTION PATTERNS IN THREAD-STITCHED BOOK BLOCKS UNDER CYCLIC OPENING CONDITIONS (p. 83–97)

**Oleksandr Paliukh**

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

**Petro Kyrychok**

National Technical University of Ukraine  
"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9135-1006>

**Volodymyr Oliinyk**

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

**Daryna Baranova**

National Technical University of Ukraine  
"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6335-6026>

This study investigates the process behind the stressed-strained state of the thread stitching of a spine part of book blocks at their multiple opening. Most attention is on the spatial work of the thread structure and patterns of load distribution in the spine zone of the block, predetermined by the lack of generalized models for the spatial organization of thread stitching; known approaches mainly consider adhesive or simplified connections. This study is carried out based on structural-mechanical and finite element modeling of the thread structure of spine binding.

The proposed model takes into account the spatial trajectory of the thread, the change in direction and tension of the thread in places

of bending, as well as its contact interaction with paper. The geometric, force, and finite element models of thread stitching have been constructed. It was established that the tension distribution along the thread trajectory has an exponentially decreasing character. At the same time, the maximum values of the normalized contact pressure  $p/p_0 = 1.0$  are observed in the surface stitches of the spine part.

The calculations showed that the working interval of thread tension within the  $T_{work} = 35–60$  conditional units limits ensures stable operation of the thread structure without noticeable evolution of degradation processes in the paper of the folds. At the same time, exceeding the limit tension level of  $T_{paper} = 72$  conditional units is accompanied by the gradual development of local damage in the areas of fold openings. After 1000 load cycles, the damage parameter  $D_p$  for polyester threads reached 0.96, for cotton threads – 0.87, and for polyamide threads – 0.78.

The results could be used to optimize the formation modes of the spatial structure of a thread-glue blinding of the spine part of book blocks.

**Keywords:** thread, binding, book spine, tension, stress, deformation, contact, damage, durability, modeling.

#### References

1. Akkasali, N. K., Biswas, S., Sen, S., Anitha, S. (2024). A state-of-the-art review on adhesively bonded joints of similar and dissimilar materials. *Journal of Adhesion Science and Technology*, 38 (24), 4317–4371. <https://doi.org/10.1080/01694243.2024.2384421>
2. Ramalho, L. D. C., Sánchez-Arce, I. J., Gonçalves, D. C., Belinha, J., Campilho, R. D. S. G. (2022). Numerical analysis of the dynamic behaviour of adhesive joints: A review. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 118, 103219. <https://doi.org/10.1016/j.ijadhadh.2022.103219>
3. Hoshikawa, Y., Kawagoe, Y., Ryuzono, K., Okabe, T. (2024). Finite element modeling for cohesive/adhesive failure of adhesive structures with a thermosetting resin. *Engineering Fracture Mechanics*, 311, 110552. <https://doi.org/10.1016/j.engfracmech.2024.110552>
4. Marzi, S. (2023). Experimental determination of coupled cohesive laws with an unsymmetrical stiffness matrix for structural adhesive joints loaded in mixed-mode I+III. *Engineering Fracture Mechanics*, 283, 109215. <https://doi.org/10.1016/j.engfracmech.2023.109215>
5. Bernardin, P., Sedlacek, F., Kozak, J., Kucerova, L., Lasova, V. (2024). Identification of the Cohesive Parameters for Modelling of Bonded Joints between Flat Composite Adherends with Thick Layer of Adhesive. *Materials*, 17 (19), 4880. <https://doi.org/10.3390/ma17194880>
6. Ibrahim, A. H., Watson, B., Jahed, H., Rezaee, S., Cronin, D. S. (2024). An experimental-cohesive zone model approach to predict fatigue life of adhesive joints with varying modes of loading and joint configurations for automotive applications. *The Journal of Adhesion*, 101 (7), 930–956. <https://doi.org/10.1080/00218464.2024.2408372>
7. Calabrese, A. S., Vassilopoulos, A. P. (2025). On the fatigue behavior of thin and thick adhesively bonded composite joints. *International Journal of Fatigue*, 199, 109065. <https://doi.org/10.1016/j.ijfatigue.2025.109065>
8. Birnie, J., Falaschetti, M. P., Troiani, E. (2025). Comparative Analysis on Modelling Approaches for the Simulation of Fatigue Disbonding with Cohesive Zone Models. *Aerospace*, 12 (2), 139. <https://doi.org/10.3390/aerospace12020139>
9. Li, Y., Deng, H., Takamura, M., Koyanagi, J. (2023). Durability Analysis of CFRP Adhesive Joints: A Study Based on Entropy Damage Modeling Using FEM. *Materials*, 16 (20), 6821. <https://doi.org/10.3390/ma16206821>
10. de Queiroz, H. F. M., Banea, M. D. (2022). Methods to increase the mechanical performance of composite adhesive joints: An overview with focus on joints with natural fibre composite adherends. *Journal of Composite Materials*, 56 (26), 3993–4010. <https://doi.org/10.1177/00219983221125906>

11. Petković, G., Pasanec Preprotić, S., Vukoje, M., Bolanča Mirković, I. (2024). Impact of SiO<sub>2</sub> and TiO<sub>2</sub> Nanoparticles on the Elasticity and Aging Resistance of Polyvinyl Acetate (PVAc) Adhesive. *Materials*, 17 (23), 5957. <https://doi.org/10.3390/ma17235957>
12. Jina, W., Nagasawa, S., Yamamoto, T., Nagumo, T. (2023). Analysis of the folding behavior of a paperboard subjected to indentation of a deviated creasing rule using the finite element method. *AIMS Materials Science*, 10 (2), 313–341. <https://doi.org/10.3934/matserci.2023017>
13. Paliukh, O., Kyrychok, P., Shtefan, Y., Titov, A. (2022). Development of information support for simulation of the process of deformation of root polymer plate in book blocks sewed with threads. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (1 (119)), 62–73. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.265869>
14. Pasanec Preprotić, S., Vukoje, M., Petković, G., Rožić, M. (2023). Novel Approaches to Enhancing Sustainable Adhesive System Solutions in Contemporary Book Binding: An Overview. *Heritage*, 6 (1), 628–646. <https://doi.org/10.3390/heritage6010033>
15. Bulín, R., Hajžman, M. (2019). Comparison of Detailed Belt – Cylinder Interaction Model with Classical Belt Friction Formula. *Strojnícky Časopis - Journal of Mechanical Engineering*, 69 (3), 9–16. <https://doi.org/10.2478/scjme-2019-0024>

DOI: 10.15587/1729-4061.2026.360862

**ВИЯВЛЕННЯ ВПЛИВУ ВИБУХУ НА ПОВЕДІНКУ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ ЗАХИСНИХ УКРИТТІВ В УМОВАХ ПОВІТРЯНИХ АТАК (с. 6–18)****С. В. Поздеев, В. Г. Башинський, А. В. Швиденко, С. П. Бісик, С. П. Голець, О. В. Некора, О. М. Дмитрієв, В. І. Кривцун, В. І. Нікітченко, І. П. Частоколенко**

Об'єктом дослідження є залізобетонні конструкції блочних захисних споруд серій УФС-1 та ПС ВС-1-3 за умов вибухового впливу. Існуючою проблемою є недостатньо вивчена поведінка їх напружено-деформованого стану з урахуванням контактної взаємодії конструктивних елементів та ґрунтової основи. Для вирішення поставленої проблеми виконано чисельне моделювання із застосуванням методу скінченних елементів. Розрахунки виконано у програмному комплексі LS-DYNA (США) з урахуванням фізичної та геометричної нелінійності та контактної взаємодії елементів конструкції. Досліджено функціональну придатність залізобетонних конструкцій блочних захисних споруд за умов вибухового впливу. Сценаріями вибухового впливу передбачено тротиловий еквівалент заряду 15 кг при відстанях до конструкції 0,55 м та 5 м. Результатами розрахунку встановлено, що максимальні значення надлишкового тиску сягають  $1,16 \cdot 10^6$  кПа та  $1,01 \cdot 10^3$  кПа відповідно. Встановлено, що найбільші напруження та переміщення локалізуються у вузлах стикування блоків і приповерхневих ділянках конструкцій, що дозволило визначити найбільш уразливі елементи та обґрунтувати напрями удосконалення конструктивних рішень. Виявлено, що за прийнятих значень вибухових впливів конструкції зберігають функціональну придатність та стійкість, а пошкодження локалізуються на невеликих ділянках і не призводять до прогресуючого руйнування укриття. Це пояснюється просторовою роботою конструкції та перерозподілом динамічних зусиль між окремими блоками і ґрунтовою основою. Практичне застосування результатів дослідження доцільне при оцінці вибухостійкості та впровадженні інженерних рішень при проектуванні споруд цивільного захисту з метою їх вдосконалення.

**Ключові слова:** вибухове навантаження, вибухостійкість, захисні укриття, залізобетонні конструкції, напружено-деформований стан, LS-DYNA.

DOI: 10.15587/1729-4061.2026.362946

**РОЗРОБКА СПОСОБУ ПОБУДОВИ НАБЛИЖЕНИХ РОЗГОРТОК ГЕЛІКОЇДІВ НА ОСНОВІ ТЕОРІЇ ЗГИНАННЯ ПОВЕРХОНЬ (с. 19–26)****А. В. Несвідомін, С. Ф. Пилипака, Т. М. Воліна, Т. А. Кресан, О. Ю. Савойський, О. В. Юрченко, О. С. Савченко, С. П. Бородай, О. В. Залевська, О. О. Налобіна**

Об'єктом дослідження є процес побудови наближених розгорток гелікоїдів на основі класичної теорії їх неперервного згинання у поверхні обертання. Прямі гелікоїди є нерозгортними поверхнями, тому плоска заготовка для їх виготовлення може бути лише наближеною розгорткою. Такою наближеною розгорткою є плоске кільце, обмежене внутрішньою і зовнішньою дугами кіл, радіуси яких є табличними даними. Розміри кільця повинні бути такими, щоб забезпечити мінімум пластичних деформацій при їх формуванні у виток гелікоїда.

Для знаходження розмірів кільця застосовано класичну теорію згинання нерозгортних поверхонь. Згідно теореми диференціальної геометрії всяку гвинтову поверхню можна зігнути на поверхню обертання. Таке згинання здійснюється зменшенням кроку поверхні до нуля і дає можливість наочно спостерігати деформацію поверхні. Отриману поверхню обертання можна апроксимувати зрізаним конусом. Точна розгортка зрізаного конуса буде наближеною розгорткою витка гелікоїда. Такий підхід базується не на експериментальних даних, а на теоретичних підходах до процесу згинання. В залежності від типу гелікоїда поверхню обертання може бути катеноїд або однопорожнинний гіперболоїд обертання. Це дає можливість вибирати такі ділянки поверхні обертання для апроксимації зрізаним конусом, де він найбільш щільно прилягає до неї. Це відповідатиме мінімуму пластичних деформацій при формуванні розгортки конуса у виток гелікоїда.

В роботі побудовано наближені розгортки для прямих закритого і відкритого гелікоїдів з однаковими конструктивними даними: крок поверхні  $H = 100$  лін. од., радіуси обмежувальних поверхню циліндрів  $r = 20$  лін. од. і  $R = 60$  лін. од. Отримані результати пояснюються новим підходом до знаходження наближених розгорток із застосуванням теорії згинання нерозгортних поверхонь.

**Ключові слова:** крок поверхні, плоске кільце, плоска заготовка, виток шнека, прямий гелікоїд.

DOI: 10.15587/1729-4061.2026.364305

**ВИЗНАЧЕННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ТА ТЕХНІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЗМІШУВАЛЬНО-ДОЗУЮЧОГО АГРЕГАТУ ПРОЦЕСУ ПРИГОТУВАННЯ КОМБІКОРМІВ З ДИСПЕРГУЮЧИМ ПРИМУСОВИМ ЗМІШУВАННЯМ (с. 27–35)****Gabil Mammadov, Narmin Abdiyeva, Rasim Saidov, Rovshan Hajiyev, Urfan Taghiyev, Gahira Allahverdiyeva, Natavan Imanova, Bahruz Aliyev, Aynur Iskenderova**

Об'єктом дослідження є шнековий дозатор, що видає сухий, диспергований корм. Проблема, яку необхідно вирішити, полягає в наступному: при використанні дозаторів складної конструкції зростають трудовитрати та матеріальні витрати на їх ремонт та обслуговування, а також знижується ефективність їх використання.

При використанні запропонованої моделі пристрою для приготування суміші кормів з розсіювальною силою можна визначити такі раціональні конструктивні режими та кінематичні параметри: швидкість обертання шнека змішувальної секції  $\omega = 4 \dots 12 \text{ c}^{-1}$ , кількість лопатей 6...8, швидкість подачі або компонента корму  $u = 0,005 \dots 0,045 \text{ м/с}$ .

Використовуючи модель пристрою для приготування корму до примусового змішування з використанням відповідних методів та вимірювань, було визначено такі раціональні конструктивні, модальні та кінематичні параметри: швидкість обертання шнека змішувальної секції  $\omega = 4 \dots 12 \text{ c}^{-1}$ ; кількість лопатей 6...8 шт.; швидкість подачі або компонента корму  $v = 0,005 \dots 0,045 \text{ м/с}$ .

При заданих значеннях параметрів, неоднорідності або однорідності кормової суміші, загальна необхідна потужність відповідно становила:  $\delta = 7 \dots 11$ ;  $\lambda = 93 \dots 89\%$ ;  $N = 3,5 \dots 4,94 \text{ кВт}$ . Конструктивні особливості дозуючого змішувача, параметри конструктивного режиму роботи та практичні рекомендації щодо використання, обґрунтовані в результаті дослідження, мають практичне значення для комбикормових заводів.

Результати та оптимізовані значення, отримані під час дозування кормової сировини при приготуванні концентрованих кормових сумішей, у порівнянні з їх безперервною роботою з плином часу, мають теоретичне значення для предметних програм, наукових досліджень та експериментально-конструкторських робіт з приготування кормових сумішей.

**Ключові слова:** конструкція, шнеково-петлевий, диспергований корм, система, змішувач-дозатор, оптимізація, змішування.

---

DOI: 10.15587/1729-4061.2026.360311

### ВИЗНАЧЕННЯ СТУПЕНЯ НЕРІВНОМІРНОСТІ РОБОЧОГО ЦИКЛУ ДВИГУНА ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ ПРИ РОБОТІ НА РІЗНИХ ВИДАХ ПАЛИВА (с. 36–42)

О. С. Митрофанов, А. Ю. Проскурін

Об'єктом дослідження є ступінь нерівномірності робочого циклу двигуна внутрішнього згоряння з іскровим запалюванням при використанні різних видів палива. Проблема, що вирішувалася, полягає у відсутності комплексних експериментальних досліджень, які враховують вплив виду палива, складу паливоповітряної суміші та статистичних характеристик параметрів робочого циклу на основі великого масиву індикаторних діаграм.

У роботі отримано експериментальні індикаторні діаграми часткових режимів роботи двигуна при використанні бензину, пропан-бутану та синтез-газу з вмістом водню 43%. Встановлено, що нормальна робота двигуна на синтез-газі забезпечується при коефіцієнті надлишку повітря 1,35...1,75. Підтверджено відповідність розподілу максимального тиску згоряння нормальному закону за критерієм  $\chi^2$ . Показано, що наявність водню в складі синтез-газу значно знизила ступінь нерівномірності робочого циклу двигуна з іскровим запалюванням. При цьому встановлено, що мінімальне значення ступеня нерівномірності робочого циклу спостерігається в межах коефіцієнта надлишку повітря 1,05...1,25. У міру збіднення суміші спостерігається поступове зростання ступеня нерівномірності робочого циклу. При досягненні  $\alpha \approx 2$  нерівномірність робочого циклу на синтез-газі досягає мінімального значення нерівномірності при роботі двигуна на бензині з  $\alpha = 0,9 \dots 1,0$ .

Особливістю результатів є поєднання експериментального підходу з статистичним аналізом великої вибірки індикаторних діаграм, що дозволило достовірно оцінити ступінь нерівномірності та встановити оптимальні діапазони коефіцієнта надлишку повітря для різних палив.

Отримані результати можуть бути використані при оптимізації робочих процесів двигунів з іскровим запалюванням, розробці систем керування сумішоутворенням, а також при використанні альтернативних палив, зокрема синтез-газу, в умовах часткових навантажень.

**Ключові слова:** водень, коефіцієнт надлишку повітря, індикаторна діаграма, ступінь нерівномірності робочого циклу.

---

DOI: 10.15587/1729-4061.2026.361773

### ВИЯВЛЕННЯ ВПЛИВУ РЕЖИМУ КЕРОВАНИХ КОЛИВАНЬ РІДКОЇ ВАННИ НА ГЕОМЕТРІЮ НАПЛАВЛЕННОГО ВАЛИКА (с. 43–52)

В. О. Лебедев, С. В. Новиков, С. А. Лой, В. В. Спіхтаренко, М. В. Матвієнко

Об'єктом дослідження є геометричні розміри валика, отриманого електродуговим наплавленням плавким електродом. Традиційне наплавлення характеризується низькою продуктивністю через значну кількість проходів та потребу механічної обробки високих валиків. Глибоке проплавлення зумовлює значну частку основного металу в наплавленому шарі і неоднорідність хімічного складу. Існуючі підходи до керування геометрією валика (імпульсно-дугові режими, коливання електрода, електромагнітне керування дугою) мають обмежений вплив на ширину або ускладнюють конструкцію зварювальної головки. У роботі розглядається електродугове наплавлення з керованими низькочастотними коливаннями виробу з рідкою зварювальною ванною. Установка побудована на регульованому електроприводі з кроковим двигуном з програмованим заданням частоти та амплітуди коливань. Ці параметри разом з енергетичними параметрами і швидкістю впливають на геометричні розміри валика та механічні властивості наплавленого металу. Ширина, висота і глибина проплавлення валика визначалися за макрошліфами поперечних перерізів. Розроблено математичну модель залежності геометричних розмірів валика від параметрів наплавлення на основі регресійного аналізу експериментальних даних. Похибки прогнозування ширини та висоти не перевищують 21,7% і 15% відповідно, що підтверджує її практичну придатність. Встановлено, що керовані коливання збільшують ширину валика у 1,5–2 рази та зменшують його висоту до 6 разів порівняно з наплавленням без вібрацій. Причиною є перерозподіл теплової енергії та посилення горизонтальних потоків розплаву. Зміна геометрії валика підвищує продуктивність наплавлення та точність керування. Метод придатний для використання в адаптивних зварювальних системах.

**Ключові слова:** електродугове наплавлення, керовані коливання виробу, режими наплавлення, геометрія валику, продуктивність наплавлення.

DOI: 10.15587/1729-4061.2026.361514

**ІДЕНТИФІКАЦІЯ ВОДНЕВОЇ КРИХКОСТІ ТА РОЛІ МІЖКРИСТАЛІЧНОГО КРИХКОГО РУЙНУВАННЯ ВІДМОВ БУРИЛЬНИХ ТРУБ API 5DP G105 У БУРОВИХ РОБОТАХ НА СУШІ (с. 53–63)**

**Sidhi Aribowo, Johny Wahyuadi Soedarsono, Rini Riasuti, Suryadi, Slamet Nurhadi, Warneri, Sopar Mangarapot Simanullang, Agus Kaban, Raajwa Ayudhia Kamila**

Об'єктом цього дослідження є високоміцна сталь API 5DP Gr 105, яка використовувалася під час закінчування свердловин у корозійному середовищі. У цій роботі зосереджено увагу на ключових факторах, що впливають на пошкодження матеріалу, спричинені слідами ковзання, розтягувальним навантаженням та вмістом водню в забрудненому розсолі та рідині для закінчування, які не були розглянуті в попередніх дослідженнях. Було проведено кілька випробувань, включаючи хімічні, механічні та поверхневі характеристики. Випробування хімічного складу рідини показує, що розсіл був забруднений газоподібним  $H_2S$  та сіркою, з неминучими слідами хлориду, бікарбонату, карбонату, бісульфіду та сульфїду, що забезпечує активні центри для дифузії атомів водню в слідах ковзання. Випробування складу матеріалу підтверджує, що пошкоджений матеріал є API 5DP Gr 105. Помітна кількість фосфору збільшує сегрегацію по межах зерен та послаблює когезійний металевий зв'язок. Твердість на рівні  $28^\circ C$  за Роквеллом є неминучою та збільшує вразливість матеріалу до окрихчення, незважаючи на те, що випробування на енергію Шарпі показує керований рівень, що підтверджує локальну крихкість. Висока міцність на розрив  $914$  МПа свідчить про окрихчення, хоча матеріал залишається пластичним, з помітним видовженням на  $20\%$ . У мікроструктурі спостерігалася міжзеренна тріщина, а сліди ковзання служать концентраторами напружень для тріщини. Таким чином, можна зробити висновок, що поєднання навантаження на розтяг, вмісту газоподібного водню, локальних слідів ковзання та рідини для завершення буріння у свердловині послабило межі зерен і послужило початковою тріщиною з високою концентрацією атомів водню. Ця робота моделює аналіз першопричин високоміцної сталі під час операцій з завершення свердловин на береговому об'єкті.

**Ключові слова:** рідина для завершення буріння високої щільності, водневе окрихчення, аналіз руйнування високоміцної сталі, завершення буріння.

DOI: 10.15587/1729-4061.2026.362733

**ВИЗНАЧЕННЯ АНАЛІТИЧНОГО КРИТЕРІЮ ЕФЕКТИВНОЇ ШВИДКОХІДНОСТІ ШПИНДЕЛЬНОГО ВУЗЛА ДЛЯ АВТОМАТИЧНОЇ ОБРОБКИ ДОВГОМІРНОЇ ЗАГОТОВКИ (с. 64–72)**

**Б. І. Придальний, Д. Е. Селезньов, Е. Л. Селезньов, Ю. В. Муравинець**

Об'єктом дослідження є довгомірна пруткова заготовка, закріплена у шпindelльному вузлі пруткового токарного автомата за схемою «затискний патрон-проміжна радіальна опора». Розглянута проблема пов'язана з обмеженням ефективної швидкохідності шпинделя через наближення робочої частоти обертання до першої критичної частоти поперечних коливань прутка. Відмінною рисою результатів є подання критичної частоти обертання як функції трьох керованих параметрів: діаметра прутка, довжини розрахункового прольоту та жорсткості проміжної радіальної підтримки прутка. Це дозволяє отримати інженерний критерій ефективної швидкохідності шпindelльного вузла при обробці довгомірної пруткової заготовки. Практично значущі результати визначаються особливостями прийнятої моделі, де: подано затискний патрона як еквівалентне защемлення, розглянуто проміжну підтримку як жорстку або пружно-піддатливу радіальну опору та використано безрозмірний параметр відносної жорсткості  $\mu$ . Це дало змогу відобразити перехід від фактично відсутньої підтримки до ідеально жорсткої опори та встановити нелінійний насичуваний вплив жорсткості підтримки на критичну частоту. Для сталевого суцільного круглого прутка отримано компактну залежність  $n_{кр} = K_{ст} \cdot d/L^2$ , де  $K_{ст} \approx 1.86 \cdot 10^5$  об·м/хв. Встановлено, що довжина прольоту має квадратичний вплив на критичну частоту, діаметр – лінійний, а збільшення жорсткості опори ефективно лише до зони насичення. На основі одержаних співвідношень побудовано граничні залежності ефективної роботи системи за коефіцієнтом частотного навантаження. Результати придатні для попереднього вибору міжопорної відстані, діаметра прутка та умов його підтримки під час розробки, модернізації й налагодження пруткових токарних автоматів.

**Ключові слова:** критична частота, довгомірна заготовка, точіння прутка, пружно-піддатлива опора, швидкохідність шпинделя.

DOI: 10.15587/1729-4061.2026.365570

**ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ТЕМПЕРАТУРИ КАМЕРИ НА ЗГИНАЛЬНІ ВЛАСТИВОСТІ ПОЛІАМІДУ 12, ВИГОТОВЛЕНОГО МЕТОДОМ 3D-ДРУКУ FDM/FFF (с. 73–82)**

**Mai Tran Phong Nguyen, Thi Hong Nga Pham, Thi My Nu Ho, Duong Le**

Температурне середовище друкарської камери є важливим фактором у визначенні якості та механічних характеристик напівкристалічних полімерів, отриманих методом моделювання наплавленим осадженням (FDM/FFF), таких як поліамід 12 (PA12). Тим не менш, вплив температури в робочій камері на характеристики згинання деталей з PA12 ще не зрозумілий. Метою цього дослідження є оцінка характеристик згинання PA12, надрукованого методом FDM/FFF, як функції температури робочої камери та різних умов термічної обробки. Для дослідження впливу температури сопла, температури ліжка та температури робочої камери на напруження згину, силу згину, модуль пружності та співвідношення сигнал/шум було використано ортогональну конструкцію Taguchi L25. Результати показали відносно стабільні механічні характеристики за різних термічних умов. Напруження згину коливалися від  $49,58$  до  $53,23$  МПа, сила згину – від  $173,10$  до  $185,83$  Н, а модуль пружності – від  $1014,26$  до  $1119,49$  МПа. Статистичний аналіз показав, що температура камери формування була найбільш впливовою, далі йшла температура сопла, тоді як температура ліжка мала найменший вплив. Оптимальні умови обробки були отримані при температурі сопла приблизно  $280^\circ C$ ,

температурі ліжка 60–75°C та температурі камери формування 65°C. Покращені характеристики згинання можна пояснити покращеним міжшаровим зчепленням, нижчими градієнтами температури та стабільнішою теплопередачею у всій друкарській камері. Результати підкреслюють важливу роль температури камери на кількох критичних етапах друку для покращення структурної цілісності та механічної надійності компонентів PA12, надрукованих методами FDM/FFF. Отримані результати можуть бути застосовані для виготовлення та оптимізації інженерних компонентів PA12, виготовлених у контрольованих теплових умовах.

**Ключові слова:** 3D-друк, міцність на згин, PA12, моделювання методом наплавлення, температура камери.

---

DOI: 10.15587/1729-4061.2026.363632

#### ВИЗНАЧЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ РОЗПОДІЛУ НАТЯГУ ТА РОЗВИТКУ ПОШКОДЖЕНЬ У НИТКОВОМУ СКРІПЛЕННІ КНИЖКОВИХ БЛОКІВ В УМОВАХ ЇХ ЦИКЛІЧНОГО РОЗКРИВАННЯ (с. 83–97)

О. О. Палюх, П. О. Киричок, В. Г. Олійник, Д. І. Баранова

Об'єктом дослідження є процес формування напружено-деформованого стану ниткового скріплення корінцевої частини книжкових блоків при їх багаторазовому відкриванні. Основна увага приділена просторовій роботі ниткової структури та особливостям розподілу навантажень у корінцевій зоні блока через відсутність узагальнених моделей просторової організації ниткового скріплення. Більшість відомих підходів орієнтовані переважно на клейові або спрощені з'єднання. Дослідження виконувалися на основі конструктивно-механічного та скінченноелементного моделювання ниткової структури корінцевого з'єднання.

У запропонованій моделі враховано просторову траєкторію проходження нитки, зміну напрямку та натягу нитки в місцях перегину, а також її контактну взаємодію з папером. У роботі розроблено геометричну, силову та скінченноелементну моделі ниткового скріплення. Встановлено, що розподіл натягу вздовж траєкторії проходження нитки має експоненціально спадний характер. При цьому максимальні значення нормованого контактного тиску  $p/p_0 = 1,0$  спостерігаються в поверхневих стібках корінцевої частини.

Проведені розрахунки показали, що робочий інтервал натягу нитки в межах  $T_{work} = 35\text{--}60$  ум. од. забезпечує стабільну роботу ниткової структури без помітного розвитку деградаційних процесів у папері фальців. Водночас перевищення граничного рівня натягу  $T_{paper} = 72$  ум. од. супроводжується поступовим розвитком локальних пошкоджень у зонах отворів фальців. Після 1000 циклів навантаження параметр пошкодження  $D_p$  для поліестерних ниток досягав 0,96, для бавовняних – 0,87, а для поліамідних – 0,78. Результати можуть бути використані для оптимізації режимів формування просторової структури нитково-клеєвого з'єднання корінцевої частини книжкових блоків.

**Ключові слова:** нитка, скріплення, корінець, натяг, напруження, деформація, контакт, пошкодження, довговічність, моделювання.