

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.303640
DETERMINING THE INFLUENCE OF FACADE PARAMETERS AND THE WIDTH OF A FIRE-PROOF EAVES ON PREVENTING THE SPREAD OF FIRE THROUGH EXTERNAL VERTICAL STRUCTURES OF BUILDINGS (p. 6–16)

Oleksandr Kagitin

Lviv State University of Life Safety, Lviv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2482-8422>

Roman Veselivskiy

Lviv State University of Life Safety, Lviv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3266-578X>

Andrii Havrys

Lviv State University of Life Safety, Lviv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2527-7906>

Yaroslav Ballo

Institute of Public Administration and Research
 in Civil Protection, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9044-1293>

Roman Yakovchuk

Lviv State University of Life Safety, Lviv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5523-5569>

Bohdan Kovalyshyn

Institute of Public Administration and Research
 in Civil Protection, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6433-8826>

The object of this study is the process of fire propagation through the surface of external wall structures with facade thermal insulation. The paper examines the influence of facade parameters and the width of a fire-proof eaves on preventing the spread of fire by external vertical structures using the example of a residential building. With the use of FDS modeling, the relationships between the parameters of external enclosing structures and the fire-proof eaves on the processes of limiting the spread of fire were investigated. The influence of the minimum parameters of the height of the inter-floor windowsill in the absence of a fire-proof eaves on the spread of fire was determined. The dependence of temperature change near the surface of the facade on the width of the fire-proof eaves and the height of the window between floors was established.

Based on a series of simulated experiments, it was established that with a height of 1.0 m between floors and the absence of a fire-proof eaves, the critical temperature value is 250 °C. This value corresponds to the destruction temperature of a standard metal-plastic window structure. For the case when the wall height is 1.0 m, and the width of the fire-proof eaves is 0.75 m, the temperature value is 180 °C. That is, the safety condition of 250 °C is met.

Based on the research, a dependence was found on the criterion of not exceeding the critical temperature of 250 °C at the level of 1.4 m of the facade of the building floor located above the fire floor. The criterion holds when the width of a fire-proof eaves is at least 0.4 m and the height of the window partition is 1.0 m, as well as when the width of the eaves is 0.5 m, and the height of the window partition is 0.6 m.

It was established that the height of a window interfloor partition has a smaller effect than the width of the fire-proof eaves that separates the floors that are located above.

Keywords: FDS modeling, thermal insulation, fire-proof eaves, interfloor partition, critical temperature, fire propagation.

Reference

1. Pro nadання budivelnoi produktsiyi na rynku: Zakon Ukrainy vid 02.09.2020 No. 850-IX. Vidomosti Verkhovnoi Rady (VVR), No. 14, st. 119. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/850-20#Text>
2. Ballo, Y., Nizhnyk, V., Veselivskyy, R., Kagitin, O. (2023). Influence of the facade slope on fire propagation processes on higher floors. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (10 (125)), 43–52. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.288174>
3. Ballo, Y. V., Yakovchuk, R. S., Nizhnyk, V. V., Kahitin, O. I. (2022). Analysis and systematization of types of facade systems of buildings as a prerequisite for improvement of fire-fighting measures. *Fire Safety*, 40, 5–15. <https://doi.org/10.32447/20786662.40.2022.01>
4. Ballo, Y. (2023). Influence of the slope of the facade on the processes of fire spread through the facades of buildings. *Scientific Bulletin: Civil Protection and Fire Safety*, 1 (15), 32–40. [https://doi.org/10.33269/nvcz.2023.1\(15\).32-40](https://doi.org/10.33269/nvcz.2023.1(15).32-40)
5. Mizuno, T., Kawagoe, K. (1986). Burning behaviour of upholstered chairs. Part 3. Flame and plume characteristics in fire test. *Fire Science and Technology*, 6 (1/2), 29–37. <https://doi.org/10.3210/fst.6.29>
6. Yakovchuk, R., Ballo, Ya., Kuzyk, A., Kagitin, O., Kovalchuk, V. (2021). FDS modeling of the fire-preventing eaves effectiveness to prevent the fire spreading on facade of high-rise buildings. *Bulletin of Lviv State University of Life Safety*, 23, 39–45. <https://doi.org/10.32447/20784643.23.2021.06>
7. Hietaniemi, J., Hostikka, S., Vaari, J. (2004). FDS simulation of fire spread – comparison of model results with experimental data. VTT. Available at: <https://publications.vtt.fi/pdf/workingpapers/2004/W4.pdf>
8. Yakovchuk, R., Kuzyk, A., Skorobagatko, T., Yemelyanenko, S., Borys, O., Dobrostan, O. (2020). Computer simulation of fire test parameters façade heat insulating system for fire spread in fire dynamics simulator (FDS). *NEWS of National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan*, 4 (442), 35–44. <https://doi.org/10.32014/2020.2518-170x.82>
9. Jansson, R., Anderson, J. (2012). Experimental and Numerical Investigation of Fire Dynamics in a Façade Test. Rig. In *Proceedings of Fire Computer Modeling*. Santander. Available at: https://www.researchgate.net/publication/258769012_EXPERIMENTAL_AND_NUMERICAL_INVESTIGATION_OF_FIRE_DYNAMICS_IN_A_FACADE_TEST_RIG
10. Anderson, J., Jansson, R. (2013). Fire dynamics in façade fire tests: measurement and modelling. Conference: Interflam 2013. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.1.3025.9684>
11. Anderson, J., Jansson, R. (2013). Façade fire tests – measurements and modeling. *MATEC Web of Conferences*, 9, 02003. <https://doi.org/10.1051/mateconf/20130902003>
12. Anderson, J., Boström, L., Jansson, R., Milovanović, B. (2016). Fire dynamics in façade fire tests, Measurement, modeling and repeatability. *Applications of Structural Fire Engineering*. <https://doi.org/10.14311/asfe.2015.059>
13. SP Fire 105. External wall assemblies and facade claddings. Reaction to fire (1994). SP Technical Research Institute of Sweden, 16. Available at: https://assets.grenfelltowerinquiry.org.uk/INQ00014964_SP%20FIRE%20105%E2%80%94Method%20for%20fire%20testing%20of%20fa%C3%A7ade%20materials%2C%20Dnr%20171%E2%80%9079%E2%80%90360%20Department%20of%20Fire%20Technology%2C%20Swedish%20National%20Testing%20and%20Research%20Institute.pdf
14. BS 8414-1:2015. Fire performance of external cladding systems. Test method for non-loadbearing external cladding systems applied to the masonry face of a building.

15. Dréan, V., Schillinger, R., Auguin, G. (2016). Fire exposed facades: Numerical modelling of the LEPIR2 testing facility. *MATEC Web of Conferences*, 46, 03001. <https://doi.org/10.1051/mateconf/20164603001>
16. Ballo, Ya., Yakovchuk, R., Nizhnyk, V., Sizikov, O., Kuzyk, A. (2021). Investigation of design parameters facade fire-fighting eaves for prevent the spread of fires on facade structures of high-rise buildings. *Fire Safety*, 37, 16–23. <https://doi.org/10.32447/20786662.37.2020.03>
17. Morgado, H. J. L., Rodrigues, J. P. C. (2015). Balcony Effect on the External Fire Spread into Upper Floors. *Journal of Structural Fire Engineering*, 6 (4), 255–274. <https://doi.org/10.1260/2040-2317.6.4.255>
18. Morgado, H. J., Rodrigues, J. P., Laím, L. (2015). Experimental and numerical study of balcony effect in external fire spread into upper floors. *Applications of Structural Fire Engineering*.
19. Čolić, A., Pečur, I. B. (2020). Influence of Horizontal and Vertical Barriers on Fire Development for Ventilated Façades. *Fire Technology*, 56 (4), 1725–1754. <https://doi.org/10.1007/s10694-020-00950-w>
20. Nilsson, M., Husted, B., Mossberg, A., Anderson, J., McNamee, R. J. (2018). A numerical comparison of protective measures against external fire spread. *Fire and Materials*, 42 (5), 493–507. <https://doi.org/10.1002/fam.2527>
21. Nilsson, M. (2016). The impact of horizontal projections on external fire spread – a numerical comparative study. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.27432.57600>
22. Rukavina, M. J., Carević, M., Pečur, I. B. (2017). Fire protection of façades. University of Zagreb. Available at: <https://www.grad.unizg.hr/images/50014277/Fire%20Protection%20of%20Facades.pdf>
23. Oleszkiewicz, I. (1989). Heat transfer from a window fire plume to a building facade. *ASME HTD – Collected Papers in Heat Transfer*, 123, 163–170. Available at: <https://nrc-publications.canada.ca/eng/view/ft/?id=f701b2ee-3980-47f8-9cfa-e23e4264b212>
24. Oleszkiewicz, I. (1991). Vertical separation of windows using spandrel walls and horizontal projections. *Fire Technology*, 27 (4), 334–340. <https://doi.org/10.1007/bf01039884>
25. Floyd, J., Forney, G., Hostikka, S., Korhonen, T., McDermott, R., McGrattan, K. (2013). *Fire Dynamics Simulator (Version 6) User's Guide. Vol. 1.* National Institute of Standard and Technology.
26. McGrattan, K., Hostikka, S., McDermott, R., Floyd, J., Weinschenk, C., Overholt, K. (2016). *Fire Dynamics Simulator Technical Reference Guide. Vol. 3.* National Institute of Standards and Technology.

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.309345

EFFECT OF BOX BEAM WALL THICKNESS ON THE STIFFNESS OF THE CAMPHOR WOOD TIMBER BRIDGE TRUSS (p. 17–26)

Handika Setya Wijaya

Tribhuwana Tunggaladewi University, Malang, East Java, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-4526-8216>

Blima Oktaviastuti

Tribhuwana Tunggaladewi University, Malang, East Java, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6888-6923>

Fifi Damayanti

Tribhuwana Tunggaladewi University, Malang, East Java, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8786-604X>

Yeni Sesti Ariningsih

Tribhuwana Tunggaladewi University, Malang, East Java, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-6878-6403>

Bridges are vital for community development, and wood is a primary material due to its environmental benefits. However, wood's moisture absorption can cause swelling and shrinkage, and low-density wood tends to have lower strength. The moment of inertia of a box

beam is related to wall thickness and stiffness. Insufficient wall thickness can lead to plastic retention before peak load, reducing structural integrity. Thin walls can cause buckling under compressive loads, leading to failure. Truss bridge failures can also result from design errors. This study aims to analyze the effect of box beam wall thickness on the stiffness of camphor wood timber bridge trusses. Camphor wood with a cross-sectional area of 1,600 mm² was used, with box beams of dimensions 45×45 mm (12 mm wall), 50×50 mm (10 mm wall), 58×58 mm (8 mm wall), and a solid beam of 40×40 mm (20 mm wall). Physical tests showed the wood's specific gravity at 0.506 g/cm³ and moisture content at 12.47 %. The highest peak load was 19.613 kN for the BB.58.58.8 variation, which also had the greatest stiffness at 3.502 kN/mm. The BB.58.58.5 variation had the largest moment of inertia at 683,733 mm⁴ compared to the solid beam SB.40.40.20 at 213,333 mm⁴. The BB.45.45.12 sample had a *t/D* ratio 1.93 times larger than BB.58.58.8, indicating a more flexible structure with lower stiffness. This is confirmed by experimental results, showing that BB.45.45.12 had a stiffness 1.73 times lower than BB.58.58.8. Theoretical calculations also showed that BB.45.45.12 had a stiffness 2.03 times smaller than BB.58.58.8. Thus, the *t/D* ratio is inversely proportional to stiffness. This research contributes valuable insights for developing engineered wood products in construction and bridge design, particularly for village bridges in Indonesia.

Keywords: wooden truss bridge, box beam, peak load, stiffness.

References

1. Hadinata, C., Wiguna, A. C. (2016). *Perencanaan Jembatan Rangka Baja Air Pedado Kelurahan Kramasan Kecamatan Kertapati Palembang Provinsi Sumatera Selatan.* Politeknik Negeri Sriwijaya Palembang.
2. Atmojo, B. T., Huda, M., Siswoyo, S. (2018). Perencanaan ulang struktur jembatan sembayat ii gresik menggunakan balok induk beton prategang «V» pada bentang KE-3. *Axial: Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Konstruksi*, 6 (1), 33. <https://doi.org/10.30742/axial.v6i1.473>
3. Marga, D. B. (2023). *Jumlah Jembatan Nasional.* Jakarta.
4. Setiadi, M. R., Agustine, D., Abdillah, H. (2021). Pengujian Kayu Balsa Untuk Struktur Jembatan. *Jurnal Ilmiah Fakultas Teknik*, 2 (1), 14–21.
5. Suryoatmono, B. (2013). *Kayu Rekayasa Sebagai Masa Depan Struktur Kayu Indonesia.* In the 2nd Indonesian Structural Engineering And Materials Symposium. Bandung: Jurusan Teknik Sipil Universitas Parahyangan.
6. Departemen Pekerjaan Umum, *Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia (PPKI) (1961).* Bandung: DITJEN Cipta Karya.
7. Tjondro, J. A., Fachmi (2009). Kuat Lentur Balok Penampang Tersusun Box dari Papan Kayu Sengon. In *Simposium Nasional Peningkatan Peran FTHH dalam Penelitian dan Pengembangan IPTEK untuk Menunjang Revitalisasi Hasil Hutan Indonesia.* Bogor.
8. Development and evaluation of composite materials (1965). *Wear*, 8 (4), 324. [https://doi.org/10.1016/0043-1648\(65\)90045-1](https://doi.org/10.1016/0043-1648(65)90045-1)
9. Karyadi, Dewi, S. M., Soehardjono, A. (2013). Experimental Investigation on Characteristics of Mechanics of Box-Section Beam Made Of Sliced-Laminated Dendrocalamus Asper under Torsion. *International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA)*, 3 (4), 2614–2619. <https://www.researchgate.net/publication/320707368>
10. Karyadi, Susanto, P. B. (2017). Mechanical characteristics of box-section beam made of sliced-laminated Asian bamboo (*Dendrocalamus asper*) in bending failure mode under transversal load. *AIP Conference Proceedings*. <https://doi.org/10.1063/1.5003545>
11. Wijaya, H. S., Erizaldy, A. (2020). Kajian Desain Jembatan Sederhana Tipe Hollow Section Truss (HST) dari Material Kayu Kamper. *Jurnal Fondasi*, 9 (2), 215. <https://doi.org/10.36055/jft.v9i2.8522>

12. Ammayappan, L. (2013). Application of enzyme on woolen products for its value addition: An overview. *Journal of Textile and Apparel, Technology and Management*, 8 (3).
13. Zhang, G., Liu, Y., Liu, J., Lan, S., Yang, J. (2022). Causes and statistical characteristics of bridge failures: A review. *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*, 9 (3), 388–406. <https://doi.org/10.1016/j.jtte.2021.12.003>
14. Lehmann, S. (2013). Low carbon construction systems using prefabricated engineered solid wood panels for urban infill to significantly reduce greenhouse gas emissions. *Sustainable Cities and Society*, 6, 57–67. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2012.08.004>
15. Spesifikasi desain untuk konstruksi kayu SNI 7973-2013. Available at: <https://wiryanto.blog/wp-content/uploads/2017/09/sni-7973-2013-spesifikasi-disain-untuk-konstruksi-kayu-v-3-0.pdf>
16. Wijaya, H. S., Oktaviastuti, B. (2017). Perbandingan kekakuan puntir (torsional stiffness) antara balok kayu kamper berpenampang hollow (box beam) dan solid. *Jurnal Reka Buana*, 2 (2). Available at: <https://jurnal.unitri.ac.id/index.php/rekabuana/article/view/730>
17. Wijaya, H. S., Oktaviastuti, B. (2018). Perbandingan Tegangan Aksial Antara Jembatan Rangka Kayu Box Beam Section dan Konvensional Dari Kayu Kamper. *Pros. Semin. Nas. Teknol. Ind. Lingkungan dan Infrastruktur (SENTIKUIN)*. Available at: <https://pro.unitri.ac.id/index.php/sentikuin/article/view/44>
18. Taghiyari, H. R., Ghofrani, M., Ghamsari, F. A. (2017). Effects of adhesive and loading directions on the load-carrying capacity of V-nails. *Maderas. Ciencia y Tecnología*, ahead. <https://doi.org/10.4067/s0718-221x2017005000010>
19. Fernandes, C., Gaspar, M., Pires, J., Alves, A., Simões, R., Rodrigues, J. et al. (2017). Physical, chemical and mechanical properties of *Pinus sylvestris* wood at five sites in Portugal. *IForest – Biogeosciences and Forestry*, 10 (4), 669–679. <https://doi.org/10.3832/ifer2254-010>
20. Kaya, T. G., Karagüler, M. E. (2017). The Effect of Relative Humidity and Moisture to the Durability of Spruce and Laminated Timber. *A/Z: ITU Journal of Faculty of Architecture*, 14 (1), 103–110. <https://doi.org/10.5505/itujfa.2017.18480>
21. Shanmugam, N. E., Liew, J. Y. R., Lee, S. L. (1989). Thin-Walled Steel Box Columns under Biaxial Loading. *Journal of Structural Engineering*, 115 (11), 2706–2726. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)0733-9445\(1989\)115:11\(2706\)](https://doi.org/10.1061/(asce)0733-9445(1989)115:11(2706))
22. Sharma, I., Singh, G. J. (2022). Effect of Outstanding Flanges on Stress Concentration in Box Beam. *Civil Engineering and Architecture*, 10 (7), 3071–3082. <https://doi.org/10.13189/cea.2022.100720>
23. Dupen, B. (2016). *Applied Strength of Materials for Engineering Technology*. Purdue Univ. Available at: <https://core.ac.uk/download/pdf/47233878.pdf>
24. Alhawamdeh, M., Alajarmeh, O., Aravinthan, T., Shelley, T., Schubel, P., Mohammed, A., Zeng, X. (2021). Review on Local Buckling of Hollow Box FRP Profiles in Civil Structural Applications. *Polymers*, 13 (23), 4159. <https://doi.org/10.3390/polym13234159>
25. Erdal, F., Saka, M. P. (2013). Ultimate load carrying capacity of optimally designed steel cellular beams. *Journal of Constructional Steel Research*, 80, 355–368. <https://doi.org/10.1016/j.jcsr.2012.10.007>
26. Calderoni, C., De Matteis, G., Giubileo, C., Mazzolani, F. M. (2006). Flexural and shear behaviour of ancient wooden beams: Experimental and theoretical evaluation. *Engineering Structures*, 28 (5), 729–744. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2005.09.027>
27. Wasef, S., Wood, R., El Merghani, S., Ikram, S., Curtis, C., Holland, B. et al. (2015). Radiocarbon dating of Sacred Ibis mummies from ancient Egypt. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 4, 355–361. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2015.09.020>
28. Zhou, Y., Yan, W. (2015). Conservation and applications of camphor tree (*Cinnamomum camphora*) in China: ethnobotany and genetic resources. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 63 (6), 1049–1061. <https://doi.org/10.1007/s10722-015-0300-0>
29. Supriyadi, B., Muntohar, A. S. (2007). *Jembatan*. Yogyakarta: Beta Offset.
30. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan (P3HH). *Petunjuk Praktis Sifat-Sifat Dasar Jenis Kayu Indonesia: A Handbook of Selected Indonesian Wood Species*. Indonesia: PT. Pusaka Semesta Persada. Available at: [http://www.itto.int/files/user/pdf/publications/PD%20286%2004/pd286-04-6%20rev1\(1\)%20i.pdf](http://www.itto.int/files/user/pdf/publications/PD%20286%2004/pd286-04-6%20rev1(1)%20i.pdf)
31. Kusnandar, A. (2005). Karakteristik Mekanik Kayu Kamper Sebagai Bahan Konstruksi. *J. Mektek*, 7 (1), 41–47.
32. Oka, G. (2009). Analisis rasio antara lebar dan tinggi balok terhadap perilaku lentur kayu kamper. *Smartek*, 7 (1), 24–31.
33. Widayawati, R. (2009). Perbandingan Kekuatan Butt Joint dan Scraft Joint pada Kayu dengan Alat Sambung Perekat. *Rekayasa*, 13 (1), 77–87. Available at: <https://media.neliti.com/media/publications/140086-ID-perbandingan-kekuatan-butt-joint-dan-sca.pdf>
34. Kirk, R. E., Othmer, D. F., Newburger, S. H. (1953). *Encyclopedia of Chemical Technology*. *Journal of AOAC INTERNATIONAL*, 36 (4), 1190a–1191. <https://doi.org/10.1093/jaoac/36.4.1190a>
35. Lehringer, C., Gabriel, J. (2014). Review of Recent Research Activities on One-Component PUR-Adhesives for Engineered Wood Products. *Materials and Joints in Timber Structures*, 405–420. https://doi.org/10.1007/978-94-007-7811-5_37
36. Athariqa, D., Oktapia, S. M., Dermawan, D. (2022). Urea-Formaldehyd Konsentrat Sebagai Bahan Baku Resin Urea-Formaldehyd. *Jurnal Rekayasa Hijau*, 6 (1), 11–21. <https://doi.org/10.26760/jrh.v6i1.11-21>
37. Vargiu, S., Giovanni, S. S., Mazzoleni, G., Nistri, U. (1974). United States Pat. No. US3830783A. Process for the preparation of resins from urea, formaldehyde, methanol and formic acid using three stages. Available at: <https://patents.google.com/patent/US3830783A/ja>
38. John, C. W. (2014). *Research Design Pendekatan Kualitatif, Kuantitatif, dan Campuran*. Yogyakarta.
39. Sugiyono (2019). *Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung.
40. Chau, K. A. (2012). The Effect of The End-Joint Applications To The Bending Strength and Flexure Behaviour of The Glulam Beam. *INFRASTRUKTUR*, 2 (1), 26–35.
41. Koirala, R., Acharya, A., Chitrakar, S. (2021). Structural Optimization of Simple Span Bridge by Adding Truss Structure. *Kathmandu University Journal of Science, Engineering and Technology*, 15 (2). <https://doi.org/10.3126/kuset.v15i2.63366>
42. Stanković, T., Štorga, M., Marjanović, D. (2012). Synthesis of Truss Structure Designs by NSGA-II and NodeSort Algorithm. *Strojnikski Vestnik – Journal of Mechanical Engineering*, 58 (3), 203–212. <https://doi.org/10.5545/sv-jme.2011.042>
43. Standar Nasional Indonesia, Badan Standarisasi Nasional. Indonesia: Spesifikasi Desain Untuk Konstruksi Kayu.
44. Hirschmüller, S., Marte, R., Englberger, A. (2020). Applicability of finger jointing to circular laminated veneer hollow sections for temporary soil nailing. *European Journal of Wood and Wood Products*, 78 (5), 879–889. <https://doi.org/10.1007/s00107-020-01577-y>

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.306754

IDENTIFYING THE EFFECT OF SUBGRADE LAYER THICKNESS OF SOIL STABILIZED WITH WASTE FOUNDRY SAND AND FLY ASH ON BEARING CAPACITY (p. 27–36)

Anita Setyowati Srie Gunarti

Universitas Islam 45, Bekasi, Indonesia
Brawijaya University, Malang, Indonesia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0797-9330>

Yulvi Zaika

Brawijaya University, Malang, Indonesia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0258-345X>

As'ad Munawir

Brawijaya University, Malang, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0015-8011>

Eko Andi Suryo

Brawijaya University, Malang, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-6668-4907>

Harimurti

Brawijaya University, Malang, Indonesia
ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-4497-963X>

The issue of subgrade soil often involves unstable soil properties, such as low bearing capacity, susceptibility to expansion and shrinkage, and vulnerability to erosion and deformation due to traffic loads and weather conditions. Unstable subgrade soil can cause various infrastructure problems, including cracks, settlement, and damage to road surfaces. Therefore, stabilizing subgrade soil is an important step to ensure the reliability and longevity of highways. One effective and sustainable method for subgrade soil stabilization is by utilizing local waste materials. The use of local waste materials such as fly ash (FA) and waste foundry sand (WFS) not only improves the physical and mechanical properties of the soil but also helps reduce environmental impact by repurposing pollutants. This study aims to analyze the effect of the thickness of subgrade layers stabilized with FA and WFS on bearing capacity. The initial stage includes examining the physical and mechanical properties of natural soil and soil stabilized with FA and WFS. The waste content used is 9 % FA and 15 % WFS by dry weight of the soil. Subgrade modeling was conducted using a steel box measuring 60×60×60 cm with a soil thickness of 30 cm. Load testing was carried out on 5 layer variants that had undergone 4 days of curing. The study results found that the ultimate bearing capacity (q_{ult}) of 890 kPa was produced by the V4 layer, which is a subgrade with a 30 cm thick layer of soil stabilized with FA and WFS at a settlement of 6 mm. The bearing capacity ratio of 2.87 means that the subgrade with a 30 cm thick layer of soil stabilized with FA and WFS experienced an improvement in bearing capacity of 2.87 times that of the subgrade with untreated soil material. The results obtained can be applied in practice to the local geotechnical conditions of the project site in West Java, including natural soil properties and seasonal changes.

Keywords: subgrade, bearing capacity, stabilization, foundry sand, fly ash, plate load test, footing.

References

- Gupta, D., Kumar, A. (2017). Stabilized soil incorporating combinations of rice husk ash, pond ash and cement. *Geomechanics and Engineering*, 12 (1), 85–109. <https://doi.org/10.12989/gae.2017.12.1.085>
- Darmiyanti, L., Munawir, A., Rachmansyah, A., Zaika, Y., Andi Suryo, E. (2023). Identification of the influence of electrokinetic soil improvement on the microstructure, physical and mechanical properties of expansive soil. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (6 (126)), 41–50. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.290234>
- Zhang, Y., Sappinen, T., Korkiala-Tanttu, L., Vilenius, M., Juuti, E. (2021). Investigations into stabilized waste foundry sand for applications in pavement structures. *Resources, Conservation and Recycling*, 170, 105585. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105585>
- Sharma, A. K., Sivapullaiah, P. V. (2016). Ground granulated blast furnace slag amended fly ash as an expansive soil stabilizer. *Soils and Foundations*, 56 (2), 205–212. <https://doi.org/10.1016/j.sandf.2016.02.004>
- Mostafa, A. E. A., Eisa, M., Ibrahim, M. F. (2024). Effect of stabilizing subgrade layer using various additives on the flexible pavement design. *Innovative Infrastructure Solutions*, 9 (5). <https://doi.org/10.1007/s41062-024-01430-8>
- Ardah, A., Chen, Q., Abu-Farsakh, M. (2017). Evaluating the performance of very weak subgrade soils treated/stabilized with cementitious materials for sustainable pavements. *Transportation Geotechnics*, 11, 107–119. <https://doi.org/10.1016/j.trgeo.2017.05.002>
- Gunarti, A. S. S., Zaika, Y., Munawir, A., Suryo, E. A., Harimurti, H. (2023). Identifying the microstructure and mechanical properties of expansive soil stabilized using fly ash and waste foundry sand. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (6 (126)), 31–40. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.286991>
- Malik, Z. B., Alshameri, B., Jamil, S. M., Umar, D. (2021). Experimental and Numerical Modeling of Bearing Capacity of Foundations on Soft Clay Stabilized with Granular Material. *International Journal of Geosynthetics and Ground Engineering*, 7 (4). <https://doi.org/10.1007/s40891-021-00334-2>
- Sharma, R. K., Kumar, A. (2013). Compaction and Sub-grade Characteristics of Clayey Soil Mixed with Foundry Sand and Fly Ash. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, 2 (10), 1504–1509. Available at: <https://www.ijert.org/research/compaction-and-sub-grade-characteristics-of-clayey-soil-mixed-with-foundry-sand-and-fly-ash-IJERTV2IS100572.pdf>
- Zimar, Z., Robert, D., Zhou, A., Giustozzi, F., Setunge, S., Kodikara, J. (2022). Application of coal fly ash in pavement subgrade stabilisation: A review. *Journal of Environmental Management*, 312, 114926. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.114926>
- Kumar, A., Parihar, A. (2023). Experimental study on waste foundry sand as partial replacement of retaining wall backfill. *Construction and Building Materials*, 402, 132947. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.132947>
- Arora, S., Kumar, A. (2019). Bearing Capacity of Square Footing Resting on Fibre-Reinforced Pond Ash Overlying Soft Clay. *International Journal of Geosynthetics and Ground Engineering*, 5 (1). <https://doi.org/10.1007/s40891-019-0155-0>
- Obrzud, R. F., Truty, A. (2018). The hardening soil model – a practical guidebook. *Z_soil*. Available at: http://www.zsoil.com/zsoil_manual_2018/Rep-HS-model.pdf
- D 1194-94. Standard Test Method for Bearing Capacity of Soil for Static Load and Spread Footings. ASTM.
- Chen, Q. (2007). An experimental study on characteristics and behavior of reinforced soil foundation. https://doi.org/10.31390/gradschool_dissertations.3361
- Li, Y., Su, L., Ling, X., Wang, J., Yang, Y. (2018). Model Studies on Load-Settlement Characteristics of Coarse-Grained Soil Treated with Geofiber and Cement. *Polymers*, 10 (6), 621. <https://doi.org/10.3390/polym10060621>
- Waruwu, A., Paulus Dwi Surya Emili Yanto, Rika Deni Susanti, Syukurman Harefa (2022). Study bearing capacity of subgrade using combination bamboo grid and stabilized soil. *Journal of Infrastructure Planning and Engineering (JIPE)*, 1 (2), 87–92. <https://doi.org/10.22225/jipe.1.2.2022.87-92>
- Consoli, N. C., Rosa, A. D., Saldanha, R. B. (2011). Variables Governing Strength of Compacted Soil–Fly Ash–Lime Mixtures. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 23 (4), 432–440. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)mt.1943-5533.0000186](https://doi.org/10.1061/(asce)mt.1943-5533.0000186)
- Barman, D., Dash, S. K. (2022). Stabilization of expansive soils using chemical additives: A review. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, 14 (4), 1319–1342. <https://doi.org/10.1016/j.jrmge.2022.02.011>
- Dayioglu, M., Cetin, B., Nam, S. (2017). Stabilization of expansive Belle Fourche shale clay with different chemical additives. *Applied Clay Science*, 146, 56–69. <https://doi.org/10.1016/j.clay.2017.05.033>
- Sithole, N. T., Tsotetsi, N. T., Mashifana, T., Sillanpää, M. (2022). Alternative cleaner production of sustainable concrete from waste

- foundry sand and slag. *Journal of Cleaner Production*, 336, 130399. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.130399>
22. Kumar, P., Paliwal, M. C., Jain, A. K. (2016). Stabilization Of Sub Grade Soil By Using Foundry Sand Waste. *International journal of engineering sciences & research technology*, 5 (9). <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.154193>
 23. Bose, B. (2012). Geo-engineering properties of expansive soil stabilized with fly ash. *Electronic Journal of Geotechnical Engineering*, 17 (1), 1339–1353.
 24. Gunarti, A. S. S., Zaika, Y., Kuntoro, S. A., Munawir, A., Suryo, E. A., Harimurti (2024). Improvement of the Bearing Capacity and Swelling of Ciampel Expansive Soil using Waste Foundry Sand. *E3S Web of Conferences*, 500, 03001. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202450003001>
 25. Consoli, N. C., Rosa, F. D., Fonini, A. (2009). Plate Load Tests on Cemented Soil Layers Overlaying Weaker Soil. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 135 (12), 1846–1856. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)gt.1943-5606.0000158](https://doi.org/10.1061/(asce)gt.1943-5606.0000158)
 26. Abhiram, K., Kumar, M. H. (2020). Ultimate Bearing Capacity of Stabilized Soil in Pavements. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, 9 (5), 2349–2351. <https://doi.org/10.35940/ijitee.d1807.039520>
 27. Umum, K. P., Marga, D. J. B. (2013). *Manual Desain Perkerasan Jalan*. Jakarta: Binamarga.

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.308195
DESIGNING A HELICAL KNIFE FOR A SHREDDING DRUM USING A SWEEP SURFACE (p. 37–44)

Serhii Pylypaka

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

Vyacheslav Hropost

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9363-3955>

Viktor Nesvidomin

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1495-1718>

Tetiana Volina

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

Mykhailo Kalenyk

Sumy State Pedagogical University named after A. S. Makarenko, Sumy, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7416-4233>

Mykola Volokha

National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0112-7324>

Olha Zalevska

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

Ivan Shuliak

National Transport University, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0609-731X>

Serhii Dieniezhnikov

Sumy State Pedagogical University named after A. S. Makarenko, Sumy, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3289-8399>

Svetlana Motsak

Sumy State Pedagogical University named after A. S. Makarenko, Sumy, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3941-9143>

The object of this paper is a helical blade in a shredding drum from a sweep surface. Such drums are used in harvesters for crushing plant mass. If the flat blades are installed on the drum, cutting of the plant mass occurs simultaneously along the entire length of the blade. This could cause a pulsating dynamic load. If a flat knife with a straight blade is installed at an angle to the axis of the drum, then the distances from it to the points of the blade will be different, as well as the cutting conditions along the blade. The elliptical shape enables the same distance from the axis of rotation to the points of the blade, but this does not solve the problem. Many short flat knives with a straight blade can be mounted on the drum, placing them in such a way that the time between the individual knives is minimized. However, all these disadvantages can be eliminated by a helical knife with a blade in the form of a helical line.

The design of a helical knife from an unfolding helicoid has been considered. In differential geometry, the bending of unfolded surfaces of zero thickness is considered. Bending of the workpiece into a finished product occurs with minimal plastic deformations, the magnitude of which depends on the thickness of the workpiece sheet. The methods of differential geometry of unfolding surfaces were applied to the analytical description of the surface of the helical knife.

The parametric equations of the unfolding helicoid were derived according to the given structural parameters of the knife in space and on the plane. That has made it possible to mathematically describe the contour lines that cut the knife from the surface and on its sweep. Formulae for calculating a flat workpiece through the structural parameters of the knife have been derived. Thus, with the specified structural parameters of the knife $R=0.25$ m, $\tau=20^\circ$, $\varphi=65^\circ$, according to the resulting formula, we find the radius of the knife blade on a flat workpiece: $R_0=4.8$ m.

Keywords: unfolding helicoid, flat workpiece, return edge, helical knife, shredding drum.

References

1. Tian, F., Xia, K., Wang, J., Song, Z., Yan, Y., Li, F., Wang, F. (2021). Design and experiment of self-propelled straw forage crop harvester. *Advances in Mechanical Engineering*, 13 (7), 168781402110244. <https://doi.org/10.1177/16878140211024455>
2. Derevyanko, D. A., Polishchuk, V. M., Chichilyuk, S. B., Derevyanko, A. D. (2020). Substantiation of effect of ladle conveyors on injury and quality of seeds of cereals. *Machinery & Energetics*, 11 (1), 163–169. Available at: https://technicalscience.com.ua/web/uploads/pdf/Machinery%20%20Energetics_Vol.%2011,%20No.%201_163_169.pdf
3. Buslaiev, D. O., Vasylenko, M. O. (2020). Traction resistance of cultivator paws with surface hardening during operation of tillage machines. *Machinery & Energetics*, 11 (1), 177–182. Available at: <https://technicalscience.com.ua/uk/journals/t-11-1-2020/tyagoviy-opir-kultivatornikh-lap-z-povyerkhnyevim-zmitsnyennyam-pri-yekspluatatsiyi-gruntoobrobnykh-mashin>
4. Mudarisov, S. G., Gabitov, I. I., Lobachevsky, Y. P., Mazitov, N. K., Rakhimov, R. S., Khamaletdinov, R. R. et al. (2019). Modeling the technological process of tillage. *Soil and Tillage Research*, 190, 70–77. <https://doi.org/10.1016/j.still.2018.12.004>
5. Morris, N. L., Miller, P. C. H., Orson, J. H., Froud-Williams, R. J. (2010). The adoption of non-inversion tillage systems in the United Kingdom and the agronomic impact on soil, crops and the environment – A review. *Soil and Tillage Research*, 108 (1-2), 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.still.2010.03.004>

6. Tesliuk, H., Volik, B., Sokol, S., Ponomarenko, N. (2019). Design of working bodies for tillage tools using the methods of bionics. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (1 (99)), 49–54. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.169156>
7. Kobets, A., Aliiev, E., Tesliuk, H., Aliieva, O. (2023). Simulation of the process of interaction of the working bodies of tillage machines with the soil in Simcenter STAR-CCM+. *Machinery & Energetics*, 14 (1). <https://doi.org/10.31548/machinery/1.2023.09>
8. Kobets, A. S., Pugach, A. M., Kharytonov, M. M. (2018). Justification of the cultivator sweep and strengthening elements on the working surface. *INMATEH – Agricultural Engineering*, 54 (1), 161–170. Available at: <https://dspace.dsau.dp.ua/bitstream/123456789/726/1/1.pdf>
9. Klendii, M., Klendii, M. I., Shatrov, R. V. (2020). Research of influence of constructive and technological parameters of developed variants of screws with screw working bodies rabbit. *Machinery & Energetics*, 11 (4), 65–71. <https://doi.org/10.31548/machenergy2020.04.065>
10. Chvartatskiy, I., Flonts, I., Grabar, A., Shatrov, R. (2021). Synthesis of energy-saving transport-technological systems with screw working bodies. *Machinery & Energetics*, 12 (4), 77–84. <https://doi.org/10.31548/machenergy2021.04.077>
11. Kresan, T. A. (2020). Calculation of gravitation descent formed by surface of skew closed helicoid. *Machinery & Energetics*, 11 (2), 49–57. Available at: https://technicalscience.com.ua/web/uploads/pdf/Machinery%20&%20Energetics_Vol.%2011,%20No.%202_49-57.pdf
12. Kresan, T. (2021). Movement of soil particles on surface of developable helicoid with horizontal axis of rotation with given angle of attack. *Machinery & Energetics*, 12 (2), 67–75. <https://doi.org/10.31548/machenergy2021.02.067>
13. Pylypaka, S., Klendii, M., Kresan, T. (2022). Study of the movement of soil particles on the surface of a screw tillage working body. *Machinery & Energetics*, 13 (2), 62–72. [https://doi.org/10.31548/machenergy.13\(2\).2022.62-72](https://doi.org/10.31548/machenergy.13(2).2022.62-72)
14. Paladiychuk, Yu. B., Melnik, Ju. M. (2021). Restoration resource of working bodies of soil treatment machines by applying wear-resistant coatings. *Machinery & Energetics*, 12 (4), 43–52. <https://doi.org/10.31548/machenergy2021.04.043>
15. Borak, K. V. (2020). Influence of degree of abrasive particle clinging to wear mechanism of soil-cultivating machines operational mechanisms. *Machinery & Energetics*, 11 (2), 35–40. Available at: <https://technicalscience.com.ua/uk/journals/t-11-2-2020/vpliv-stupyenyazakriplyennya-abrazivnoyi-chastinki-na-myekhanizm-znoshuvannya-robochikh-organiv-gruntoobrobnykh-mashin>
16. Tan, C. M., Lin, G. Y. (2016). An Innovative Compression Mold Design for Manufacture of Reel Mower Helical Blades. *Applied Mechanics and Materials*, 851, 255–258. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amm.851.255>
17. Li, Z. F., Jiang, L. Q. (2013). Design of Combined Helical Blade Manufacturing Device. *Advanced Materials Research*, 753-755, 1386–1390. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amr.753-755.1386>

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.309756

SUBSTANTIATING THE STRUCTURAL AND TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF TILLAGE ROTARY X-LIKE WORKING BODIES (p. 45–53)

Igor Shevchenko

Institute of Oilseeds of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Solnechnoye vill., Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4191-4146>

Gennadii Golub

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2388-0405>

Nataliya Tsyvenkova

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine
 The Institute of Renewable Energy of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1703-4306>

Iryna Shevchenko

Zaporizhzhia National University, Zaporizhia, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1207-8641>

Liudmyla Titova

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7313-1253>

Ivan Omarov

The Institute of Renewable Energy of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9449-853X>

Olena Sukmaniuk

Polissia National University, Zhytomyr, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2485-488X>

Volodymyr Kulykivskiy

Polissia National University, Zhytomyr, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4652-0285>

Viktor Borovskiy

Polissia National University, Zhytomyr, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1759-8155>

Maksym Zayets

Polissia National University, Zhytomyr, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2290-1892>

The object of this study is the process of grinding and crumbling the surface layer of the soil with turf of winter crops by X-shaped working bodies. It has been established that the use of a grinding group based on X-shaped rotary working bodies as part of combined tillage tools makes it possible to preliminary loosen the surface layer of heavy soils (overdried or overmoistened). It was established that the optimal values of the parameters of the section of the X-shaped rotary working bodies for the quality of loosening the soil in a layer of 0–10 cm at a depth of cultivation of 14±2 cm depend on the speed of the unit. Thus, at a speed of movement of the unit of 2 m/s, the optimal value of the diameter of the rotor blade is 335.9 mm, the distance between the axes of the rotor batteries is 316.4 mm, and the distance between the rotor blades in the battery is 195.6 mm. At a unit movement speed of 2.5 m/s, the optimal values of these parameters are 331.2, 325.7, and 211.3 mm, respectively, and at a unit movement speed of 3 m/s – 330.1, 346.8, and 106.1 mm. It was also established that the stability of the movement of the X-shaped working bodies according to the root mean square deviation of the working depth increases with the increase in the speed of the unit. Thus, at a unit movement speed of 2.5 m/s, the root mean square deviation of the soil tillage depth is 1.21 cm, at a unit movement speed of 3 m/s – 1.07 cm, and at a unit movement speed of 3.5 m/s – 0.63 cm. It was also established that the stability of the movement of the working bodies according to the depth of cultivation decreases with an increase in the speed of movement of the unit. Thus, at a movement speed of the unit of 2.5 m/s, the average soil tillage depth is set at the level of 13.1 cm, at a movement speed of the unit of 3 m/s – 12.6 cm, and at a movement speed of the unit of 3.5 m/s – at the level of 11.9 cm.

Keywords: surface tillage, X-shaped rotary working bodies, soil loosening quality.

References

- Palsaniya, D. R., Kumar, T. K., Chaudhary, M., Choudhary, M., Govindasamy, P., Prasad, M., Srinivasan, R. (2024). Tillage and mulching influence weed community dynamics and crop productivity of Sesbania alley-based food-fodder systems in rainfed agro-ecosystems. *Field Crops Research*, 314, 109411. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2024.109411>
- Yazıcı, A. (2024). Wear on steel tillage tools: A review of material, soil and dynamic conditions. *Soil and Tillage Research*, 242, 106161. <https://doi.org/10.1016/j.still.2024.106161>
- Mahore, V., Soni, P., Paul, A., Patidar, P., Machavaram, R. (2024). Machine learning-based draft prediction for mouldboard ploughing in sandy clay loam soil. *Journal of Terramechanics*, 111, 31–40. <https://doi.org/10.1016/j.jterra.2023.09.002>
- Getahun, G. T., Kätterer, T., Munkholm, L. J., Rychel, K., Kirchmann, H. (2022). Effects of loosening combined with straw incorporation into the upper subsoil on soil properties and crop yield in a three-year field experiment. *Soil and Tillage Research*, 223, 105466. <https://doi.org/10.1016/j.still.2022.105466>
- Agriculture » Tillage Equipment » Finland. Machinio Corp. Available at: <https://www.machinio.com/tillage/finland>
- Balsari, P., Biglia, A., Comba, L., Sacco, D., Eloi Alcatrão, L., Varani, M. et al. (2021). Performance analysis of a tractor - power harrow system under different working conditions. *Biosystems Engineering*, 202, 28–41. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2020.11.009>
- Celik, A., Altikat, S. (2022). The effect of power harrow on the wheat residue cover and residue incorporation into the tilled soil layer. *Soil and Tillage Research*, 215, 105202. <https://doi.org/10.1016/j.still.2021.105202>
- Shevchenko, I. A. (2021). Agrotechnological fundamentals of creation tillage equipment. *Scientific and Technical Bulletin of the Institute of Oilseed Crops NAAS*, 31, 152–158. <https://doi.org/10.36710/ioc-2021-31-14>
- Lemken. The Agrovision Company. Available at: <https://lemken.com/en-en/>
- Rastra no dirigida Hankmo. Available at: <https://www.agriexpo.online/es/prod/zinger-mechanisatie-bv-zibo-holland/product-170701-25932.html>
- Starmixer HANKMO. Available at: <https://www.agriexpo.online/tab/starmixer-hankmo.html?suggest=7462372f6e424b70687230583657786234544e337346484a42796271626865426e66694f-374264516c726f3d>
- Kongskilde Tillage OE. Available at: <https://dineris.com.ua/sklad/category/view/60259>
- Karayel, D., Šarauskis, E. (2024). Influence of tillage methods and soil crust breakers on cotton seedling emergence in silty-loam soil. *Soil and Tillage Research*, 239, 106054. <https://doi.org/10.1016/j.still.2024.106054>
- Matin, Md. A., Fielke, J. M., Desbiolles, J. M. A. (2014). Furrow parameters in rotary strip-tillage: Effect of blade geometry and rotary speed. *Biosystems Engineering*, 118, 7–15. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2013.10.015>
- Mudarisov, S. G., Gabitov, I. I., Lobachevsky, Y. P., Mazitov, N. K., Rakhimov, R. S., Khamaletdinov, R. R. et al. (2019). Modeling the technological process of tillage. *Soil and Tillage Research*, 190, 70–77. <https://doi.org/10.1016/j.still.2018.12.004>
- Syromyatnikov, Y. N., Orekhovskaya, A. A., Dzashev, A.-M. S., Kalimullin, M. N., Tikhonov, E. A., Luchinovich, A. A., Bilykh, A. V. (2021). Cultivator points of the rotary tillage loosening and separating machine of the stratifier. *Journal of Physics: Conference Series*, 2094 (4), 042024. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2094/4/042024>
- Kumar, S. P., Tewari, V. K., Chandel, A. K., Mehta, C. R., Pareek, C. M., Chethan, C. R., Nare, B. (2023). Modelling Specific Energy Requirement for a Power-Operated Vertical Axis Rotor Type Intra-Row Weeding Tool Using Artificial Neural Network. *Applied Sciences*, 13 (18), 10084. <https://doi.org/10.3390/app131810084>
- Usaborisut, P., Prasertkan, K. (2018). Performance of combined tillage tool operating under four different linkage configurations. *Soil and Tillage Research*, 183, 109–114. <https://doi.org/10.1016/j.still.2018.06.004>
- Usaborisut, P., Prasertkan, K. (2019). Specific energy requirements and soil pulverization of a combined tillage implement. *Heliyon*, 5 (11), e02757. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02757>
- Hankmo Rotary Harrows. Available at: <http://www.tume.pl/uploads/pdf/Hankmo-2011-eng.pdf>
- Osnovy naukovykh doslidzhen i teoriya eksperymentu (2023). Ternopil: FOP Palianytsia V.A., 186. Available at: <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/40843>

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.309869

DETERMINING PATTERNS IN THE SEPARATION OF HEMP SEED HULLS (p. 54–68)

Viktor Sheichenko

Poltava State Agrarian University, Poltava, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2751-6181>

Dmytro Petrachenko

Separate Structural Subdivision «Hlukhiv Agrotechnical Professional College of SNAU», Hlukhiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1347-9562>

Ivan Rogovskii

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6957-1616>

Igor Dudnikov

Poltava State Agrarian University, Poltava, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5957-7555>

Vitaliy Shevchuk

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

Denys Sheichenko

Poltava State Agrarian University, Poltava, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-0427-479X>

Oleksiy Derkach

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6881-3521>

Ruslan Shatrov

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3596-0146>

The subject of this study is the technological processes of separation, the hull of industrial hemp seeds, an aspiration column, and whole kernels.

The problem solved was determining the technical and technological solutions that could enable the intensification of production processes for separating industrial hemp seeds.

The separation of hemp seed hull by linear dimensions on sieves with round and elongated holes has been investigated.

It was found that the percentage of seed hulls retained by sieves with circular holes was 25.98 % for Ø3.5 mm, 23.59 % for Ø3.0 mm, and 40.28 % for Ø2.0 mm, respectively. Sieves Ø3.5 mm and Ø2.0 mm made it possible to obtain seed hulls fractions with two components conditionally different in the «mass-size» ratio.

Using sieves with elongated holes enabled obtaining fractions consisting of at least three components. Sieves with elongated working holes of 3.0×20 mm, due to their low ability (1.76 %) to retain hemp seed hull components, were ineffective.

The clogging levels of kernels in seed hulls, separated by linear dimensions on combined sieves with round and elongated holes, were as follows: separation option No. 1 – 48.70 %, option No. 2 – 45.74 %, option No. 3 – 60.25 %, option No. 4 – 49.32 %, respectively.

It was established that the use of an aspiration column made it possible to remove up to 32.1 % of clogging in the form of a light fraction. The application of the aspiration column reduced the content of seed coating in separation option No. 1 by 3.0–5.7 times, option No. 2 by 1.35–3.7 times, option No. 3 by 1.9–11.2 times, and option No. 4 by 1.5–4.8 times, respectively.

The quantitative and component composition of seed hulls fractions obtained under conditions of using an aspiration column with set rational values of the air damper opening angle $\alpha=53^\circ$ and the vertical tilt angle of the air channel $\beta=6^\circ$, was as follows: Stage I – «heavy» fraction – 51.78 %, 27.56 % – waste, up to 20 % – «light» fraction of Stages II and III.

Keywords: hemp seeds, seed hulling, seed kernel, seed hulls separation, division by size, cleaning, aspiration column.

References

- Schultz, C. J., Lim, W. L., Khor, S. F., Neumann, K. A., Schulz, J. M., Ansari, O. et al. (2020). Consumer and health-related traits of seed from selected commercial and breeding lines of industrial hemp, *Cannabis sativa* L. *Journal of Agriculture and Food Research*, 2, 100025. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2020.100025>
- Alonso-Esteban, J. I., Pinela, J., Ćirić, A., Calhelha, R. C., Soković, M., Ferreira, I. C. F. R. et al. (2022). Chemical composition and biological activities of whole and dehulled hemp (*Cannabis sativa* L.) seeds. *Food Chemistry*, 374, 131754. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131754>
- Sheichenko, V., Petrachenko, D., Koropchenko, S., Rogovskii, I., Gorbenco, O., Volianskyi, M., Sheichenko, D. (2024). Substantiating the rational parameters and operation modes for the hemp seed centrifugal dehuller. *Engineering Technological Systems*, 2 (1 (128)), 34–48. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.300174>
- Kiurchev, S., Kolodiy, O., Burdin, V. (2018). Analysis of pneumoseparators. *Proceedings of the Tavria State agrotechnological university*, 18 (2), 83–98. Available at: <https://oj.tsatu.edu.ua/index.php/pratsi/article/view/60/57>
- Aliev, E. B., Yaropud, V. M., Dudin, V. Yr., Pryshliak, V. M., Pryshliak, N. V., Ivlev, V. V. (2018). Research on sunflower seeds separation by airflow. *INMATEH Agricultural Engineering*, 56 (3), 119–128. Available at: <https://inmateh.eu/volumes/pdfs/27.pdf>
- Petrachenko, D. O., Dudukova, S. V. (2023). Review of physical-mechanical characteristics of industrial hemp seeds in terms of processing. *Scientific Notes of Taurida National V.I. Vernadsky University. Series: Technical Sciences*, 34 (73 (3)), 105–109. <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2023.3.2/18>
- Kyurchev, S. V. (2018). Methods of investigation of influence of humidity family of summer on rational speed of air flow in pneumogravitation separator. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*, 9 (2), 139–141. Available at: <https://dglb.nubip.edu.ua/server/api/core/bitstreams/531fdb7-38cb-43d2-b187-78567a959a40/content>
- Aliiev, E., Lupko, C. (2020). Morphological Characteristics and Physical & Mechanical Properties of seeds of small-seeded crops. *National Interagency Scientific and Technical Collection of Works. Design, Production and Exploitation of Agricultural Machines*, 50, 27–35. <https://doi.org/10.32515/2414-3820.2020.50.27-35>
- Fadieiev, L. (2021). Pofraktsiynist – oboviazkova skladova pry ochyshchenni zerna ta vyrobnytsvtvi nasinnia. *AgroONE*, 70. Available at: <https://www.agroone.info/publication/pofraktsiynist-obov-jazkova-skladova-pri-ochyshchenni-zerna-ta-virobnyctvi-nasinnja/>
- Aliiev, E., Chebotarev, V. (2018). Rational precision technological line of separation processes of seed sunflower material. *Naukovo-tekhnichnyi biuleten Instytutu oliynykh kultur NAAN*, 25, 155–160. Available at: http://aliev.in.ua/doc/stat/2018/stat_21.pdf
- Bredykhin, V. V. (2017). *Teoretychni osnovy vibropnevmovidstetrovoho rozdilennia nasinnievnykh materialiv za hustynoiu nasinnia*. Kharkiv, 81.
- Tishchenko, L., Kharchenko, S., Kharchenko, E., Bredykhin, V., Tsurkan, O. (2016). Identification of a mixture of grain particle velocity through the holes of the vibrating sieves grain separators. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (7 (80)), 63–69. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.65920>
- Rezuev, S. B., Bakaev, I. V., Rezuev, V. S. (2011). *Separatory dlya zerna. Sovremennoe sostoyanie i tendentsii razvitiya*. *Hranenie i pererabotka zerna*, 9, 36–41.
- Olkhovskiy, V., Dudarev, I. (2021). Separation methods and separators of grain mass. *Agricultural Machines*, 47, 102–112. <https://doi.org/10.36910/acm.vi47.655>
- Datsyshyn, O. V., Tkachuk, A. I., Hvozdev O. V. et al. (2008). *Tekhnolohichne obladnannya zernopererobnykh ta oliynykh vyrobnytsvtv*. Vinnytsia: Nova Knyha, 488. Available at: <http://www.tsatu.edu.ua/ophv/wp-content/uploads/sites/13/O.V.-Дацишин-Технологічне-обладнання-зернопереробних-та-олійних-виробництв.pdf>
- Paun, A., Stroescu, Gh., Zaica, Al., Stefan, V., Olan, M., Yasbeck Khozamy, S. (2021). Obtaining «Organic Seeds» of Vegetable and Industrial Plants Using the Aerodynamic Properties of the Seeds. *INMATEH Agricultural Engineering*, 63 (1), 355–364. <https://doi.org/10.35633/inmateh-63-36>
- Stroescu, G., Paun, A., Voicea, I., Persu, C., Matache, A., Bunduchi, G. (2020). Influence of moisture content on aerodynamic properties of agricultural products in separation of impurities process. *19th International Scientific Conference Engineering for Rural Development Proceedings*. <https://doi.org/10.22616/erdev.2020.19.tf315>
- Rogovskii, I., Titova, L., Trokhaniak, V., Trokhaniak, O., Stepanenko, S. (2019). Experimental Study in a Pneumatic Microbioculture Separator with Apparatus Camera. *Series II – Forestry • Wood Industry • Agricultural Food Engineering*, 12 (61 (1)), 117–128. <https://doi.org/10.31926/but.fwiafe.2019.12.61.1.10>
- Lazykyn, V., Burkov, A., Glushkov, A., Mokiyeu, V. (2021). Defining key design parameters for separation chamber of fractioning pneumatic seed separator. *20th International Scientific Conference Engineering for Rural Development Proceedings*. <https://doi.org/10.22616/erdev.2021.20.tf037>
- Choszcz, D. J., Reszczyński, P. S., Kolankowska, E., Konopka, S., Lipiński, A. (2020). The Effect of Selected Factors on Separation Efficiency in a Pneumatic Conical Separator. *Sustainability*, 12 (7), 3051. <https://doi.org/10.3390/su12073051>
- Găgeanu, I., Gheorghe, G., Persu, C., Vlăduț, N.-V., Cujbescu, D., Matache, M. G. et al. (2023). Contributions to the Process of Calibrating Corn Seeds Using a Calibrator with Cylindrical Sieves. *Applied Sciences*, 13 (17), 9927. <https://doi.org/10.3390/app13179927>
- Bondarenko, L., Halko, S., Matsulevych, O., Tetervak, I., Vershkov, O., Miroshnyk, O. et al. (2022). Experimental Research on Unit Operation for Fruit Crops' Bones Calibration. *Applied Sciences*, 13 (1), 21. <https://doi.org/10.3390/app13010021>
- Golovin, A. Y., Chupin, P. V., Soyunov, A. S., Prokopov, S. P., Abdylmanova, R. H. (2021). Comparative analysis of operation indicators of flat sieve vibrating in horizontal plane. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 659 (1), 012047. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/659/1/012047>

24. Stoica, D., Voicu, G., Popa, L., Constantin, G., Tudor, P. (2020). Assessment indices for the efficiency of the separation process on a sieve with conical separation surface. *INMATEH Agricultural Engineering*, 60 (1), 193–200. <https://doi.org/10.35633/inmateh-60-22>
25. Special Hull Separator. Available at: https://mehzavod.com.ua/en/catalog/mashina-semenoveechnaya/?sphrase_id=12530
26. Khailis, H. A., Konovaliuk, D. M. (1992). *Osnovy proektuvannia i doslidzhennia silskohospodarskykh mashyn*. Kyiv: NMK VO, 320.
27. Oseiko, M. I. (2006). *Tekhnolohiya roslynnykh oliy*. Kyiv: Varta, 280.
28. Montero, L., Ballesteros-Vivas, D., Gonzalez-Barrios, A. F., Sánchez-Camargo, A. del P. (2023). Hemp seeds: Nutritional value, associated bioactivities and the potential food applications in the Colombian context. *Frontiers in Nutrition*, 9. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.1039180>
29. Uzunlar, E. A., Kahveci, B. (2021). Nutritional Properties and Health Effects of Hemp Seed. *Res & Rev Health Care Open Acc J*, 7 (2). Available at: <https://lupinepublishers.com/research-and-reviews-journal/pdf/RRHOAJ.MS.ID.000258.pdf>
30. Saini, P., Panghal, A., Mittal, V., Gupta, R. (2021). Hempseed (*Cannabis sativa* L.) bulk mass modeling based on engineering properties. *Journal of Food Process Engineering*, 45 (1). <https://doi.org/10.1111/jfpe.13929>
31. Taheri-Garavand, A., Nassiri, A., Gharibzadeh, S. (2012). Physical and mechanical properties of hemp seed. *International Agrophysics*, 26 (2), 211–215. <https://doi.org/10.2478/v10247-012-0031-9>
32. Jian, F., Yavari, S., Narendran, R. B., Jayas, D. S. (2018). Physical Properties of Finola® Hemp Seeds: Clean and Containing Dockages. *Applied Engineering in Agriculture*, 34 (6), 1017–1026. <https://doi.org/10.13031/aea.12853>

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.310045
IDENTIFYING THE INFLUENCE OF THE PITCH OF HAMMERS WITH CUTTING EDGES ON THE AVERAGE LENGTH OF FEED CRUSHED IN HAMMER GRINDERS (p. 69–78)

Tokhtar Abilzhanuly

Scientific Production center of Agricultural Engineering, LTD,
 Almaty, Republic of Kazakhstan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9513-1702>

Ruslan Iskakov

S. Seifullin Kazakh Agro Technical Research University,
 Astana, Republic of Kazakhstan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5948-2636>

Daniyar Abilzhanov

Scientific Production center of Agricultural Engineering, LTD,
 Almaty, Republic of Kazakhstan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7930-0481>

Alexandr Gulyarenko

S. Seifullin Kazakh Agro Technical Research University,
 Astana, Republic of Kazakhstan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4562-367X>

Valery Khan

S. Seifullin Kazakh Agro Technical Research University,
 Astana, Republic of Kazakhstan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4198-2712>

The object of the research is to identify the influence of the pitch of the hammers with cutting edges on the determination of the average length of feed, crushed from by-product stem raw materials in hammer crushers. However, a problem was identified such as the lack of an analytical expression for determining the average length of chopped stem feed by a hammer grinder depending on the distance

between the edges of adjacent hammers. With a simultaneous change in the angles of the location of the stem with the maximum size in the layer and, using the methods of probability theory for determining the mathematical descriptions of the function of two arguments, in this study an analytical expression was obtained for determining the average length of particles crushed by hammer crushers depending on the distance between the faces of adjacent hammers. Hammers with cutting edges are used to crush feed from by-product stem raw materials. The end working part of the hammer is milled at an angle of 90°, i.e. two cutting edges are processed at the end of the hammer. As a result of the practical calculations, the average length of feed crushed from by-product stem raw materials was determined depending on the parameters of the hammer crusher. From the resulting graph of the influence of the distance between the faces of adjacent hammers on the average length of crushed particles, it is evident that when the distance between the faces of adjacent hammers changes, the average length of crushed particles varies within the range of 36.19...53.39 mm. To verify the reliability of the obtained expression, experiments were carried out on a crusher with a distance between the faces of adjacent hammers of 20 mm. In this case, the average length of the crushed particles was equal to 38.75 mm, and the theoretical value was 40.16 mm. The difference between them was 3.64 %, which proves the reliability of the obtained analytical expression. The conducted theoretical studies with the receipt of an analytical expression, ensuring the determination of the average length of feed, chopped from by-product stem raw materials, is the solution to an important problem in the development of theoretical foundations of chopping machines, significantly affecting the efficiency of mechanization and operation of feed choppers in practice.

Keywords: grinder, length of grinding, edges of adjacent hammers, angle of stem arrangement.

References

1. Iskakov, R., Sugirbay, A. (2023). Technologies for the Rational Use of Animal Waste: A Review. *Sustainability*, 15 (3), 2278. <https://doi.org/10.3390/su15032278>
2. Iskakov, R. M., Iskakova, A. M., Nurushev, M. Z., Khaimuldinova, A. K., Karbayev, N. K. (2021). Method for the Production of Fat from Raw Materials and Animal Waste. *Journal of Pure and Applied Microbiology*, 15 (2), 716–724. <https://doi.org/10.22207/jpam.15.2.23>
3. Jinxin, W., Zhiping, Z., Yuezheng, L., Xiaoyi, Z., Lixiang, Z. (2023). Reliability Analysis and Optimization of Forage Crushers Based on Bayesian Network. *International Journal of Performability Engineering*, 19 (10), 700. <https://doi.org/10.23940/ijpe.23.10.p7.700709>
4. Ding, L., Li, J., Kan, Z., Lei, S., Li, N., Ren, H. (2022). Wear Behavior between a Jujube Branch and a Hammer Claw of a Jujube Branch Crusher. *Applied Engineering in Agriculture*, 38 (5), 719–727. <https://doi.org/10.13031/aea.15004>
5. Mou, X., Wan, F., Wu, J., Luo, Q., Xin, S., Ma, G. et al. (2024). Simulation Analysis and Multiobjective Optimization of Pulverization Process of Seed-Used Watermelon Peel Pulverizer Based on EDEM. *Agriculture*, 14 (2), 308. <https://doi.org/10.3390/agriculture14020308>
6. Kuzmenko, V., Bratishko, V., Subota, S., Kholodiuk, O. (2023). Influence of moisture on particle size of plant raw materials after grinding. *22nd International Scientific Conference Engineering for Rural Development Proceedings*. <https://doi.org/10.22616/erdev.2023.22.tf122>
7. Sherov, K. T., Alikulov, D. E., Sikhimbayev, M. R., Sherov, A. K., Absadykov, B. N., Imanbaev, E. B., Gabdysalyk, R. (2021). The method of selecting the optimal layouts of the size limit deviations during assembly. *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of geology and technology sciences*, 1 (445), 144–150. <https://doi.org/10.32014/2021.2518-170x.20>

8. Zhang, J., Feng, B., Yu, X., Zhao, C., Li, H., Kan, Z. (2022). Experimental Study on the Crushing Properties of Corn Stalks in Square Bales. *Processes*, 10 (1), 168. <https://doi.org/10.3390/pr10010168>
9. Zhao, Y., Zhai, Z., Gao, B., Lan, Y. (2024). Numerical prediction and optimization of aerodynamic noise of straw crushers by considering the straw-crushing process. *Physics of Fluids*, 36 (4). <https://doi.org/10.1063/5.0204245>
10. Abilzhanuly, T. (2019). Method of Fineness Adjustment of Shredded Particles of Stem Fodder in Open-type Machines. *EurAsian Journal of BioSciences*, 13 (1), 625–631.
11. Shukhanov, S. N., Vasil'yev, N. F. (2011). Moderirovaniye protsessa razrusheniya zernovykh chastits na bezreshetchnom izmel'chitele. *Khraneniye i pererabotka sel'khozsyrya*, 2, 27–28.
12. Globin, A. N. (2017). Moderirovaniye protsessa dozirovannoy vydachy shtrafnykh stebel'nykh kormov. *Tekhnologii, sredstva mekhanizatsii i energeticheskoye oborudovaniye*, 1 (37), 5–15.
13. Abilzhanuly, T., Iskakov, R., Abilzhanov, D., Darkhan, O. (2023). Determination of the average size of preliminary grinded wet feed particles in hammer grinders. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (1 (121)), 34–43. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.268519>
14. Astanakulov, K., Karshiev, F., Gapparov, S., Khudaynazarov, D., Azizov, S. (2021). Mini crusher-shredder for farms. *E3S Web of Conferences*, 264, 04038. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202126404038>
15. Zhang, X., Gan, S., Zheng, K., Li, Y., Liang, D. (2015). Design and experiment on cut roll feeding type horizontal shaft flail machine for banana pseudostem crushing and returning. *Nongye Gongcheng Xuebao/Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 4, 33–41. <http://dx.doi.org/10.3969/j.issn.1002-6819.2015.04.005>
16. Revenko, I., Khmelovskiy, V., Revenko, Y., Rebenko, V., Potapova, S. (2023). Justification of parameters affecting increase of hammer crusher productivity. *22nd International Scientific Conference Engineering for Rural Development Proceedings*. <https://doi.org/10.22616/erdev.2023.22.tf142>
17. Maiviatov, F., Karshiev, F., Gapparov, S. (2021). Movement of crushed stem particles when they interact with hammers. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 868 (1), 012060. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/868/1/012060>
18. Graham, R. (2022). Designing a device to assist shredder hammer-grid bar clearance tuning. *Proceedings of the Australian Society of Sugar Cane Technologists*.
19. Ulanov, I. A. (1976). *Mashiny dlya izmel'cheniya kormov (teoriya i raschet)*. Saratov, 86.
20. Mamatov, F., Karshiev, F., Umirov, A., Gapparov, S., Shamayev, Y., Axmedova, D., Khodiboev, Y. (2024). Determination of grinding condition by grain elasticity and hammer width for sustainable feed production in livestock farming. *BIO Web of Conferences*, 105, 05008. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202410505008>
21. Venttsel', Ye. S. (2001). *Teoriya veroyatnostey*. Moscow: Vysshaya shkola, 575.
22. Aytbayev, M. M., Kurmanov, A. K. (2019). *Razrabotka i obosnovaniye konstruktivno-rezhimnykh parametrov drobilki termoobrabotannykh kormov*. Kostanay: Kostanayskiy sotsial'no-tekhnicheskii universitet, 104.

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.309759

DESIGN OF HYDRAULIC MOTORS WITH ROTARY SHAFT MOVEMENT FOR DRIVING WORKING EQUIPMENT IN MODERN MACHINES (p. 79–86)

Nikolaj Remarchuk

Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4003-5107>

Serhii Voronin

Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8443-3222>

Yaroslav Chmuzh

Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1680-0021>

Andrii Yevtushenko

Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8575-3030>

Oleg Halytskyi

Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9352-1352>

The object of research is the processes in hydraulic motors based on power cylinders, designed to drive the shaft of the working equipment in modern machines into rotational motion.

When using standard motors, a problem arises relating to the need to introduce additional devices into the structure of the mechanisms of modern machines. Such devices are aimed at matching the rotation frequency of the motor shaft with the rotation shaft of the working equipment of these machines. Such a device is a reducer, the use of which leads to the appearance of a number of disadvantages. Their elimination is achieved by using the results of this study.

The reported results differ from standard motors that are mass-produced, in that, based on research, motors with a rotation frequency of its shaft in the range from zero to two hundred and more revolutions per minute are proposed, which is not realized by known motors. This testifies to the construction of motors based on power cylinders, which make it possible to realize this range of rotation frequencies of its shaft.

The special and distinctive features of the results are based on the application of the principle of disintegration of motor elements into two functional components. One of them includes power cylinders with a crankshaft, and the second one includes the distribution system of the working fluid.

The motor implementation went through the stages of designing computer and physical models and devising schematic solutions. Calculation dependences were obtained to determine the main design parameters, according to which the motor was manufactured in the form of a full-scale sample.

The scope and conditions of practical use refer to machines with working equipment capable of functioning under a mode with a low rotation frequency and a significant torque on the motor shaft.

Keywords: hydraulic drive, earthmoving and construction machines, low-speed motors, valve distributors, power cylinders.

References

1. Remarchuk, M., Chmuzh, Y., Orel, Y., Halytskyi, O., Kebko, O., Kutsenko, O. (2020). Determination of the condition of crane mechanisms for lifting loads under the conditions of operation according to the results of their diagnostics. *Sworld-Us Conference Proceedings*, usc17-01, 3–8. <https://doi.org/10.30888/2709-2267.2023-17-01-002>
2. Panchenko, A., Voloshina, A., Milaeva, I., Panchenko, I., Titova, O. (2018). The Influence of the form Error after Rotor Manufacturing on the Output Characteristics of an Orbital Hydraulic Motor. *International Journal of Engineering & Technology*, 7 (4.3), 1. <https://doi.org/10.14419/ijet.v7i4.3.19542>
3. Panchenko, A., Voloshina, A., Panchenko, I., Titova, O., Pastushenko, A. (2019). Reliability design of rotors for orbital hydraulic motors. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 708 (1), 012017. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/708/1/012017>
4. Pandey, A. K., Kumar, A., Tripathi, J. P., Ehtesham Hasan, Md. (2023). Analysis of a high speed low-torque variable displacement

- hydro-motor efficiency at different displacement conditions. *Materials Today: Proceedings*, 79, 247–249. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.11.114>
5. Yang, L., Nie, S., Yin, S., Zhao, J., Yin, F. (2015). Numerical and experimental investigation on torque characteristics of seawater hydraulic axial piston motor for underwater tool system. *Ocean Engineering*, 104, 168–184. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2015.05.003>
 6. Kumar Singh, U., Tripathi, J. P., Khanna, K. (2022). Effect of pump leakage on slip and pressure loss in a hydraulic cylinder drive. *Materials Today: Proceedings*, 63, 573–578. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.04.033>
 7. Kindrachuk, M., Radionenko, O., Kryzhanovskiy, A., Marchuk, V. (2014). The Friction Mechanism Between Surfaces With Regular Micro Grooves Under Boundary Lubrication. *Aviation*, 18 (2), 64–71. <https://doi.org/10.3846/16487788.2014.926642>
 8. Yeremenko, R. (2024). The Impact of Hydraulic System Pressure Changes on the Dynamic Properties of a Hydraulic Actuator. *Mechanics and Advanced Technologies*, 8 (2 (101)), 157–163. [https://doi.org/10.20535/2521-1943.2024.8.2\(101\).303015](https://doi.org/10.20535/2521-1943.2024.8.2(101).303015)
 9. Remarchuk, M. P. (2006). Hidromekhanichni i zahalnyi KKD «hidromotora-kolesa» mekhanizmu peremishchennia tykhokhidnoi mashyny, 35, 174–183.
 10. Nesterov, A. P., Rozenfel'd, N. V., Yaryzhko, A. V., Vysotskiy, G. V., Gulenko, A. S. (2005). Eksperimental'noe issledovanie obemnogo kulisnogo gidroprivoda. *Naukovyi visnyk budivnytstva*, 32, 107–111.
 11. Leusenko, A. V., Vysotskiy, H. V., Remarchuk, M. P., Hulenko, O. S., Nesterov, A. P., Kyrychenko, I. H. (2003). Pat. No. 74601 UA. Hidromekhanichniy pryvid hirnychoi mashyny. No. 2003065556; declared: 17.06.2003; published: 16.01.2006. Available at: <https://uapatents.com/5-74601-gidromekhanichniy-pryvid-girnycho-mashini.html>
 12. Samsonkin, V. N. (2008). Sistemniy podhod, kak osnovopolagayushchiy metod issledovaniya ergonomiki: suschnost', primeneniye v transportnykh sistemah. *Zaliznychnyy transport Ukrainy*, 6, 3–4.

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.310049
DEVISING A CALCULATION METHOD FOR MODERN STRUCTURES OF CURRENT-CONDUCTING ELEMENTS IN LARGE ELECTRIC MACHINES IN A THREE-DIMENSIONAL STATEMENT (p. 87–96)

Oleksii Tretiak

National Aerospace University
 «Kharkiv Aviation Institute», Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7295-5784>

Serhii Smyk

Ivan Kozhedub Kharkiv National
 Air Force University, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8941-2631>

Stanislav Kravchenko

National Aerospace University
 «Kharkiv Aviation Institute», Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-6409-4767>

Serhii Smakhtin

National Aerospace University
 «Kharkiv Aviation Institute», Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-4393-9915>

Dmytro Brega

National Aerospace University
 «Kharkiv Aviation Institute», Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5134-4351>

Anton Zhukov

«Kharkiv Electric Machine-Building Plant» LLC, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-5229-1685>

Serhii Serhiienko

«Kharkiv Electric Machine-Building Plant» LLC, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-6377-209X>

Yevhen Don

Kharkiv National Automobile and
 Highway University, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1508-8397>

The jumpers of rotor pole-to-pole connections are highly stressed elements in a hydraulic generator structure. These assemblies often fail due to deformation that exceeds the size of an air gap. Existing methods do not take into account the thermal component and attempts to improve the design are not based on mathematical models that make it possible to perform calculations with an accuracy of more than 50 %. The method devised in this work makes it possible to obtain boundary conditions of the third kind on the basis of three-dimensional mathematical modeling of the ventilation system of the hydraulic unit without simplifications. The method accuracy is explained by taking into account the spatial thermal component. The heat transfer coefficient determined by this method in the pole-to-pole connections area was $\sim 250 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Using FEM, mathematical modeling of the thermal stress state of pole-to-pole connections was carried out, taking into account mechanical and thermal factors. This made it possible to design the improved connection structure with additional fastening elements, which make it possible to reduce the displacement to 0.03 mm, and the stress to 53 MPa at the rotor rotation frequency of 880 rpm. This design makes it possible to enable reliable operation of the hydraulic unit under the condition of increasing the rotor rotation frequency to overspeed with disconnected combinatorial dependence, provided that the actual stresses are 0.95 % of the material yield strength. The convergence of the values obtained by the proposed method and by the HSS method exceeded 99 %. The practical result is the proposals for the hydraulic generator design modernization.

Keywords: hydraulic generator, rotor, pole-to-pole connection, pole-to-pole jumper, ventilation system of hydraulic generator, cooling conditions, stressed-strained state, three-dimensional calculation, strength of rotating parts.

References

1. Liu, X., Luo, Y., Wang, Z. (2016). A review on fatigue damage mechanism in hydro turbines. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 54, 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.09.025>
2. Selak, L., Butala, P., Sluga, A. (2014). Condition monitoring and fault diagnostics for hydropower plants. *Computers in Industry*, 65 (6), 924–936. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2014.02.006>
3. Kobzar, K. O., Gakal, P. G., Ovsyanykova, O. O. (2015). The Review of the Methods Used for the Analysis of the Thermal State of the Turbo-Generator Rotor with the Intermediate Hydrogen Cooling. *NTU «KhPI» Bulletin: Power and Heat Engineering Processes and Equipment*, 15, 112–117. <https://doi.org/10.20998/2078-774x.2015.15.14>
4. DeCamillo, S. M., Dadouche, A., Fillon, M. (2013). Thrust Bearings in Power Generation. *Encyclopedia of Tribology*, 3682–3690. https://doi.org/10.1007/978-0-387-92897-5_57
5. Zhou, C., Bian, X., Liang, Y., Zong, R. (2018). Numerical calculation and analysis of temperature field for stator transposition bar in hydro-generator. *International Journal of Thermal Sciences*, 125, 350–357. <https://doi.org/10.1016/j.ijthermalsci.2017.12.004>

6. El-Zohri, E. H., Shafey, H. M., Kahoul, A. (2019). Performance evaluation of generator air coolers for the hydro-power plant of Aswan High Dam at Egypt. *Energy*, 179, 960–974. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.05.006>
7. Li, D., Li, W., Li, J., Liu, X. (2020). Analyzing regularity of interpolar air motion and heat dissipation coefficient distribution of a salient pole synchronous generator considering rotary airflow. *International Communications in Heat and Mass Transfer*, 119, 104828. <https://doi.org/10.1016/j.icheatmasstransfer.2020.104828>
8. Verma, S., Chelliah, T. R. (2024). Restoration of extra-high voltage power grids through synchronous and asynchronous hydro units during blackout – A comprehensive review and case study. *Electric Power Systems Research*, 228, 110054. <https://doi.org/10.1016/j.epr.2023.110054>
9. Dang, D.-D., Pham, X.-T., Labbe, P., Torriano, F., Morissette, J.-F., Hudon, C. (2018). CFD analysis of turbulent convective heat transfer in a hydro-generator rotor-stator system. *Applied Thermal Engineering*, 130, 17–28. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2017.11.034>
10. Bucur, D. M., Cosoiu, C. I., Iovanel, R. G., Nicolae, A. A., Georgescu, S.-C. (2017). Assessing the Operation of the Cooling Water System of a Hydro-Power Plant Using EPANET. *Energy Procedia*, 112, 51–57. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.03.1058>
11. Goričanec, D., Pozeb, V., Tomšič, L., Trop, P. (2014). Exploitation of the waste-heat from hydro power plants. *Energy*, 77, 220–225. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2014.06.106>
12. Olkkonen, V., Haaskjold, K., Klyve, Ø. S., Skartlien, R. (2023). Techno-economic feasibility of hybrid hydro-FPV systems in Sub-Saharan Africa under different market conditions. *Renewable Energy*, 215, 118981. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2023.118981>
13. Stancel, E., Cadis, M., Schiau, C., Ghiran, O., Stoian, I. (2007). Temperature Monitoring – Improved Diagnosis Support for Hydro Power Generators. *IFAC Proceedings Volumes*, 40 (8), 177–181. <https://doi.org/10.3182/20070709-3-ro-4910.00029>
14. Bomben, S. G., LeBlanc, J.-B. (2009). Experience with field coil interconnection failures on large hydro generators Part I. 2009 IEEE Electrical Insulation Conference. <https://doi.org/10.1109/eic.2009.5166391>
15. Chaulagain, R. K., Poudel, L., Maharjan, S. (2024). Design and experimental analysis of a new vertical ultra-low-head hydro turbine with the variation of outlet flow level on the head drop section of an open canal. *Results in Engineering*, 22, 102240. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.102240>
16. Zito, R., Ardebili, H. (2019). *Energy Storage: A New Approach*. John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1002/9781119083979>
17. Keyhani, A. (2019). *Design of Smart Power Grid Renewable Energy Systems*. John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1002/9781119573265>
18. Rotor Inspection (2020). *Handbook of Large Hydro Generators*, 417–463. <https://doi.org/10.1002/9781119524205.ch9>
19. Rausand, M., Barros, A., Hoyland, A. (2020). *System Reliability Theory*. Wiley Series in Probability and Statistics. John Wiley & Sons, Inc. <https://doi.org/10.1002/9781119373940>
20. EN IEC 60034-33:2022. Rotating electrical machines – Part 33: Synchronous hydrogenerators including motor-generators – Specific requirements. Available at: <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/clc/f12936e0-2cf5-4b1d-990f-b3ee4f12ca57/en-iec-60034-33-2022>
21. Wang, H. (2023). *Similarity and Dimensional Analysis. A Guide to Fluid Mechanics*. Cambridge: Cambridge University Press, 230–245. <https://doi.org/10.1017/9781108671149.009>
22. Tretiak, O., Kritskiy, D., Kobzar, I., Arefieva, M., Nazarenko, V. (2022). The Methods of Three-Dimensional Modeling of the Hydro-generator Thrust Bearing. *Computation*, 10 (9), 152. <https://doi.org/10.3390/computation10090152>
23. Tretiak, O., Kritskiy, D., Kobzar, I., Sokolova, V., Arefieva, M., Tretiak, I. et al. (2022). Modeling of the Stress–Strain of the Suspensions of the Stators of High-Power Turbogenerators. *Computation*, 10 (11), 191. <https://doi.org/10.3390/computation10110191>
24. Tretiak, O., Kritskiy, D., Kobzar, I., Arefieva, M., Selevko, V., Brega, D. et al. (2023). Stress-Strained State of the Thrust Bearing Disc of Hydrogenerator-Motor. *Computation*, 11 (3), 60. <https://doi.org/10.3390/computation11030060>
25. Anderson, D. A., Tannehill, J. C., Pletcher, R. H., Ramakanth, M., Shankar, V. (2020). *Computational Fluid Mechanics and Heat Transfer*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781351124027>
26. Putignano, C., Afferrante, L., Carbone, G., Demelio, G. (2012). A new efficient numerical method for contact mechanics of rough surfaces. *International Journal of Solids and Structures*, 49 (2), 338–343. <https://doi.org/10.1016/j.ijsolstr.2011.10.009>
27. Gerling, D. (2014). *DC-Machines*. Electrical Machines. Springer, 37–88. https://doi.org/10.1007/978-3-642-17584-8_2
28. Li, W., Liu, Y.-P., Peng, X.-F. (2012). The generalized HSS method for solving singular linear systems. *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 236 (9), 2338–2353. <https://doi.org/10.1016/j.cam.2011.11.020>

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.309481
DETERMINING OF THE EFFECT OF REINFORCING MICRORELIEF GUIDES ON THE EFFICIENCY OF FOLDING INTEGRATED COVERS (p. 97–111)

Petro Kyrychok

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

Dmytro Paliukh

National Technical University of Ukraine
 «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-6697-2274>

The object of research is the processes of strengthening the working surfaces of profile folding strips made of stainless steel AISI 347 and carbon steel AISI 1005 using laser formation of microrelief guides. The analytical and experimental studies are based on the technique of laser microrelief formation by pulsed laser effects. The main assumption of the study is that the use of laser microrelief formation could increase the hardness and wear resistance of the folding strips, improving the process of folding integrated covers. Analyzing the effect of different hardening methods on the mechanical properties and wear resistance of the working surfaces of folding strips is necessary to achieve this goal. A methodology for assessing microstructural changes and their impact on the mechanical properties of folding strips during laser hardening has been proposed. It has been shown that the formation of microrelief guides by laser pulse exposure reduces the thermal load on the material, increases the uniformity of hardening and wear resistance. The revealed wear rates calculated for carbon steel AISI 1005 are 0.875, and for stainless steel AISI 347 – 0.345. To improve the accuracy and efficiency of the folding process, a methodology has been devised for calculating the quantitative formation of microrelief guides on the working surface of profile folding strips. This will not only improve the wear resistance and mechanical properties of the strips but also optimize production processes. Differences in the results of hardening for stainless steel AISI 347 and carbon steel AISI 1005 were found: the hardness values for AISI 347 are 3,088–4,904 MPa at a load of 50–350 g with a deviation of 37.1 %, and for AISI 1005 – 2141–1665 MPa with a deviation of 22.3 %.

Keywords: integrated covers, optimal parameters of pulsed laser radiation, strengthening of folding strips, microrelief guides, microstructural changes in the material.

References

- Kyrychok, P., Paliukh, D. (2024). Research on the Impact of Profile Geometry and Microrelief Hardening on the Wear Resistance of Folding Plates. *Technology and Technique of Typography (Tekhnolohiia I Tekhnika Drukarstva)*, 1 (83), 4–17. [https://doi.org/10.20535/2077-7264.1\(83\).2024.305494](https://doi.org/10.20535/2077-7264.1(83).2024.305494)
- Cao, X., Wu, J., Zhong, G., Wu, J., Chen, X. (2024). Laser Shock Peening: Fundamentals and Mechanisms of Metallic Material Wear Resistance Improvement. *Materials*, 17 (4), 909. <https://doi.org/10.3390/ma17040909>
- Li, X., Zhou, L., Zhao, T., Pan, X., Liu, P. (2022). Research on Wear Resistance of AISI 9310 Steel with Micro-Laser Shock Peening. *Metals*, 12 (12), 2157. <https://doi.org/10.3390/met12122157>
- Praveenkumar, K., Swaroop, S., Manivasagam, G. (2022). Effect of multiple laser peening on microstructural, fatigue and fretting-wear behaviour of austenitic stainless steel. *Surface and Coatings Technology*, 443, 128611. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2022.128611>
- Lesyk, D. A., Martinez, S., Mordiyuk, B. N., Dzhemelinskiy, V. V., Lamikiz, A., Prokopenko, G. I. et al. (2020). Combining laser transformation hardening and ultrasonic impact strain hardening for enhanced wear resistance of AISI 1045 steel. *Wear*, 462-463, 203494. <https://doi.org/10.1016/j.wear.2020.203494>
- Wang, C., Li, R., Bi, X., Yuan, W., Gu, J., Chen, J. et al. (2023). Microstructure and wear resistance property of laser clad CrCoNi coatings assisted by ultrasonic impact treatment. *Journal of Materials Research and Technology*, 22, 853–864. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2022.11.170>
- Karamimoghadam, M., Rezayat, M., Moradi, M., Mateo, A., Casalino, G. (2024). Laser Surface Transformation Hardening for Automotive Metals: Recent Progress. *Metals*, 14 (3), 339. <https://doi.org/10.3390/met14030339>
- Niketh, S., Samuel, G. L. (2019). Hybrid Micro Textures – A Multi-Scale Surface Engineering Approach For Enhancing Tribological Characteristics. *Journal of Laser Micro/Nanoengineering*, 14 (3). <https://doi.org/10.2961/jlmn.2019.03.0006>
- Yuan, S., Lin, N., Wang, W., Zhang, H., Liu, Z., Yu, Y. et al. (2022). Correlation between surface textural parameter and tribological behaviour of four metal materials with laser surface texturing (LST). *Applied Surface Science*, 583, 152410. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2021.152410>
- Karamimoghadam, M., Moradi, M., Azami, M. (2022). A comparative investigation of different overlaps of the diode laser hardening in low-carbon steel and stainless steel. *Optik*, 251, 168093. <https://doi.org/10.1016/j.jjleo.2021.168093>
- Masood Arif Bukhari, S., Husnain, N., Arsalan Siddiqui, F., Tuoqeer Anwar, M., Abbas Khosa, A., Imran, M. et al. (2023). Effect of laser surface remelting on Microstructure, mechanical properties and tribological properties of metals and alloys: A review. *Optics & Laser Technology*, 165, 109588. <https://doi.org/10.1016/j.optlastec.2023.109588>
- Kandavalli, S. R., Rao, G. B., Bannaravuri, P. K., Rajam, M. M. K., Kandavalli, S. R., Ruban, S. R. (2021). Surface strengthening of aluminium alloys/composites by laser applications: A comprehensive review. *Materials Today: Proceedings*, 47, 6919–6925. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.05.191>
- Zheng, X., Song, H., Zhang, Q., Ye, X., Meng, L., Tan, J. (2017). Effect of Laser Surface Texturing on Tribological Properties of Materials: a Review. <https://doi.org/10.11896/j.issn.1005-023X.2017.017.010>
- Archard, J. F. (1953). Contact and Rubbing of Flat Surfaces. *Journal of Applied Physics*, 24 (8), 981–988. <https://doi.org/10.1063/1.1721448>

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.308047

DEVISING A METHODOLOGY FOR PROTOTYPING CONVEX-CONCAVE PARTS USING REVERSE-ENGINEERING TECHNOLOGY PROVIDING THE PREDEFINED GEOMETRIC ACCURACY OF THEIR MANUFACTURING (p. 112–120)

Kateryna Maiorova

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

Oleksandra Kapinus

National Aerospace University
«Kharkiv Aviation Institute», Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0878-1900>

Viacheslav Nikichanov

National Aerospace University
«Kharkiv Aviation Institute», Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5913-1043>

Oleksandr Skyba

National Aerospace University
«Kharkiv Aviation Institute», Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-1255-2666>

Artem Suslov

National Aerospace University
«Kharkiv Aviation Institute», Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-1831-1862>

The object of this paper is the geometric accuracy of the acquired portrait from the 3D printed full-scale sample in the reduced size of the convex-concave parts compared to the correspondingly reduced ideal one.

The subject of research is reverse engineering and additive technology for manufacturing convex-concave parts for mechanical engineering (ME). A new prototyping methodology for convex-concave parts of mechanical engineering objects has proposed. Underlying the methodology is the use of the scaled (by reducing in size) ideal portrait of the 3D scanned original part. The decision to start the production is made by comparing the geometry of the portrait acquired from the 3D printed sample in reduced size with the ideal one, provided that the values are within the tolerance range. The following results were obtained. A design and technological analysis of the blade of the pumped hydroelectric power station was performed, after which a 3D scanner and a 3D printer were selected. A 3D scan of the blade with the formation of a portrait in the STL format file was implemented, as well as its refinement into an ideal one. From the geometric features and shapes of the blade, as well as the technical characteristics of the 3D printer, the percentage of reducing the sample for printing (by 75 % of the original dimensions) was calculated. According to the rated dimensions of the original part and the reduced sample, the tolerance field was set for the size: 0.6 mm and 0.25 mm, respectively, at 12 quality of the part's manufacturing accuracy. Inspection of the printed sample and comparison with the correspondingly reduced ideal portrait revealed a deviation from -0.123 to $+0.120$ mm, which is within the defined tolerance field for the manufactured reduced sample. The results of experimental studies confirmed the adequacy of the proposed methodology for prototyping the mechanical engineering parts and verified the theoretical foundations of reverse engineering for convex-concave parts of any large size by using a proportional reduction in the size of finished portraits.

Keywords: reverse engineering, methodology, parts, digital layout, 3D scanning, 3D printing, geometric accuracy.

References

- Javaid, M., Haleem, A., Pratap Singh, R., Suman, R. (2021). Industrial perspectives of 3D scanning: Features, roles and its analytical applications. *Sensors International*, 2, 100114. <https://doi.org/10.1016/j.sintl.2021.100114>
- Helle, R. H., Lemu, H. G. (2021). A case study on use of 3D scanning for reverse engineering and quality control. *Materials Today: Proceedings*, 45, 5255–5262. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.01.828>
- Buonamici, F., Carfagni, M., Furferi, R., Governi, L., Lapini, A., Volpe, Y. (2017). Reverse engineering modeling methods and tools: a survey. *Computer-Aided Design and Applications*, 15 (3), 443–464. <https://doi.org/10.1080/16864360.2017.1397894>
- Maiorova, K., Sikulskiy, V., Vorobiov, I., Kapinus, O., Knyr, A. (2023). Study of a Geometry Accuracy of the Bracket-Type Parts Using Reverse Engineering and Additive Manufacturing Technologies. *Lecture Notes in Networks and Systems*, 146–158. https://doi.org/10.1007/978-3-031-36201-9_13
- Tretiak, O., Serhienko, S., Zhukov, A., Gakal, P., Don, Y., Arefieva, M. et al. (2023). Peculiarities of the Design of Housing Parts of Large Direct Current Machines. *SAE International Journal of Materials and Manufacturing*, 17 (1). <https://doi.org/10.4271/05-17-01-0005>
- Tretiak, O., Kritskiy, D., Kobzar, I., Arefieva, M., Nazarenko, V. (2022). The Methods of Three-Dimensional Modeling of the Hydro-generator Thrust Bearing. *Computation*, 10 (9), 152. <https://doi.org/10.3390/computation10090152>
- Ward, R., Sun, C., Dominguez-Caballero, J., Ojo, S., Ayvar-Sobranis, S., Curtis, D., Ozturk, E. (2021). Machining Digital Twin using real-time model-based simulations and lookahead function for closed loop machining control. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 117 (11-12), 3615–3629. <https://doi.org/10.1007/s00170-021-07867-w>
- Pluihin, V., Zaklinsky, S., Plankovskyy, S., Tsegelnyk, Y., Aksonov, O., Kombarov, V. (2023). A digital twin design of induction motor with squirrel-cage rotor for insulation condition prediction. *International Journal of Mechatronics and Applied Mechanics*, 14, 185–191. <https://doi.org/10.17683/ijomam/issue14.22>
- Sikulskiy, V., Maiorova, K., Shypul, O., Nikichanov, V., Tryfonov, O., Voronko, I., Kapinus, O. (2024). Algorithm for Selecting the Optimal Technology for Rapid Manufacturing and/or Repair of Parts. *Integrated Computer Technologies in Mechanical Engineering – 2023*. https://doi.org/10.1007/978-3-031-61415-6_3
- Lazarević, D., Nedić, B., Jović, S., Šarkoćević, Ž., Blagojević, M. (2019). Optical inspection of cutting parts by 3D scanning. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, 531, 121583. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2019.121583>
- Zong, Y., Liang, J., Pai, W., Ye, M., Ren, M., Zhao, J. et al. (2022). A high-efficiency and high-precision automatic 3D scanning system for industrial parts based on a scanning path planning algorithm. *Optics and Lasers in Engineering*, 158, 107176. <https://doi.org/10.1016/j.optlaseng.2022.107176>
- Vorobiov, I., Maiorova, K., Voronko, I., Skyba, O., Komisarov, O. (2024). Mathematical models creation for calculating dimensional accuracy at the construction stages of an analytical standard using the chain method. *Technology Audit and Production Reserves*, 1 (1 (75)), 26–34. <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2024.297732>
- Saiga, K., Ullah, A. S., Kubo, A., Tashi. (2021). A Sustainable Reverse Engineering Process. *Procedia CIRP*, 98, 517–522. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2021.01.144>
- Maiorova, K., Kapinus, O., Skyba, O. (2024). Study of the features of permanent and usual reverse-engineering methods of details of complex shapes. *Technology Audit and Production Reserves*, 1 (1 (75)), 19–25. <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2024.297768>
- Durupt, A., Bricogne, M., Remy, S., Troussier, N., Rowson, H., Belkadi, F. (2018). An extended framework for knowledge modelling and reuse in reverse engineering projects. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*, 233 (5), 1377–1389. <https://doi.org/10.1177/0954405418789973>
- Montlahuc, J., Ali Shah, G., Polette, A., Pernot, J.-P. (2019). As-scanned Point Clouds Generation for Virtual Reverse Engineering of CAD Assembly Models. *Computer-Aided Design and Applications*, 16 (6), 1171–1182. <https://doi.org/10.14733/cadaps.2019.1171-1182>
- Kyaw, A. C., Nagengast, N., Usma-Mansfield, C., Fuss, F. K. (2023). A Combined Reverse Engineering and Multi-Criteria Decision-Making Approach for Remanufacturing a Classic Car Part. *Procedia CIRP*, 119, 222–228. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2023.02.133>
- Loska, A., Palka, D., Bień, A., Substelny, K. (2022). A way of supporting the servicing of production machines using reverse engineering and 3d printing techniques. *Technologia i Automatyizacja Montażu*, 1, 28–36. <https://doi.org/10.7862/tiam.2022.1.3>
- Childs, P. R. N. (2019). *Mechanical Design Engineering Handbook*. Butterworth-Heinemann. <https://doi.org/10.1016/c2016-0-05252-x>
- Stark, R. (2022). *Major Technology 6: Digital Mock-Up – DMU. Virtual Product Creation in Industry*, 273–304. https://doi.org/10.1007/978-3-662-64301-3_12
- Technical specifications. Artec Leo. Available at: <https://www.artec3d.com/portable-3d-scanners/artec-spider#specifications>
- Agoston, M. K. (2005). *Springer Computer Graphics and Geometric Modeling*. Springer-Verlag. <https://doi.org/10.1007/b138805>
- Langetepe, E., Zachmann, G. (2006). *Geometric Data Structures for Computer Graphics*. A K Peters/CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9780367803735>
- Zhang, C., Pinquic, R., Polette, A., Carasi, G., De Charnace, H., Pernot, J.-P. (2023). Automatic 3D CAD models reconstruction from 2D orthographic drawings. *Computers & Graphics*, 114, 179–189. <https://doi.org/10.1016/j.cag.2023.05.021>
- Agarwal, P. K., Arge, L., Danner, A. (2006). From Point Cloud to Grid DEM: A Scalable Approach. *Progress in Spatial Data Handling*, 771–788. https://doi.org/10.1007/3-540-35589-8_48
- 3D Printer Creatbot F430. Available at: <https://3ddevice.com.ua/en/product/3d-printer-creatbot-f430/>
- Pajerová, N., Koptiš, M. (2024). Shape functions to scanner comparison. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 132 (7-8), 3889–3902. <https://doi.org/10.1007/s00170-024-13520-z>
- Sullivan, J. M. (2008). *Curvatures of Smooth and Discrete Surfaces. Oberwolfach Seminars*, 175–188. https://doi.org/10.1007/978-3-7643-8621-4_9
- Burns, M. (1993). *Automated Fabrication: Improving Productivity in Manufacturing*. Prentice Hall.
- Szilvsi-Nagy, M., Mátyási, Gy. (2003). Analysis of STL files. *Mathematical and Computer Modelling*, 38 (7-9), 945–960. [https://doi.org/10.1016/s0895-7177\(03\)90079-3](https://doi.org/10.1016/s0895-7177(03)90079-3)

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.303640**ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ ФАСАДУ ТА ШИРИНИ ПРОТИПОЖЕЖНОГО КАРНИЗУ НА ЗАПОБІГАННЯ ПОШИРЕННЯ ПОЖЕЖІ ЗОВНІШНІМИ ВЕРТИКАЛЬНИМИ КОНСТРУКЦІЯМИ БУДІВЕЛЬ (с. 6–16)****О. І. Кагітін, Р. Б. Веселівський, А. П. Гаврись, Я. В. Балло, Р. С. Яковчук, Б. М. Ковалишин**

Об'єктом дослідження є процес поширення пожежі поверхнею конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. В роботі досліджено вплив параметрів фасаду та ширини протипожежного карнизу на запобігання поширення пожежі зовнішніми вертикальними конструкціями на прикладі житлової будівлі. З використанням FDS-моделювання досліджено взаємозв'язки параметрів зовнішніх огорожуючих конструкцій та протипожежного карнизу на процеси обмеження поширення пожежі. Визначено вплив мінімальних параметрів висоти міжповерхового віконного простінку за відсутності протипожежного карнизу на поширення пожежі. Встановлено залежності зміни температури біля поверхні фасаду від ширини протипожежного карнизу та висоти віконного міжповерхового простінку.

На основі серії змодельованих експериментів встановлено, що при значенні висоти міжповерхового простінку 1,0 м та відсутності протипожежного карнизу, критичне значення температури становить 250 °С. Це значення відповідає температурі руйнування стандартної металопластикової конструкції вікна. Для випадку коли висота простінку становить 1,0 м, а ширина протипожежного карнизу складає 0,75 м значення температури складає 180 °С. Тобто умова безпеки у 250 °С виконується.

На основі проведених досліджень виявлено залежність щодо критерію не перевищення критичної температури у 250 °С на рівні 1,4 м фасаду поверху будівлі, що розташований над поверхом пожежі. Критерій досягається при ширині протипожежного карнизу не менше 0,4 м та висоті віконного міжповерхового простінку 1,0 м, а також при ширині карнизу 0,5 м та висоті віконного міжповерхового простінку 0,6 м.

Встановлено, що висота віконного міжповерхового простінку має менший вплив ніж ширина протипожежного карнизу, що розділяє поверхи, які розташовані вище.

Ключові слова: FDS-моделювання, теплоізоляція, протипожежний карниз, міжповерховий простінок, критична температура, поширення пожежі.

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.309345**ВПЛИВ ТОВЩИНИ СТІНОК КОРОБЧАСТИХ БАЛОК НА ЖОРСТКІСТЬ МОСТОВОЇ ФЕРМИ З КАМФОРНОЇ ДЕРЕВИНИ (с. 17–26)****Handika Setya Wijaya, Blima Oktaviastuti, Fifi Damayanti, Yeni Sesti Ariningsih**

Мости життєво необхідні для громадського розвитку, і деревина є основним матеріалом завдяки своїм екологічним перевагам. Однак вологопоглинання деревини може спричинити набухання та усадку, а деревина з низькою щільністю, як правило, має меншу міцність. Момент інерції коробчастої балки залежить від товщини стінок і жорсткості. Недостатня товщина стінок може привести до утримання пластичності до пікового навантаження, що знизить цілісність конструкції. Тонкі стінки можуть викликати вигин під дією стискаючих навантажень, що призводить до руйнування. Руйнування фермових мостів також можуть бути викликані помилками проектування. Метою даного дослідження є аналіз впливу товщини стінок коробчастої балки на жорсткість мостових ферм з камфорної деревини. Була використана камфорна деревина з площею поперечного перерізу 1600 мм², з коробчастими балками розміром 45×45 мм (стінка 12 мм), 50×50 мм (стінка 10 мм), 58×58 мм (стінка 8 мм) та суцільною балкою розміром 40×40 мм (стінка 20 мм). Фізичні випробування показали, що питома вага деревини становить 0,506 г/см³, вологість – 12,47 %. Найбільше пікове навантаження становило 19,613 кН для варіанту ВВ.58.58.8, який також мав найбільшу жорсткість 3,502 кН/мм. Варіант ВВ.58.58.5 мав найбільший момент інерції 683733 мм⁴ порівняно із суцільною балкою SB.40.40.20 – 213333 мм⁴. Зразок ВВ.45.45.12 мав відношення t/D в 1,93 рази більше, ніж ВВ.58.58.8, що вказує на більш гнучку структуру з меншою жорсткістю. Це підтверджується результатами експериментів, які показують, що жорсткість ВВ.45.45.12 була в 1,73 рази нижче, ніж у ВВ.58.58.8. Теоретичні розрахунки також показали, що жорсткість ВВ.45.45.12 у 2,03 рази менше, ніж у ВВ.58.58.8. Таким чином, відношення t/D обернено пропорційне жорсткості. Дане дослідження дає цінну інформацію для розробки композитних деревних матеріалів у будівництві та проектуванні мостів, особливо мостів у сільській місцевості Індонезії.

Ключові слова: дерев'яний фермовий міст, коробчаста балка, пікове навантаження, жорсткість.

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.306754**ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ТОВЩИНИ ШАРУ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА ҐРУНТУ, СТАБІЛІЗОВАНОГО ЗА ДОПОМОГОЮ ВІДПРАЦЬОВАНОГО ЛИВАРНОГО ПІСКУ ТА ЗОЛИ ВІНОСУ, НА НЕСУЧУ ЗДАТНІСТЬ (с. 27–36)****Anita Setyowati Srie Gunarti, Yulvi Zaika, As'ad Munawir, Eko Andi Suryo, Harimurti**

Проблеми ґрунту земляного полотна часто пов'язані з нестабільними властивостями ґрунту, такими як низька несуча здатність, схильність до розширення та усадки, а також вразливість до ерозії та деформації внаслідок навантажень від транспортних засобів і погодних умов. Нестійкість ґрунту земляного полотна може спричинити різні інфраструктурні проблеми, включаючи тріщини, осідання та пошкодження дорожнього покриття. Тому стабілізація ґрунту земляного полотна є важливим кроком для забезпечення надійності та довговічності автомобільних доріг. Одним із ефективних і стійких методів стабілізації ґрунту земляного полотна є використання місцевих відходів. Використання місцевих відходів, таких як зола виносу (FA) та відпрацьований ливарний пісок (WFS), дозволяє не тільки покращити фізичні та механічні властивості ґрунту, але й допомагає зменшити вплив на навколишнє середовище шляхом

повторного використання забруднюючих речовин. Метою даного дослідження є аналіз впливу товщини шарів земляного полотна, стабілізованих за допомогою FA та WFS, на несучу здатність. На початковому етапі проводиться вивчення фізичних і механічних властивостей природного ґрунту та ґрунту, стабілізованого за допомогою FA та WFS. Вміст використовуваних відходів становить 9 % FA та 15 % WFS за сухою вагою ґрунту. Моделювання земляного полотна проводилося з використанням сталевих коробів розміром 60×60×60 см при товщині ґрунту 30 см. Навантажувальні випробування проводилися на 5 варіантах шарів з 4-денним затвердінням. Результати дослідження показали, що гранична несуча здатність (q_{ult}) 890 кПа була отримана для шару V4, який являє собою земляне полотно з шаром ґрунту товщиною 30 см, стабілізованим за допомогою FA та WFS, при осіданні 6 мм. Коефіцієнт несучої здатності 2,87 означає, що у земляного полотна з 30-сантиметровим шаром ґрунту, стабілізованого за допомогою FA та WFS, несуча здатність збільшилася в 2,87 рази в порівнянні з земляним полотном з необробленим ґрунтовим матеріалом. Отримані результати можуть бути застосовані на практиці до місцевих геотехнічних умов проектної ділянки на Західній Яві, включаючи природні властивості ґрунту та сезонні зміни.

Ключові слова: земляне полотно, несуча здатність, стабілізація, ливарний пісок, зола виносу, штампові випробування, основа.

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.308195

ПРОЄКТУВАННЯ ГВИНТОПОДІБНОГО НОЖА ПОДРІБНЮВАЛЬНОГО БАРАБАНА ІЗ РОЗГОРТНОЇ ПОВЕРХНІ (с. 37–44)

С. Ф. Пилипака, В. І. Хропост, В. М. Несвідомін, Т. М. Воліна, М. В. Каленик, М. П. Волоха, О. В. Залевська, І. С. Шуляк, С. С. Денежніков, С. І. Моцак

Об'єктом дослідження є гвинтоподібний ніж подрібнюючого барабана із розгортної поверхні. Такі барабани використовуються у комбайнах для подрібнення рослинної маси. Якщо плоскі ножі встановити на барабані, перерізання рослинної маси буде відбуватися одночасно по всій довжині леза. Це спричинить пульсуюче динамічне навантаження. Якщо плоский ніж із прямолінійним лезом встановити під кутом до осі барабана, то відстані від неї до точок леза будуть різними, як і умови різання вздовж леза. Еліптична форма забезпечує однакову відстань від осі обертання до точок леза, однак це проблеми не вирішує. Можна кріпити на барабані багато коротких плоских ножів із прямолінійним лезом, розмістивши їх таким чином, щоб проміжок часу між роботою окремих ножів звести до мінімуму. Однак всі ці недоліки дозволяє усунути гвинтоподібний ніж з лезом у вигляді гвинтової лінії.

Розглянуто конструювання гвинтоподібного ножа із розгортного гелікоїда. В диференціальній геометрії розглядається згинання розгортних поверхонь нульової товщини. Згинання заготовки у готовий виріб відбувається при мінімальних пластичних деформаціях, величина яких залежить від товщини листа заготовки. До аналітичного опису поверхні гвинтоподібного ножа було застосовано методи диференціальної геометрії розгортних поверхонь.

Отримано параметричні рівняння розгортного гелікоїда за заданими конструктивними параметрами ножа в просторі і на площині. Це дало можливість математично описати лінії контуру, які вирізають ніж із поверхні і на її розгортці. Отримано формули для розрахунку плоскої заготовки через конструктивні параметри ножа. Так, при заданих конструктивних параметрах ножа $R=0,25$ м, $\tau=20^\circ$, $\phi=65^\circ$ згідно отриманої формули знаходимо радіус леза ножа на плоскій заготовці: $R_0=4,8$ м.

Ключові слова: розгортний гелікоїд, плоска заготовка, ребро звороту, гвинтоподібний ніж, подрібнюючий барабан.

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.309756

ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ҐРУНТООБРОБНИХ РОТАЦІЙНИХ Х-ПОДІБНИХ РОБОЧИХ ОРґАНІВ (с. 45–53)

І. А. Шевченко, Г. А. Голуб, Н. М. Цивенкова, І. А. Шевченко, Л. Л. Тітова, І. С. Омаров, О. М. Сукманюк, В. Л. Куликівський, М. Л. Заєць, В. М. Боровський

Об'єкт дослідження – процес подрібнення та кришення поверхневого шару ґрунту із дерниною озимих культур Х-подібними робочими органами. Встановлено, що використання подрібнювальної групи на базі Х-подібних ротаційних робочих органів у складі комбінованих ґрунтообробних знарядь дозволяє попередньо розпушити поверхневий шар важких ґрунтів (пересушених чи перезволожених). Встановлено, що оптимальні значення параметрів секції Х-подібних ротаційних робочих органів за якістю розпушування ґрунту в шарі 0–10 см при глибині обробітку 14 ± 2 см залежать від швидкості руху агрегату. Так, при швидкості руху агрегату 2 м/с оптимальні значення діаметра ножа ротора становить 335,9 мм, відстань між осями батарей роторів – 316,4 мм, відстань між ножами ротора в батареї – 195,6 мм. При швидкості руху агрегату 2,5 м/с оптимальні значення цих параметрів відповідно мають значення 331,2, 325,7 та 211,3 мм, а при швидкості руху агрегату 3 м/с – 330,1, 346,8 та 106,1 мм. Також встановлено, що стабільність ходу Х-подібних робочих органів за середньоквадратичним відхиленням глибини обробітку зростає із збільшенням швидкості руху агрегату. Так, при швидкості руху агрегату 2,5 м/с середньоквадратичним відхиленням глибини обробітку ґрунту становить 1,21 см, при швидкості руху агрегату 3 м/с – 1,07 см, а при швидкості руху агрегату 3,5 м/с – 0,63 см. Також встановлено, що стабільність ходу робочих органів за глибиною обробітку зменшується із збільшенням швидкості руху агрегату. Так, при швидкості руху агрегату 2,5 м/с середня глибина обробітку ґрунту встановлюється на рівні 13,1 см, при швидкості руху агрегату 3 м/с – 12,6 см, а при швидкості руху агрегату 3,5 м/с – на рівні 11,9 см.

Ключові слова: поверхневий обробіток ґрунту, Х-подібні ротаційні робочі органи, якість розпушування ґрунту.

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.309869

ВИЗНАЧЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ СЕПАРАЦІЇ РУШАНКИ НАСІННЯ КОНОПЕЛЬ (с. 54–68)

В. О. Шейченко, Д. О. Петраченко, І. Л. Роговський, І. А. Дудніков, В. В. Шевчук, Д. В. Шейченко, О. П. Деркач, Р. В. Шатров

Об'єктом дослідження є технологічні процеси сепарації, рушанка насіння промислових конопель, аспіраційна колонка, цілі ядра.

Проблемою, що вирішувалася, було визначення техніко-технологічних рішень, які уможливають інтенсифікацію виробничих процесів сепарації рушанки насіння промислових конопель.

Досліджено сепарацію рушанки насіння конопель за лінійними розмірами на решетах із круглими та довгастими отворами.

Встановлений відсоток затриманої рушанки решіт з отворами круглої форми $\varnothing 3,5$ мм складав – 25,98 %, $\varnothing 3,0$ мм – 23,59 %, $\varnothing 2,0$ мм – 40,28 %, відповідно. Решета $\varnothing 3,5$ та $\varnothing 2,0$ мм уможливили отримати фракції рушанки з двома компонентами умовно різних по співвідношенням «маса-розмір».

Використання решіт з отворами довгастої форми уможливило одержати фракції, що склалися мінімум з трьох компонентів. Решета з робочими отворами довгастої форми $3,0 \times 20$ мм, через низьку (1,76 %) спроможність затримувати складові рушанки насіння конопель, малоефективні.

Засміченість ядер рушанки, розділеної за лінійними розмірами на комбінованих решетах із отворами круглої та довгастої форм, складала: варіант сепарації № 1 – 48,70 %, варіант № 2 – 45,74 %, варіант № 3 – 60,25 %, варіант № 4 – 49,32 %, відповідно.

Встановлено, що використання аспіраційної колонки уможливило видалити з рушанки до 32,1 % засміченості у вигляді легкої фракції. Застосування аспіраційної колонки уможливило зменшити вміст насінневої оболонки у варіанті сепарації № 1 – 3,0–5,7 рази, варіанті № 2 – 1,35–3,7 рази, варіанті № 3 – 1,9–11,2 рази, варіант № 4 – 1,5–4,8 рази, відповідно.

Кількісний та компонентний склад фракцій рушанки, отриманих за умов використання аспіраційної колонки з встановленими раціональними значеннями кута відкриття повітряної заслінки $\alpha = 53^\circ$ та кута вертикального нахилу повітряного каналу $\beta = 6^\circ$, склав: ступінь I – «важка» фракція – 51,78 %, 27,56 % відходи, до 20 % «легка» фракція II та III ступені.

Ключові слова: насіння конопель, обрушування насіння, ядро насіння, сепарація рушанки, розділення за розміром, очищення, аспіраційна колонка.

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.310045

ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ КРОКУ РОЗМІЩЕННЯ МОЛОТКІВ З РІЖУЧИМИ КРОМКАМИ НА СЕРЕДНЮ ДОВЖИНУ КОРМІВ, ПОДРІБНЕНИХ В МОЛОТКОВИХ ПОДРІБНЮВАЧАХ (с. 69–78)

Tokhtar Abilzhanuly, Ruslan Iskakov, Daniyar Abilzhanov, Alexandr Gulyarenko, Valery Khan

Об'єктом дослідження є визначення впливу кроку розміщення молотків з ріжучими кромками на середню довжину кормів, подрібнених з побічної стеблової сировини в молоткових подрібнювачах. Однак при цьому виявлено таку проблему, як відсутність аналітичного виразу для визначення середньої довжини подрібнених стеблових кормів молотковим подрібнювачем в залежності від відстані між гранями сусідніх молотків. При одночасному зміні кутів розташування стебла з максимальним розміром у шарі і, застосувавши методи теорії ймовірностей визначення математичних описів функції двох аргументів, в цьому дослідженні отримано аналітичний вираз для визначення середньої довжини подрібнених частинок молотковими подрібнювачами в залежності від відстані між гранями сусідніх молотків. Для подрібнення кормів із побічної стеблової сировини застосовані молотки, що мають ріжучі кромки. У цьому, торцева робоча частина молотка профрезерована під кутом 90° , тобто у кінця молотка оброблені дві ріжучі кромки. В результаті проведених практичних розрахунків визначено середню довжину подрібнених кормів із побічної стеблової сировини в залежності від параметрів молоткового подрібнювача. З отриманого графіка впливу відстані між гранями суміжних молотків на середню довжину подрібнених частинок видно, що при зміні відстані між гранями суміжних молотків середня довжина подрібнених частинок варіюється в межах 36,19...53,39 мм. Для перевірки достовірності отриманого виразу проведено досліди на подрібнювачі, що має відстань між гранями суміжних молотків 20 мм. При цьому середня довжина подрібнених частинок дорівнювала 38,75 мм, а теоретичне значення склало 40,16 мм. Різниця між ними становила 3,64 %, що доводить достовірність одержаного аналітичного виразу. Проведені теоретичні дослідження з отриманням аналітичного виразу, що забезпечує визначення середньої довжини кормів, подрібнених з побічної стеблової сировини, є вирішенням важливої задачі при розробці теоретичних основ подрібнювальних машин, що помітно впливають на ефективність механізації та експлуатації кормоподрібнювачів на практиці.

Ключові слова: подрібнювач, довжина подрібнення, грані суміжних молотків, кут розташування стебел.

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.309759

ПРОЄКТУВАННЯ ГІДРОМОТОРІВ З ОБЕРТОВИМ РУХОМ ВАЛА ДЛЯ ПРИВОДУ РОБОЧОГО ОБЛАДНАННЯ СУЧАСНИХ МАШИН (с. 79–86)

М. П. Ремарчук, С. В. Воронін, Я. В. Чмуж, А. В. Євтушенко, О. О. Галицький

Об'єктом дослідження являються процеси в гідромоторах на базі силових циліндрів, призначених для приводу в обертовий рух вала робочого обладнання сучасних машин.

При застосуванні стандартних моторів виникає проблема в необхідності введення додаткових пристроїв в структуру механізмів сучасних машин. Такі пристрої направлені на узгодження частоти обертання вала мотора з валом обертання робочого обладнання даних машин. Таким пристроєм являється редуктор, застосування якого призводить до появи ряду недоліків. Усунення їх досягається за рахунок використання результатів даного дослідження.

Отримані результати відрізняються від стандартних моторів, які серійно виготовляються, тим, що на підставі досліджень запропоновані мотори з частотою обертання його валу в діапазоні від нуля до двохсот і більше обертів за хвилину, яка не реалізується відомими моторами. Це свідчить про створення моторів на базі силових циліндрів, які дозволяють реалізувати даний діапазон частот обертання його валу.

Особливі та відмінні риси отриманих результатів базуються на основі застосуванням принципу дезінтеграції елементів мотору на дві функціональні складові. В одну із них входять силові циліндри з кривошипним валом, а в другу – система розподілу робочої рідини.

Реалізація мотора пройшла етапи розробки комп'ютерних і фізичних моделей та створення схемних рішень. Отримано розрахункові залежності для визначення основних конструктивних параметрів, за якими виготовлений мотор у вигляді натурального зразку.

Сфера та умови практичного використання відносяться до машин з робочим обладнанням здатним функціонувати в режимі з низькою частотою обертання та значним крутним моментом на валу мотора.

Ключові слова: привод гідравлічний, землерийні та будівельні машини, тихохідні мотори, клапанні розподільники, силові циліндри.

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.310049**СТВОРЕННЯ МЕТОДУ РОЗРАХУНКУ СУЧАСНИХ КОНСТРУКЦІЙ СТРУМОПРОВІДНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ВЕЛИКИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН У ТРИВИМІРНІЙ ПОСТАНОВЦІ (с. 87–96)****О. В. Третяк, С. І. Смик, С. С. Кравченко, С. О. Смахтін, Д. А. Брега, А. Ю. Жуков, С. А. Сергієнко, Є. Ю. Дон**

Значно напруженими елементами конструкції гідрогенератора є перемички міжполюсного з'єднання ротора. Ці вузли часто виходять з ладу з причини виникнення деформації, що перевищує розмір повітряного проміжку. Існуючі методи не враховують теплову складову, а спроби удосконалити конструкцію не спираються на математичні моделі, що дають можливість виконувати розрахунок з точністю більше 50 %. Створений в ході даної роботи метод дозволяє отримати граничні умови третього роду на підставі тривимірного математичного моделювання вентиляційної системи гідроагрегату без спрощень. Точність методу пояснюється врахуванням просторової теплової складової. Визначений за цим методом коефіцієнт тепловіддачі в зоні розташування міжполюсних з'єднань становив ~ 250 Вт/(м²·К). Використовуючи метод скінчених елементів було проведено математичне моделювання термонапруженого стану міжполюсних з'єднань з урахуванням механічних та теплових чинників. Це дозволило розробити конструкцію удосконаленого з'єднання з додатковими елементами кріплення, які дозволяють знизити переміщення до 0,03 мм, а напруження – до 53 МПа при частоті обертання ротора 880 об/хв. Дана конструкція дозволяє забезпечити надійну роботу гідроагрегату за умови збільшення частоти обертання ротора до розгінної з роз'єднаною комбінаторною залежністю за умови, що фактичні напруження становлять 0,95 % від межі плинності матеріалу. Достовірність результатів розрахунку міцності міжполюсних з'єднань була оцінена методом НСС. Збіжність отриманих значень становила більше 99 %. Практичним результатом є розроблені пропозиції з модернізації конструкції струмопровідних елементів електричних машин великої потужності.

Ключові слова: гідрогенератор, ротор, міжполюсне з'єднання, міжполюсна перемичка, система вентиляції гідрогенератора, умови охолодження, напружено-деформований стан, тривимірний розрахунок, міцність обертових деталей.

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.309481**ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ЗМІЦНОВАЛЬНИХ МІКРОРЕЛЬЄФНИХ НАПРЯМНИХ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ФАЛЬЦЮВАННЯ ІНТЕГРАЛЬНИХ ОБКЛАДИНОК (с. 97–111)****П. О. Киричок, Д. О. Палюх**

Об'єктом дослідження є процеси зміцнення робочих поверхонь профільних фальцювальних планок, виготовлених з нержавіючої сталі AISI 347 та вуглецевої сталі AISI 1005, з використанням лазерного формування мікрорельєфних напрямних. Аналітичні та експериментальні дослідження базуються на методиці лазерного формування мікрорельєфу імпульсними лазерними впливами. Основне припущення дослідження полягає в тому, що використання лазерного формування мікрорельєфу сприятиме підвищенню твердості та зносостійкості фальцювальних планок, покращуючи процес фальцювання інтегральних обкладинок. Аналіз впливу різних методів зміцнення на механічні властивості та зносостійкість робочих поверхонь фальцювальних планок є необхідним для досягнення цієї мети. Запропоновано методику оцінки мікроструктурних змін та їх впливу на механічні властивості фальцювальних планок при лазерному зміцненні.

Показано, що створення мікрорельєфних напрямних шляхом лазерного імпульсного впливу знижує теплове навантаження на матеріал, підвищує рівномірність зміцнення та зносостійкість. Виявлені показники зношування, що розраховані для вуглецевої сталі AISI 1005, становлять 0,875, а для нержавіючої сталі AISI 347 – 0,345. Для підвищення точності та ефективності процесу фальцювання розроблено методику розрахунку кількісного утворення мікрорельєфних напрямних на робочій поверхні профільних фальцювальних планок. Це сприятиме не лише покращенню зносостійкості та механічних властивостей планок, але й оптимізації виробничих процесів. Виявлено відмінності у результатах зміцнення для нержавіючої сталі AISI 347 та вуглецевої сталі AISI 1005: показники твердості для AISI 347 складають 3088–4904 МПа при навантаженні 50–350 г з відхиленням у 37,1 %, а для AISI 1005 – 2141–1665 МПа з відхиленням у 22,3 %.

Ключові слова: інтегральні обкладинки, оптимальні параметри імпульсного лазерного випромінювання, зміцнення фальцювальних планок, мікрорельєфні напрямні, мікроструктурні зміни матеріалу.

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.308047**РОЗРОБКА МЕТОДОЛОГІЇ ПРОТОТИПУВАННЯ ОПУКЛО-ВГНУТИХ ДЕТАЛЕЙ ЗА ТЕХНОЛОГІЄЮ РЕВЕРС-ІНЖИНІРИНГУ З ЗАБЕЗПЕЧЕННЯМ ЗАДАНОЇ ГЕОМЕТРИЧНОЇ ТОЧНОСТІ ЇХ ВИГОТОВЛЕННЯ (с. 112–120)****К. В. Майорова, О. О. Капінус, В. В. Нікічанов, О. С. Скиба, А. С. Суслов**

Об'єктом дослідження є геометрична точність видобутого портрету з виготовленого за ним 3D-друком натурним зразком в зменшеному розмірі опукло-вгнутих деталей в порівнянні з відповідно зменшеним ідеальним.

Предметом дослідження є реверс-інжиніринг та адитивна технологія для виготовлення опукло-вгнутих деталей загального машинобудування (ЗМ). Запропоновано нову методологію прототипування для опукло-вгнутих деталей об'єктів машинобудування. В основі методології лежить використання отриманого 3D-сканування за оригінальною деталлю ідеального портрету зменшеними за розмірами. Рішення про пропуск у виробництво приймається за порівнянням геометрії портрету, отриманого з виготовленого 3D-друком зразка в зменшеному розмірі з ідеальним за умови отримання значень, що входять в поле допуску. Отримано такі результати. Виконано конструктивно-технологічний аналіз лопаті насосної гідроелектростанції, за яким підібрано 3D-сканер та 3D-принтер. Реалізовано 3D-сканування лопаті з утворенням портрету файлу формату «*.stl», а також його доопрацювання в ідеальний. З геометричних особливостей і форм лопаті, а також технічних характеристик 3D-принтеру визначено відсоток зменшення зразка для друку (на 75 % від оригінальних розмірів). За номінальними розмірами оригінальної деталі та зменшеного зразка встановлено поле допуску на розмір: 0,6 мм і 0,25 мм відповідно при 12 квалітеті точності виготовлення деталі. Контроль надрукованого зразка і порівняння з відповідно зменшеним ідеальним портретом виявили відхилення від -0.123 до $+0.120$ мм, що входить в визначене поле допуску на виготовлений зменшений зразок. Результати експериментальних досліджень підтвердили адекватність запропонованої методології прототипування деталей загального машинобудування та надали апробацію теоретичних засад для опукло-вгнутих деталей будь-яких великих розмірів шляхом використання пропорційного зменшення розмірів доопрацьованих портретів.

Ключові слова: реверс-інжиніринг, методологія, деталі, цифровий макет, 3D-сканування, 3D-друк, геометрична точність.