

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.308944

DEVELOPMENT OF A MAGNETIC ROTATOR TO ENHANCE THE HYDROGEN EVOLUTION REACTION IN A PROTON EXCHANGE MEMBRANE WATER ELECTROLYSIS CELL (p. 6–16)

Purnami Purnami

Brawijaya University, Malang, Indonesia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3771-7094>

Willy Satrio Nugroho

Brawijaya University, Malang, Indonesia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8288-6287>

Lukman Hakim

Brawijaya University, Malang, Indonesia

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9960-0756>

I Nyoman Gede Wardana

Brawijaya University, Malang, Indonesia

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3146-9517>

In this study, a large-scale magnetic rotator for hydrogen production boosting was designed. The study addresses the challenge of selecting and designing mechanical components for a dynamic magnetic field (DMF) magnetic rotator in a green hydrogen electrolysis power plant, focusing on ensuring component reliability and efficiency under operational stresses. The aim is to determine suitable machine element materials (shaft, clutch, gears, etc.), allowable shear stress, and interconnection mechanisms through theoretical and practical evaluations. The method includes calculating the allowable shear stress for the spline based on carbon steel tensile strength, applying safety factors for material properties and load considerations, and determining shaft diameter using torque and shock load factors. Standard catalogs guide the selection of interconnections like clutches, gears, and bearings to ensure compatibility and performance. The results indicate that a 95 mm diameter S30C carbon steel shaft, with an allowable shear stress of 7.8 kg/mm², meets the design requirements. The chosen spline dimensions and a 12.5 MW, 14-pole induction motor align with the system's needs, ensuring reliable operation. The discussion highlights the critical balance between theoretical predictions and practical application in design optimization. It underscores the importance of incorporating safety factors and verifying component suitability to ensure robust performance of the magnetic rotator. This study provides a comprehensive approach to design optimization, integrating theoretical analysis with practical considerations to achieve optimal performance and reliability. The design output of this study can be used to boost the hydrogen evolution reaction in the SIEMENS Sylizer 300 electrolysis cell.

Keywords: magnetic rotator, green water electrolysis, hydrogen production, design optimization.

References

- Handayani, K., Krozer, Y., Filatova, T. (2017). Trade-offs between electrification and climate change mitigation: An analysis of the Java-Bali power system in Indonesia. *Applied Energy*, 208, 1020–1037. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.09.048>
- Arcos, J. M. M Santos, D. M. F. (2023). The Hydrogen Color Spectrum: Techno-Economic Analysis of the Available Technologies for Hydrogen Production. *Gases*, 3 (1), 25–46. <https://doi.org/10.3390/gases3010002>
- Incer-Valverde, J., Korayem, A., Tsatsaronis, G., Morosuk, T. (2023). "Colors" of hydrogen: Definitions and carbon intensity. *Energy Conversion and Management*, 291, 117294. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2023.117294>
- Energy Explained. The hydrogen colour spectrum. Available at: <https://www.nationalgrid.com/stories/energy-explained/hydrogen-colour-spectrum>
- Diab, J., Fulcheri, L., Hessel, V., Rohani, V., Frenklach, M. (2022). Why turquoise hydrogen will be a game changer for the energy transition. *International Journal of Hydrogen Energy*, 47 (61), 25831–25848. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2022.05.299>
- Al-Douri, A., Groth, K. M. (2024). Hydrogen production via electrolysis: State-of-the-art and research needs in risk and reliability analysis. *International Journal of Hydrogen Energy*, 63, 775–785. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2024.03.188>
- Grigoriev, S. A., Fateev, V. N., Bessarabov, D. G., Millet, P. (2020). Current status, research trends, and challenges in water electrolysis science and technology. *International Journal of Hydrogen Energy*, 45 (49), 26036–26058. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2020.03.109>
- Schmitz, R., Brandes, J., Nolte, H., Kost, C., Lux, B., Haendel, M., Held, A. (2024). Implications of hydrogen import prices for the German energy system in a model-comparison experiment. *International Journal of Hydrogen Energy*, 63, 566–579. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2024.03.210>
- Zainal, B. S., Ker, P. J., Mohamed, H., Ong, H. C., Fattah, I. M. R., Rahman, S. M. A. et al. (2024). Recent advancement and assessment of green hydrogen production technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 189, 113941. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.113941>
- Konyukhov, V. K. (2011). Spin states of para-water and ortho-water molecule in gas and liquid phases. *Physics and Chemistry of Liquids*, 49 (3), 343–346. <https://doi.org/10.1080/00319100903456154>
- Chen, Y.-J., Li, Y.-H., Chen, C.-Y. (2022). Studying the Effect of Electrode Material and Magnetic Field on Hydrogen Production Efficiency. *Magnetochemistry*, 8 (5), 53. <https://doi.org/10.3390/magnetochemistry8050053>
- da Silva Falcão, B., Jeong, K., Al Ghafri, S., Robinson, N., Tang, L., Kozielski, K., Johns, M. L. (2024). Ortho- to para-hydrogen catalytic conversion kinetics. *International Journal of Hydrogen Energy*, 62, 345–351. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2024.02.380>
- Purnami, P., Winarto, W., Sof'i, Y. K., Nugroho, W. S., Wardana, I. N. G. (2023). The enhancement of magnetic field assisted water electrolysis hydrogen production from the compact disc recordable waste polycarbonate layer. *International Journal of Hydrogen Energy*, 48 (48), 18154–18165. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2023.01.329>
- Purnami, P., Hamidi, N., Nur Sasongko, M., Siswanto, E., Widhiyanuriyawan, D., Pambudi Tama, I. et al. (2022). Enhancement of hydrogen production using dynamic magnetic field through water electrolysis. *International Journal of Energy Research*, 46 (6), 7309–7319. <https://doi.org/10.1002/er.7638>
- Purnami, P., Satrio Nugroho, W., Hamidi, N., W. W., Schulze, A. A., Wardana, I. N. G. (2024). Double deep Q network intelligent adaptive control for highly efficient dynamic magnetic field assisted water

- electrolysis. *International Journal of Hydrogen Energy*, 59, 457–464. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2024.01.321>
16. Purnami, P., Satrio Nugroho, W., Sofi'i, Y. K., Wardana, I. N. G. (2024). The impact of sodium lauryl sulfate on hydrogen evolution reaction in water electrolysis. *International Journal of Hydrogen Energy*, 79, 1395–1405. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2024.07.127>
 17. Purnami, P., Willy Satrio, N., Sofi'i, Y. K., Wardana, I. N. G. (2024). The impact of mechanical vibration at cathode on hydrogen yields in water electrolysis. *Journal of Power Sources*, 615, 235075. <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2024.235075>
 18. Handiwibowo, G. A., Nadlifatin, R., Bhawika, G. W., Noer, L. R. (2021). The Contribution of Absorptive Capacities to New Innovative Product Development Performance: A Conceptual Framework. *International Journal of Mechanical Engineering Technologies and Applications*, 2 (1), 73. <https://doi.org/10.21776/mechta.2021.002.01.11>
 19. Setyarini, P. H., Gapsari, F., Harjo, A. O. R. (2022). Surface Characterization on Electrophoretic Deposition of 316L Stainless Steel with Dissolved Chitosan for Biomedical Application. *International Journal of Mechanical Engineering Technologies and Applications*, 3 (1), 40. <https://doi.org/10.21776/mechta.2022.003.01.6>
 20. Juniansyah, G., Lathifah, S. M., Prajitno, D. H. (2021). Synthesis Polymer Matrix Composite Epoxy-FeNdB-Mn for Radar Absorbing Material Application. *International Journal of Mechanical Engineering Technologies and Applications*, 2 (1), 1. <https://doi.org/10.21776/mechta.2021.002.01.1>
 21. Akbar, D. H., Purnami, P., Budio, S. P. (2020). Influence of Surface Roughness and Paint Coating on Corrosion Rate. *International Journal of Mechanical Engineering Technologies and Applications*, 1 (1), 15. <https://doi.org/10.21776/mechta.2020.001.01.3>
 22. Habiby, M. N. A., Istianto, P. V., Fahmi, M. (2023). Optimization of cutting direction parameters for a cnc milling machining process pocket on structure and surface roughness on poststep motorcycle spare parts. *International Journal of Mechanical Engineering Technologies and Applications*, 4 (2), 135–143. <https://doi.org/10.21776/mechta.2023.004.02.3>
 23. Widodo, T. D., Raharjo, R., Risonarta, V. Y., Bintarto, R., Kusumaningsih, H., Saputra, M. H. (2020). The Effect of Sand Blasting on Shear Stress of Fiberglass – Shorea spp. Composite. *International Journal of Mechanical Engineering Technologies and Applications*, 1 (1), 1. <https://doi.org/10.21776/mechta.2020.001.01.1>
 24. Anggamawarti, M. F., Alviari, L. P., Sanjiwani, Y., Risonarta, V. Y. (2020). Quality Analysis of 5.56 mm Ammunition Defect using Taguchi Method: A Review. *International Journal of Mechanical Engineering Technologies and Applications*, 1 (1), 29. <https://doi.org/10.21776/mechta.2020.001.01.5>
 25. Ihsan, M. A., Sumantri, Y., Irawan, Y. S. (2024). Integration of taguchi and promethee for cnc milling machining parameter optimization on AA6061. *International Journal of Mechanical Engineering Technologies and Applications*, 5 (1), 96–107. <https://doi.org/10.21776/mechta.2024.005.01.10>
 26. Flamm, B., Peter, C., Büchi, F. N., Lygeros, J. (2021). Electrolyzer modeling and real-time control for optimized production of hydrogen gas. *Applied Energy*, 281, 116031. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.116031>
 27. Ravichandran, S., Venkatkarthick, R., Sankari, A., Vasudevan, S., Jonas Davidson, D., Sozhan, G. (2014). Platinum deposition on the nafion membrane by impregnation reduction using nonionic surfactant for water electrolysis – An alternate approach. *Energy*, 68, 148–151. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2014.02.077>
 28. Xu, Y., Wang, C., Huang, Y., Fu, J. (2021). Recent advances in electrocatalysts for neutral and large-current-density water electrolysis. *Nano Energy*, 80, 105545. <https://doi.org/10.1016/j.nanoen.2020.105545>
 29. Peter, C., Vrettos, E., Büchi, F. N. (2022). Polymer electrolyte membrane electrolyzer and fuel cell system characterization for power system frequency control. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 141, 108121. <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2022.108121>
 30. Boichenko, S., Danilin, O., Shkilniuk, I., Yakovlieva, A., Khotian, A., Pavlovskiy, M. et al. (2023). Substantiating the expediency of using hydrogen fuel cells in electricity generation. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (8 (123)), 17–29. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.280046>
 31. Mustafa, F. F., Hussein, O., Fakhri, O. F., Sabri, A. H. (2020). Design and development of high-accuracy machine for wire bending. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (1 (107)), 29–35. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.202184>
 32. Lytvyn, V., Vysotska, V., Shatskykh, V., Kohut, I., Petruchenko, O., Dzyubyk, L. et al. (2019). Design of a recommendation system based on collaborative filtering and machine learning considering personal needs of the user. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (2 (100)), 6–28. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.175507>
 33. Kvasnikov, V., Kvashuk, D., Prygara, M., Legeta, J. (2023). Designing tools for assessing the reliability of electric motor torque measurements by using identifiers of anomalous deviations in a noisy signal system. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (5 (126)), 15–25. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.292187>
 34. Suga, K., Sularso (1997). *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*. Jakarta: Pradnya Paramitha.
 35. Nanda, R. A., Karyadi, K., Roban, R., Dewadi, F. M. (2024). RPM measurement comparison using a thermometer and LM393 microcontroller. *International Journal of Mechanical Engineering Technologies and Applications*, 5 (1), 51–62. <https://doi.org/10.21776/mechta.2024.005.01.6>
 36. Kvasnikov, V., Kvashuk, D., Prygara, M., Shelukha, O., Molchanova, K. (2024). Devising a technique for measuring torque of electric motors using machine vision. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (5 (127)), 16–32. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.298513>
 37. Darmo, S., Soenoko, R., Siswanto, E., Widodo, T. D. (2019). The influence of the pack decarburizing process with Pinctada maxima shell powder agent on the properties of high carbon steel. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (12 (97)), 6–13. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.153762>
 38. Xu, H., Wang, P., Ma, H., He, D., Zhao, X., Yang, Y. (2022). Analysis of axial and overturning ultimate load-bearing capacities of deep groove ball bearings under combined loads and arbitrary rotation speed. *Mechanism and Machine Theory*, 169, 104665. <https://doi.org/10.1016/j.mechmachtheory.2021.104665>
 39. Huang, W., Tian, H., Ma, H., Wang, P., Yang, Y., Han, Q. (2023). An improved method for calculating the lateral and angular stiffness of spline couplings considering parallel misalignment. *Mechanism and Machine Theory*, 189, 105436. <https://doi.org/10.1016/j.mechmachtheory.2023.105436>
 40. Morozyuk, L., Hrudka, B., Yuzhakova, O. (2018). Selection of new working fluids for a heat-using compression refrigerating machine with the block "turbine-compressor". *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (8 (95)), 33–40. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.142061>

41. Yurianto, Y., Pratikto, P., Soenoko, R., Suprpto, W. (2019). Effect of quench and temper on hardness and wear of HRP steel (armor steel candidate). *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (12 (99)), 55–61. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.156799>
42. Rahman, A., Winarto, W., Siswanto, E. (2024). Optimization of shell and tube heat exchanger design with inclined baffles. *International Journal of Mechanical Engineering Technologies and Applications*, 5 (1), 63–72. <https://doi.org/10.21776/mechta.2024.005.01.7>
43. Sugiono, S., Nugroho, W. S., Wiryawan, E., Oktavianty, O., Sulistyarni, D. H. (2023). Controlling the train car's center of gravity (COG) position based on train load levelling. *Journal of Applied Research and Technology*, 21 (6), 1057–1065. <https://doi.org/10.22201/icat.24486736e.2023.21.6.1977>
44. Quan, Z., Ge, L., Wei, Z., Li, Y. W., Quan, L. (2021). A Survey of Powertrain Technologies for Energy-Efficient Heavy-Duty Machinery. *Proceedings of the IEEE*, 109 (3), 279–308. <https://doi.org/10.1109/jproc.2021.3051555>
45. de Souza, D. F., Salotti, F. A. M., Sauer, I. L., Tatizawa, H., de Almeida, A. T., Kanashiro, A. G. (2022). A Performance Evaluation of Three-Phase Induction Electric Motors between 1945 and 2020. *Energies*, 15 (6), 2002. <https://doi.org/10.3390/en15062002>
46. Sutrisno, S., Soenoko, R., Irawan, Y. S., Widodo, T. D. (2021). Effect of coconut fiber treatment with limestone water media on the fiber surface, wettability, and interface shear strength. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (6 (109)), 48–56. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.217730>
47. Taufik, A., Pratikto, P., Suprpto, A., Sonief, A. A. (2021). Analysis of the influence of hot rolled plate steel treatment using temper and quench-temper method on vickers hardness number enhancement. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (12 (112)), 18–24. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.233349>
48. Soenoko, R., Purnami, Utami Dewi, F. G. (2017). Second stage cross flow turbine performance. *ARNP Journal of Engineering and Applied Sciences*, 12 (6). Available at: http://www.arnpjournals.org/jeas/research_papers/rp_2017/jeas_0317_5818.pdf
49. Sugiarto, S., Soenoko, R., Purnowidodo, A., Irawan, Y. S. (2018). The effect of external magnetic flux field in the QTS weldment on the change of fatigue crack propagation behaviors. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (12 (92)), 4–11. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.122919>
50. Sugiarto, Purnowidodo, A., Soenoko, R., Irawan, Y. S., Sonief, A. A. (2016). The use of magnetic flux to the welding of hot roll quench tempered steel. *ARNP Journal of Engineering and Applied Sciences*, 11 (2), 1061–1064. Available at: http://www.arnpjournals.org/jeas/research_papers/rp_2016/jeas_0116_3454.pdf
51. Sugiarto, Dr., Ma'arif, Moch. S., Purwanto, H., Ery Mahendra, W. J., Oswari, H. (2023). Characteristic of friction stir welding weld joint of AA 6061 on initial temperature difference. *MM Science Journal*, 2023 (1). https://doi.org/10.17973/mmsj.2023_03_2022094
52. Wijayanti, W., Sasongko, M. N., Purnami (2016). The calorific values of solid and liquid yields consequenced by temperatures of mahogany pyrolysis. *ARNP Journal of Engineering and Applied Sciences*, 11 (2), 917–921. Available at: http://www.arnpjournals.org/jeas/research_papers/rp_2016/jeas_0116_3427.pdf
53. Sunardi, Choiron, Moch. A., Sugiarto, Setyarini, P. H. (2023). Development of fishing boat collision models in extreme weather using computer simulation. *EUREKA: Physics and Engineering*, 2, 149–159. <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2023.002601>
54. Sunardi, E. F., Choiron, M. A., Sugiarto, A. W. M., Setyarini, P. H., Nurwahyudi, A. (2024). Fishing Vessel Safety in Indonesia: A Study

of Accident Characteristics and Prevention Strategies. *International Journal of Safety and Security Engineering*, 14 (2), 499–511. <https://doi.org/10.18280/ijss.140217>

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.311602
DETERMINING THE EFFECTIVENESS OF USING
THREE-DIMENSIONAL PRINTING TO TRAIN
COMPUTER VISION SYSTEMS FOR LANDMINE
DETECTION (p. 17–29)

Oleksandr Kunichik

Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4938-9446>

Vasyl Tereshchenko

Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0139-6049>

The object of this study is the effectiveness of using three-dimensional printing to train computer vision models for landmine detection. The ongoing war in Ukraine has resulted in significant landmine contamination, particularly after Russia's full-scale invasion in 2022. Given the enormous amount of potentially landmine-contaminated land, fast and efficient demining techniques are required, as human probing and metal detectors are labor-intensive and slow-moving. Machine learning offers promising solutions to speed up the landmine detection process by deploying recognition models on robots and unmanned aerial vehicles. However, training such systems faces certain challenges. Firstly, the number of annotated data available for training is limited, which can hinder the model's ability to generalize to real-world scenarios. Secondly, the use of real or even defused landmines is dangerous due to the potential for accidental detonation.

This study aims to overcome the problem of limited data and the risk of using real landmines. Three-dimensional printing makes it possible to create safe and diverse training data, which is essential for model performance. The model trained on replicas, achieved 98 % and 91 % precision on printed and actual landmines respectively. This high precision is attributed to the realism of copies and the use of advanced machine learning algorithms. This approach successfully addressed the research problem due to the safety, accessibility and diversity of copies. The models trained on copies of landmines could be used in humanitarian demining operations. These operations often employ unmanned aerial vehicles or robots to identify landmines that are thrown remotely, exposed on the surface, or partially hidden.

Keywords: landmine detection, humanitarian demining, demining, unexploded ordnance, explosive remnants of war, landmine clearance.

References

1. Landmine Monitor 2023. Available at: https://backend.icblmc.org/assets/reports/Landmine-Monitors/LMM2023/Downloads/Landmine-Monitor-2023_web.pdf
2. Two SES cadets killed in an explosion in Kharkiv region: what is known. Available at: <https://suspilne.media/kharkiv/493801-dvoekursantiv-dsns-zaginuli-pid-cas-vibuhu-na-harkivisini-so-vidomo>
3. Barnawi, A., Kumar, K., Kumar, N., Alzahrani, B., Almansour, A. (2024). A Deep Learning Approach for Landmines Detection Based on Airborne Magnetometry Imaging and Edge Computing. *Computer Modeling in Engineering & Sciences*, 139 (2), 2117–2137. <https://doi.org/10.32604/cmescs.2023.044184>
4. Bestagini, P., Lombardi, F., Lualdi, M., Picetti, F., Tubaro, S. (2021). Landmine Detection Using Autoencoders on Multipolarization GPR

- Volumetric Data. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 59 (1), 182–195. <https://doi.org/10.1109/tgrs.2020.2984951>
5. Mochurad, L., Savchyn, V., Kravchenko, O. (2023). Recognition of Explosive Devices Based on the Detectors Signal Using Machine Learning Methods. *Proceedings of the 4th International Workshop on Intelligent Information Technologies & Systems of Information Security*. <https://ceur-ws.org/Vol-3373/paper14.pdf>
 6. Bai, X., Yang, Y., Wei, S., Chen, G., Li, H., Li, Y. et al. (2023). A Comprehensive Review of Conventional and Deep Learning Approaches for Ground-Penetrating Radar Detection of Raw Data. *Applied Sciences*, 13 (13), 7992. <https://doi.org/10.3390/app13137992>
 7. Lameri, S., Lombardi, F., Bestagini, P., Lualdi, M., Tubaro, S. (2017). Landmine detection from GPR data using convolutional neural networks. *2017 25th European Signal Processing Conference (EUSIPCO)*. <https://doi.org/10.23919/eusipco.2017.8081259>
 8. gprMax. Available at: <https://www.gprmax.com>
 9. Srimuk, P., Boonpoonga, A., Kaemarungsi, K., Athikulwongse, K., Dentri, S. (2022). Implementation of and Experimentation with Ground-Penetrating Radar for Real-Time Automatic Detection of Buried Improvised Explosive Devices. *Sensors*, 22 (22), 8710. <https://doi.org/10.3390/s22228710>
 10. Pryshchenko, O. A., Plakhtii, V., Dumin, O. M., Pochanin, G. P., Ruban, V. P., Capineri, L., Crawford, F. (2022). Implementation of an Artificial Intelligence Approach to GPR Systems for Landmine Detection. *Remote Sensing*, 14 (17), 4421. <https://doi.org/10.3390/rs14174421>
 11. Kunichik, O., Tereshchenko, V. (2023). Improving the accuracy of landmine detection using data augmentation: a comprehensive study. *Artificial Intelligence*, 28 (AI.2023.28 (2)), 42–54. <https://doi.org/10.15407/jai2023.02.042>
 12. Baur, J., Steinberg, G., Nikulin, A., Chiu, K., de Smet, T. S. (2020). Applying Deep Learning to Automate UAV-Based Detection of Scatterable Landmines. *Remote Sensing*, 12 (5), 859. <https://doi.org/10.3390/rs12050859>
 13. Barnawi, A., Kumar, krishan, Kumar, N., al zahrani, B., Almansour, A. (2023). A Graph Learning Framework for Prediction of Missing Landmines Using Airborne Magnetometry in Iot Environment. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4526746>
 14. Kunichik, O., Tereshchenko, V. (2022). Analysis of modern methods of search and classification of explosive objects. *Artificial Intelligence*, 27 (AI.2022.27 (2)), 52–59. <https://doi.org/10.15407/jai2022.02.052>
 15. Pahadia, H., Lu, D., Chakravarthi, B., Yang, Y. (2023). SKoPe3D: A Synthetic Dataset for Vehicle Keypoint Perception in 3D from Traffic Monitoring Cameras. *2023 IEEE 26th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC)*, 28, 4367–4372. <https://doi.org/10.1109/itsc57777.2023.10422667>
 16. Didur, O. L., Shevchenko, M. S. (2023). MINY: yaki vykorystovuiutsia abo mozhut vykorystovuvatysia viyskamy rosiiskykh zaharbynykiv na sukhoputnomu teatri boiovykh diy. Konsultant: Hlokoza V. H. Aktualizovano – Lisnyk. Available at: https://shron1.chtyvo.org.ua/Didur_Oleksandr/Miny_iaki_vykorystovuiutsia_abo_mozhut_vykorystovuvatysia_viiskamy_rosiiskykh_zaharbynykiv_na_sukhopu.pdf?PHPSESSID=7r7ecak3135fa9kap9uoqltk6
 17. Anti-Personnel Landmines Convention. Available at: <https://disarmament.unoda.org/anti-personnel-landmines-convention>
 18. Community, B. O. (2018). Blender – a 3D modelling and rendering package, Stichting Blender Foundation, Amsterdam. Available at: <http://www.blender.org>
 19. GNU Image Manipulation Program. Available at: <https://www.gimp.org/about>
 20. Prusa Research. Available at: https://www.prusa3d.com/page/about-us_77
 21. PMN AP MINE (Historical Prop) by mussy is licensed under the Creative Commons – Attribution – Non-Commercial – No Derivatives license. Available at: <https://www.thingiverse.com/thing:3157971>
 22. PMN-2. by _-HB_ is licensed under the Creative Commons – Attribution license. Available at: <https://www.thingiverse.com/thing:5777217>
 23. PMN-2 Landmine. Available at: <https://mmf.io/o/98395>
 24. OZM-72 Anti-Personnel Mine Gameready Lowpoly. Available at: <https://sketchfab.com/3d-models/ozm-72-anti-personnel-mine-gameready-lowpoly-9226037a15ab47bd9fb08ed434ea1ae8>
 25. MON-50. MOH-50. Soviet claymore shaped AP-mine. Available at: <https://sketchfab.com/3d-models/mon-50-50-soviet-claymore-shaped-ap-mine-5a5da292827f41278df15e4fcee85807>
 26. PFM-1 AP MINE (Historical Prop). Available at: <https://www.thingiverse.com/thing:3660586>
 27. Redmon, J., Divvala, S., Girshick, R., Farhadi, A. (2016). You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection. *2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*. <https://doi.org/10.1109/cvpr.2016.91>
 28. Jocher, G., Qiu, J., Chaurasia, A. (2023). Ultralytics YOLO (Version 8.0.0) [Computer software]. Available at: <https://github.com/ultralytics/ultralytics>
 29. Reis, D., Kupec, J., Hong, J., Daoudi, A. (2023). Real-Time Flying Object Detection with YOLOv8. *arXiv*. Available at: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2305.09972>
 30. Waite, J. R., Feng, J., Tavassoli, R., Harris, L., Tan, S. Y., Chakraborty, S., Sarkar, S. (2023). Active shooter detection and robust tracking utilizing supplemental synthetic data. *arXiv*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2309.03381>
 31. Lou, H., Liu, H., Bi, L., Liu, L., Guo, J., Gu, J. (2023). Bd-Yolo: Detection Algorithm for High-Resolution Remote Sensing Images. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4542996>
 32. Kang, M., Ting, C.-M., Ting, F. F., Phan, R. C.-W. (2023). RCS-YOLO: A Fast and High-Accuracy Object Detector for Brain Tumor Detection. *Medical Image Computing and Computer Assisted Intervention – MICCAI 2023*, 600–610. https://doi.org/10.1007/978-3-031-43901-8_57
 33. Ang, G. J. N., Goil, A. K., Chan, H., Lew, J. J., Lee, X. C., Mustaff, R. B. A. et al. (2023). A Novel real-time arrhythmia detection model using YOLOv8. *arXiv*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2305.16727>
 34. Agarwal, V., Pichappa, A. G., Ramisetty, M., Murugan, B., Rajagopal, M. K. (2023). Suspicious Vehicle Detection Using Licence Plate Detection And Facial Feature Recognition. *arXiv*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2304.14507>
 35. Zhou, F., Deng, H., Xu, Q., Lan, X. (2023). CNTR-YOLO: Improved YOLOv5 Based on ConvNext and Transformer for Aircraft Detection in Remote Sensing Images. *Electronics*, 12 (12), 2671. <https://doi.org/10.3390/electronics12122671>
 36. Rublee, E., Rabaud, V., Konolige, K., Bradski, G. (2011). ORB: An efficient alternative to SIFT or SURF. *2011 International Conference on Computer Vision*. <https://doi.org/10.1109/iccv.2011.6126544>
 37. Alcantarilla, P., Nuevo, J., Bartoli, A. (2013). Fast Explicit Diffusion for Accelerated Features in Nonlinear Scale Spaces. *Proceedings of the British Machine Vision Conference 2013*, 13.1–13.11. Available at: <https://projet.liris.cnrs.fr/imagine/pub/proceedings/BMVC-2013/Papers/paper0013/paper0013.pdf>
 38. Tan, M., Pang, R., Le, Q. V. (2020). EfficientDet: Scalable and Efficient Object Detection. *2020 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*. <https://doi.org/10.1109/cvpr42600.2020.01079>

39. Carion, N., Massa, F., Synnaeve, G., Usunier, N., Kirillov, A., Zagoruyko, S. (2020). End-to-End Object Detection with Transformers. *Computer Vision – ECCV 2020*, 213–229. https://doi.org/10.1007/978-3-030-58452-8_13
40. Zhu, X., Su, W., Lu, L., Li, B., Wang, X., Dai, J. (2020). Deformable DETR: Deformable Transformers for End-to-End Object Detection. *arXiv*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2010.04159>

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.306986

**APPLICATION OF QFD AND FMEA
METHODOLOGIES FOR THE DEVELOPMENT AND
IMPROVEMENT OF AN EXPLOSIVE ORDNANCE
DISPOSAL ROBOT DESIGN (p. 30–42)**

Brayan Alex Apfata Limachi

Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa, Peru
ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-8284-8598>

Frank Alexander Cari Mora

Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa, Peru
ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-0579-653X>

Yuri Saul Sivincha Quispe

Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa, Peru
ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-4232-2257>

Erick Valdeiglesias Flores

Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa, Peru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4167-9454>

Yuri Lester Silva Vidal

Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa, Peru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0461-470X>

Erasmo Sulla Espinoza

Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa, Peru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1223-1223>

Lizardo Pari

Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa, Peru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6580-2149>

In this work, the Quality Function Deployment (QFD) and Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) methodology based on the "Design for X" concept is studied to define the design criteria of the mechanical characteristics of an EOD robot and validated with a virtual prototype of an Explosive Ordnance Disposal (EOD) robot. The objective is the application of this methodology to obtain a product that meets the quality and reliability specifications, considering the user's needs as input data. To validate this methodology, the technicians of the UDEX (Explosive Ordnance Disposal Unit), the mechanical characteristics of the previous version JVC 0.2 developed by the research team of the National University of San Agustín (UNSA), the minimum specifications of the robots participating in the League of Rescue Robots and the application to work in real environments were taken as a case study. The results indicate that the application of the proposed methodology has significantly improved the quality and reliability of the design. To validate the effectiveness of this methodology, a virtual prototype, called JVC 0.3, was created using SolidWorks modelling software, a significant weight reduction of 27.13% was achieved and the operating speed was increased to 1 km/h under optimal conditions. Technical analysis of the JVC 0.3 showed significant improvements in several key areas, such as increased modularity for easier assembly and maintenance, decreased overall weight, increased torque and speed, and increased stability

during operation. These factors are essential for the practical application of EOD robots in real field operations carried out by specialized units such as UDEX.

Keywords: quality function deployment, failure mode and effects analysis, explosive, robot.

References

- Guevara Mamani, J., Pinto, P. P., Vilcapaza Goyzueta, D., Supo Colquehuanca, E., Sulla Espinoza, E., Silva Vidal, Y. (2021). Compilation and Analysis of Requirements for the Design of an Explosive Ordnance Disposal Robot Prototype Applied in UDEX-Arequipa. *HCI International 2021 – Posters*, 131–138. https://doi.org/10.1007/978-3-030-78642-7_18
- Czop, A., Hacker, K., Murphy, J., Zimmerman, T. (2005). Low-cost explosive ordnance disposal robot using off-the-shelf parts. *Unmanned Ground Vehicle Technology VII*, 5804, 130. <https://doi.org/10.1117/12.602526>
- Czop, A., Hacker, K., Murphy, J., Zimmerman, T. (2006). Low-cost EOD robot using off-the-shelf parts: revisions and performance testing results. *Unmanned Systems Technology VIII*, 6230, 62301Z. <https://doi.org/10.1117/12.666531>
- Szynkarczyk, P. (2005). Neutralising and assisting robot smr-100 expert – design problematics. *Bulletin of the Polish Academy of Sciences: Technical Sciences*, 53 (1), 87–92. Available at: [https://journals.pan.pl/Content/111756/PDF/\(53-1\)87.pdf](https://journals.pan.pl/Content/111756/PDF/(53-1)87.pdf)
- Grigore, L., Ștefăniță, Oncioiu, I., Priescu, I., Joița, D. (2021). Development and Evaluation of the Traction Characteristics of a Crawler EOD Robot. *Applied Sciences*, 11 (9), 3757. <https://doi.org/10.3390/app11093757>
- de Cubber, G., Balta, H., Lietart, C. (2014). Teodor: A Semi-Autonomous Search and Rescue and Demining Robot. *Applied Mechanics and Materials*, 658, 599–605. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amm.658.599>
- Ștefan, A., Grigore, L., Ștefăniță, Oncioiu, I., Constantin, D., Mustață et al. (2022). Influence of the Stiffness of the Robotic Arm on the Position of the Effector of an EOD Robot. *Electronics*, 11 (15), 2355. <https://doi.org/10.3390/electronics11152355>
- Silva Vidal, Y., Elvis Supo, C., Milton Ccallata, C., Jesus Mamani, G., Betancur P., M., Brunno Pino, C. et al. (2022). Analysis and Evaluation of a EOD Robot Prototype. *2022 IEEE International IOT, Electronics and Mechatronics Conference (IEMTRONICS)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/iemtronics55184.2022.9795740>
- Fargnoli, M., Sakao, T. (2016). Uncovering differences and similarities among quality function deployment-based methods in Design for X: Benchmarking in different domains. *Quality Engineering*, 29 (4), 690–712. <https://doi.org/10.1080/08982112.2016.1253849>
- Atilano, L., Martinho, A., Silva, M. A., Baptista, A. J. (2019). Lean Design-for-X: Case study of a new design framework applied to an adaptive robot gripper development process. *Procedia CIRP*, 84, 667–672. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2019.04.190>
- Furtado, L. F. F., Villani, E., Trabasso, L. G., Silva, C. E. O. (2013). DTW: a design method for designing robot end-effectors. *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering*, 36 (4), 871–885. <https://doi.org/10.1007/s40430-013-0109-8>
- Gonçalves-Coelho, A. M., Mourão, A. J. F. (2007). Axiomatic design as support for decision-making in a design for manufacturing context: A case study. *International Journal of Production Economics*, 109 (1-2), 81–89. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2006.11.002>
- Würtenberger, J., Kloberdanz, H., Lotz, J., von Ahsen, A. (2014). Application of the FMEA during the product development process –

- Dependencies between level of information and quality of result. *Design Methods*, 417–426.
14. Yang, Z., Kou, M. (2021). Innovation fusion design of mechanical system robust design. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 124 (11-12), 3795–3811. <https://doi.org/10.1007/s00170-021-07843-4>
 15. Munoz, V. F., Garcia-Morales, L., Fernandez-Lozano, J., Gomez-De-Gabriel, J. M., Garcia-Cerezo, A., Vara, C. (2004). Risk analysis for fail-safe motion control implementation in surgical robotics. *Proceedings World Automation Congress*, 235–240.
 16. Backar, S. (2019). Integrative Framework of Kansei Engineering (KE) and Kano Model (KM) applied to Light Bulb Changer. *The Academic Research Community Publication*, 2 (4), 430–439. <https://doi.org/10.21625/archive.v2i4.392>
 17. Korayem, M. H., Iravani, A. (2008). Improvement of 3P and 6R mechanical robots reliability and quality applying FMEA and QFD approaches. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 24 (3), 472–487. <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2007.05.003>
 18. Shvetsova, O. A., Park, S. C., Lee, J. H. (2021). Application of Quality Function Deployment for Product Design Concept Selection. *Applied Sciences*, 11 (6), 2681. <https://doi.org/10.3390/app11062681>
 19. Büyükköçkan, G., Ilıcak, Ö., Feyzioglu, O. (2021). An Integrated QFD Approach for Industrial Robot Selection. *Advances in Production Management Systems. Artificial Intelligence for Sustainable and Resilient Production Systems*, 561–570. https://doi.org/10.1007/978-3-030-85906-0_61
 20. Sørensen, C. G., Jørgensen, R. N., Maagaard, J., Bertelsen, K. K., Dalgaard, L., Nørremark, M. (2010). Conceptual and user-centric design guidelines for a plant nursing robot. *Biosystems Engineering*, 105 (1), 119–129. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2009.10.002>
 21. Li, M., Zhang, A. (2022). Innovative design of intelligent medical delivery robot based on FAHP and QFD. *ICETIS 2022; 7th International Conference on Electronic Technology and Information Science*.
 22. Pasawang, T., Chatchanayuenyong, T., Sa-Ngiamvibool, W. (2015). QFD-based conceptual design of an autonomous underwater robot. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 37 (6), 659–668. Available at: <https://www.thaiscience.info/journals/Article/SONG/10977690.pdf>
 23. Jiménez, G. E. C., Cárdenas, D. J. M., Aponte, J. A., Sánchez, O. F. A., Monroy, M. F. M. (2017). QFD design methodology and construction of a type rover mobile robotic platform. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, 12 (4), 1098–1104. Available at: http://www.arpnjournals.org/jeas/research_papers/rp_2017/jeas_0217_5731.pdf
 24. Kobayashi, H., Shimizu, R., Takeuchi, K., Sugai, R., Hasegawa, H. (2022). RoboCup Rescue 2022 Team Description Paper Nexis-R. *RoboCup Rescue 2022*. Available at: [https://tdp.robocup.org/wp-content/uploads/tdp/robocup/2022/robocuprescue-robot/nexis-riU2awoV6f5.pdf](https://tdp.robocup.org/wp-content/uploads/tdp/robocup/2022/robocuprescue-robot/nexis-r-355/robocup-2022-robocuprescue-robot-nexis-riU2awoV6f5.pdf)
 25. Morimoto, Y., Tomiyama, T., Michikawa, R. (2022). RoboCup Rescue 2022 Team Description Paper SHINOBI. *ROBOCUP RESCUE 2022*. Available at: <https://tdp.robocup.org/wp-content/uploads/tdp/robocup/2022/robocuprescue-robot/shinobi-356/robocup-2022-robocuprescue-robot-shinobiAw37ofmjWE.pdf>
 26. Karmaker, C. L., Halder, P., Ahmed, S. M. T. (2019). Customer driven quality improvement of a specific product through AHP and entropy based QFD: a case study. *International Journal of the Analytic Hierarchy Process*, 11 (3), 389–414. <https://doi.org/10.13033/ijahp.v11i3.606>
 27. Mamani G., J., Ccallata C., M., Flores, E. V., Meneses, D., Betancur, M. A., Silva, Y. L., Apaza, J. L. (2024). Development of an EOD Robot for the Arequipa Explosive Disposal Unit. *International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research*, 13 (4), 414–427. <https://doi.org/10.18178/ijmerr.13.4.414-427>
 28. Vilcapaza Goyzueta, D., Guevara Mamani, J., Sulla Espinoza, E., Supo Colquehuanca, E., Silva Vidal, Y., Pinto, P. P. (2021). Evaluation of a NUI Interface for an Explosives Deactivator Robotic Arm to Improve the User Experience. *HCI International 2021 - Late Breaking Posters*, 288–293. https://doi.org/10.1007/978-3-030-90176-9_37
 29. Montoya Angulo, A., Pari Pinto, L., Sulla Espinoza, E., Silva Vidal, Y., Supo Colquehuanca, E. (2022). Assisted Operation of a Robotic Arm Based on Stereo Vision for Positioning near an Explosive Device. *Robotics*, 11 (5), 100. <https://doi.org/10.3390/robotics11050100>
 30. Andres, M. A., Pari, L., Elvis, S. C. (2021). Design of a User Interface to Estimate Distance of Moving Explosive Devices with Stereo Cameras. *2021 6th International Conference on Image, Vision and Computing (ICIVC)*, 362–366. <https://doi.org/10.1109/icivc52351.2021.9526934>

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.311478

IMPLEMENTATION OF REENGINEERING TECHNOLOGY IN THE TECHNOLOGICAL PREPARATION FOR GENERAL AVIATION AIRPLANE WING TIP MANUFACTURING BASED ON THE CONSTRUCTION OF A DIGITAL MOCK-UP (p. 43–53)

Kateryna Maiorova

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

Viacheslav Nikichanov

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

Ihor Lysochenko

National Aerospace University
"Kharkiv Aviation Institute", Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4407-0305>

Svitlana Myronova

National Aerospace University
"Kharkiv Aviation Institute", Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5981-1620>

The object of this study is the technological preparation of the production of a light aircraft wing using reverse engineering technology. The subject of research is a quality indicator – the geometric accuracy of manufacturing the convex-concave parts of aerospace technology. Calculations of geometric accuracy were performed for the program-instrumental method of co-ordination. As the experimental part it was taken the worn out wing tip of a light aircraft. The following results were obtained. An approach for specifying the aerodynamic airfoil and cross sections of the wing tip when constructing its digital model has been proposed. A 3D scanning of the wing tip with the formation of a digital portrait in STL format, as well as its refinement into a STEP format, using organic and mechanical methods, was accomplished. A digital mock-up of the wing tip was built taking into account the geometry of the aerodynamic airfoil in cross sections as well as a digital mock-up of the form (mould) for its manufacture according to the polygonal model, which was

created by the organic method due to it had the highest dimensional accuracy. It was determined that the maximum deviation of the actual wing contour from the theoretical one was as follows: the upper deviation was 0.84 mm, the lower deviation was -0.65 mm. The maximum deviation of the actual wing contour from the theoretical one was ± 0.3 mm. The expected (calculated) errors did not exceed the specified value of the tolerance on the wing outer contour that equal to ± 1.0 mm, thus, the adopted method of assembling the wing under the conditions of co-ordination by the program-instrumental method ensured the specified geometric accuracy. The results of experimental studies confirmed the adequacy of the proposed approach for determining the aerodynamic airfoil of the cross-sections of the digital mock-up of convex-concave parts for aerospace technology during their technological preparation for production with the use of reverse engineering.

Keywords: technological preparation of production, reverse engineering, digital mock-up, 3D scanning, geometric accuracy, aerodynamic airfoil.

References

- Alcácer, V., Cruz-Machado, V. (2019). Scanning the Industry 4.0: A Literature Review on Technologies for Manufacturing Systems. *Engineering Science and Technology, an International Journal*, 22 (3), 899–919. <https://doi.org/10.1016/j.jestch.2019.01.006>
- Stojkic, Z., Culjak, E., Saravanja, L. (2020). 3D Measurement – Comparison of CMM and 3D Scanner. *Proceedings of the 31st International DAAAM Symposium 2020*, 0780–0787. <https://doi.org/10.2507/31st.daaam.proceedings.108>
- 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>
- 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>
- 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>
- Onopchenko, A., Horbachov, O., Sorokin, V., Dudukalov, Y., Kurin, M. (2022). Optimal Conditions for Deformation of Stamping-Drawing Process from Aviation Materials. *Advanced Manufacturing Processes IV*, 109–118. https://doi.org/10.1007/978-3-031-16651-8_11
- Onopchenko, A. V., Kurin, M. O., Shyrokyi, Yu. V. (2024). Ensuring Quality of Stamping Sheet Aviation Parts. *Progress in Physics of Metals*, 25 (2), 320–363. <https://doi.org/10.15407/ufm.25.02.320>
- Subeshan, B., Abdulaziz, A., Khan, Z., Uddin, Md. N., Rahman, M. M., Asmatulu, E. (2022). Reverse Engineering of Aerospace Components Utilizing Additive Manufacturing Technology. *TMS 2022 151st Annual Meeting & Exhibition Supplemental Proceedings*, 238–246. https://doi.org/10.1007/978-3-030-92381-5_21
- 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>
- Andrei, I.-C., Stroe, G.-L., Berbente, S., Stoica, G. F., Crisan, N., Prisecaru, D. et al. (2023). Applications of design and reverse engineering for the development of digital and smart tools for composite additive manufacturing. *INCAS BULLETIN*, 15 (4), 19–34. <https://doi.org/10.13111/2066-8201.2023.15.4.2>
- Faizin, M., Paryanto, P., Cahyo, N., Rusnaldy, R. (2024). Investigating the accuracy of boat propeller blade components with reverse engineering approach using photogrammetry method. *Results in Engineering*, 22, 102293. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.102293>
- Zhang, Z., Zhao, M., Shen, Z., Wang, Y., Jia, X., Yan, D.-M. (2024). Interactive reverse engineering of CAD models. *Computer Aided Geometric Design*, 111, 102339. <https://doi.org/10.1016/j.cagd.2024.102339>
- 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>
- 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>
- Zhang, C., Pinquicé, R., Polette, A., Carasi, G., De Charnace, H., Perrot, 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>
- Maiorova, K., Kapinus, O., Nikichanov, V., Skyba, O., Suslov, A. (2024). Devising a methodology for prototyping convex-concave parts using reverse-engineering technology providing the predefined geometric accuracy of their manufacturing. *Engineering Technological Systems*, 4 (1 (130)), 112–120. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.308047>
- Pluihin, V., Zaklinskyy, 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>
- Phua, A., Davies, C. H. J., Delaney, G. W. (2022). A digital twin hierarchy for metal additive manufacturing. *Computers in Industry*, 140, 103667. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2022.103667>
- Technical specifications. Artec 3D. Available at: <https://www.artec3d.com/portable-3d-scanners/artec-spider#specifications>
- Agoston, M. K. (2005). *Computer Graphics and Geometric Modelling*. Springer-Verlag London, 908. <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>
- 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
- Aboshweita, I. M., Masood, M. A., Idris, A. A. M., Abotbina, W. (2024). Evaluation of the Freeform Feature of Solid works Parametric. *International Journal of Latest Engineering and Management Research (IJLEMR)*, 9 (5), 35–44. <https://doi.org/10.56581/ijlemr.9.05.35-44>
- 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. *Discrete Differential Geometry*, 175–188. https://doi.org/10.1007/978-3-7643-8621-4_9
- Burns, M. (1993). *Automated Fabrication: Improving Productivity in Manufacturing*. PTR Prentice Hall, 369.
- 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)

28. Airfoil Tools. Available at: <http://airfoiltools.com/>
29. Krivov, G. A., Matvienko, V. A., Vorobev, Yu. A. (2007). Tehnologiya sborki uzlov i agregatov planera samoleta s ispolzovaniem otverstiy v kachestve sborochnykh baz: SOU MPP 49.035-90:2007. Kyiv, 156.
30. Sikulskiy, V., Boborykin, Yu., Vasilchenko, S., Pyankov, A., Demenko, V. (2006). Technology of airplane and helicopter manufacturing. Fundamentals of aircraft manufacturing. Kharkiv: National Aerospace University "Kharkiv Aviation Institute", 206.
31. Pekarsh, A. I., Tarasov, Yu. M., Krivov, G. A. et al. (2006). Sovremennye tehnologii agregatno-sborochnogo proizvodstva samoletov. Moscow: Agraf-press, 304.
32. Kryvtsov, V. S., Vorobiov, Yu. A., Bukin, Yu. M. et al. (2009). Tekhnologiya vyrobnystva litalnykh aparativ (skladalno-montazhni roboty). Kharkiv: Nats. aerokosm. un-t "Khark. aviats. in-t", 80.
33. Sikulskiy, V., Maiorova, K., Vorobiov, I., Boiko, M., Komisarov, O. (2022). Implementation of reengineering technology to reduce the terms of the technical preparation of manufacturing of aviation technology assemblies. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 3 (1 (117)), 25–32. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.258550>

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.312154
DEVELOPMENT OF A COMPACT FORAGE HARVESTER EQUIPPED WITH A STEM LENGTH ORIENTER AND RECTANGULAR DEFLECTOR FOR SMALL FARMS (p. 54–64)

Tokhtar Abilzhanuly

Scientific Production Center of Agricultural Engineering, LTD,
 Almaty, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9513-1702>

Serik Nurgozhayev

Scientific Production Center of Agricultural Engineering, LTD,
 Almaty, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-8132-7714>

Daniyar Abilzhanov

Scientific Production Center of Agricultural Engineering, LTD,
 Almaty, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7930-0481>

Olzhas Seipataliyev

Scientific Production Center of Agricultural Engineering, LTD,
 Almaty, Republic of Kazakhstan
 E-mail: mr.seipatal@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4968-1754>

Darkhan Karmanov

Scientific Production Center of Agricultural Engineering, LTD,
 Almaty, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0924-5234>

Dauren Kosherbay

Scientific Production Center of Agricultural Engineering, LTD,
 Almaty, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-5754-6660>

Ruslan Iskakov

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

Nurakhet Khamitov

Kazakh National Agrarian Research University,
 Almaty, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-1880-8361>

The object of the study is the technological processes of high-quality crushing of stem feeds, due to the oriented feeding of stems into the grinding chamber and transportation of the crushed mass through a rectangular deflector.

A review of the literature sources has shown that at present, the design and technological scheme of a small-sized forage harvester has not yet been developed, which in turn ensures high-quality crushing of stem feeds and reduces operating costs in small farms.

As a result of theoretical studies, analytical expressions were obtained to determine the mass velocity at the deflector outlet and the range of mass ejection in the horizontal section.

The combine productivity when mowing alfalfa was equal to 6.22 t/h, the range of mass ejection in the horizontal direction was within 7.5...8.0 m (theoretical value – 7.8 m), the average size of crushed particles was 32.89 mm (estimated length – 33.5 mm), the difference between theoretical and actual values is 1.5 %.

The results of laboratory and field tests showed the efficiency of the forage harvester, the reliability of the analytical expressions obtained and the efficiency of the stem length orienter was determined. A distinctive feature of the research results is that a design and technological scheme of a small-sized forage harvester equipped with an orienter and a theoretical description of the feed transportation process through a rectangular deflector were developed.

According to the presented design and technological scheme, the deflector and orienter have a simplified design and good quality of crushing stem feeds. All this proves the practical significance and applicability of the developed forage harvester.

Keywords: forage harvester, rectangular deflector, mass ejection range, orienter, alfalfa.

References

1. Pilyugin, K. A., Ishutko, A. S., Demchuk, E. V. (2017). Feeding and grinding apparatuses of forage harvesters. *New Science: experience, traditions, innovations*, 1-2 (123), 245–248.
2. Kandel, M. V., Kandel, N. M., Zemlyak, V. L., Bumbar, I. V. (2019). Combine for harvesting corn for silage. *Dalnevostochny agrarny vestnik*, 2 (50), 93–98.
3. Faritov, T. A. (2010). Resource-saving technologies of production, storage and use of fodder. *Agrarny vestnik Urala*, 3 (69), 43–45.
4. Koprivica, R., Veljkovic, B., Radivojevic, D., Stanimirovic, N., Topisirovic, G., Djokic, D. (2012). Production of grass silage by direct mowing using Corner Machinery-1300 forage harvester. *African Journal of Agricultural Research*, 7 (40), 54–59.
5. Amiama, C., Bueno, J., Álvarez, C. J. (2008). Influence of the physical parameters of fields and of crop yield on the effective field capacity of a self-propelled forage harvester. *Biosystems Engineering*, 100 (2), 198–205. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2008.03.004>
6. Zhang, M., Sword, M. L., Buckmaster, D. R., Cauffman, G. R. (2003). Design and evaluation of a corn silage harvester using shredding and flail cutting. *Transactions of the ASAE*, 46 (6), 1503–1511. <https://doi.org/10.13031/2013.15633>
7. Savoie, P., Lemire, P., Thériault, R. (2002). Evaluation of five sensors to estimate mass-flow rate and moisture of grass in a forage harvester. *Applied Engineering in Agriculture*, 18 (4). <https://doi.org/10.13031/2013.8751>
8. Kuzmenko, V., Maksimenko, V., Yampolsky, S. (2017). Experimental substantiation of the parameters of the mass accelerator of the forage harvester. *Collection of scientific works of the Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for*

- Agricultural Mechanization. Mechanization and electrification of agriculture, 51, 194–199.
9. Maryina, A. M. (2007). Increasing the efficiency of the process of loading vehicles by a forage harvester by optimizing the design and mode parameters of the deflector. *Saratov*, 21.
 10. 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>
 11. 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>
 12. Abilzhanuly, T., Abilzhanov, D., Khamitov, N., Iskakov, R., Orakzhyn, D., Naidenko, E. (2023). Justification for the speed of a knife and blade depending on the range of the ejectable mass through the deflector of a forage harvester. *Izdenister Natigeler*, 3 (99), 345–355. <https://doi.org/10.37884/3-2023/35>
 13. Abilzhanuly, T., Iskakov, R., Issenov, S., Kubentaeva, G., Mamyrbayeva, I., Abilzhanov, D. et al. (2023). Development of a layer leveling technology that reduces the energy intensity of the processes of mixing and drying the fodder mass. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (7 (124)), 106–115. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.286325>
 14. Abilzhanuly, T., Iskakov, R., Abilzhanov, D., Gulyarenko, A., Khan, V. (2024). Justification of parameters of impact-spreading finger shaft for grinder-mixer-dryer using the example of eggshells. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (1 (129)), 33–44. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.304127>
 15. Self-propelled forage harvester KSK-600 "Palesse FS60". Available at: <https://souzbelagro.ru/kombajn-kormouborochnyj-samohodnyj-ksk-600-palesse-fs60>
 16. Independent tests of forage harvester. Available at: http://vfermer.ru/rubrics/tehnika/tehnika_1451.html
 17. Belov, M. I. (2019). The Method of Calculating Cut Length for Flail and Double Chop Forage Harvesters. *Engineering Technologies and Systems*, 29 (2), 279–294. <https://doi.org/10.15507/2658-4123.029.201902.279-294>
 18. Wang, J., Wang, X., Li, H., Lu, C., He, J., Wang, Q. et al. (2022). Improvement of Straw Throwing Performance of Harvester Based on Matching Header Width. *Agriculture*, 12 (9), 1291. <https://doi.org/10.3390/agriculture12091291>
 19. Deglaf, A. A., Yavorsky, B. M. (2002). Course of physics. Moscow: "Vysshaya Shkola", 718.
 20. Abilzhanuly, T., Iskakov, R., Abilzhanov, D., Gulyarenko, A., Khan, V. (2024). Identifying the influence of the pitch of hammers with cutting edges on the average length of feed crushed in hammer grinders. *Engineering Technological Systems*, 4 (1 (130)), 69–78. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.310045>
 21. Bertin, D., Cotabarren, I., Piña, J., Bucalá, V. (2016). Population balance discretization for growth, attrition, aggregation, breakage and nucleation. *Computers & Chemical Engineering*, 84, 132–150. <https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2015.08.011>
 22. Kosilov, N. I., Stoyan, S. V., Kosilov, D. N. (2006). Fodder harvester trailed combine harvester KPK-2,1 "Bulat". *Prospectus of science and technology*, 6, 43–44.
 23. Lisowski, A., Świątek, K., Klonowski, J., Sypuła, M., Chlebowski, J., Nowakowski, T. et al. (2012). Movement of chopped material in the discharge spout of forage harvester with a flywheel chopping unit: Measurements using maize and numerical simulation. *Biosystems*

Engineering, 111 (4), 381–391. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2012.01.003>

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.311404
CONSTRUCTING A MODEL OF THE AXIS FORM
IN A S-SHAPED RISER OF A CULTIVATOR
PAW (p. 65–71)

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>

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>

Zinovia Ruzhilo

National University of Life and
 Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-3936-406X>

Serhii Dieniezhnikov

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

Nataliia Tarelyk

Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6304-6925>

Oleksandr Tatsenko

Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1762-8219>

Svetlana Semirnenko

Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9304-3637>

Svetlana Motsak

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

When cultivating the soil, a force of resistance to the movement of cultivator paw acts on it. It has a variable value and causes a moment of force applied to the riser of the paw. Under the action of the moment, the elastic axis of the riser changes its shape. This affects the position of the paw in the soil. The form of an S-shaped riser whose elastic axis consists of two circle arcs has been considered in this study. During cultivator operation, one part of the riser bends, increasing the curvature of the elastic axis, and the other, on the contrary, unbends, that is, its curvature decreases.

The modeling of the shape of the elastic axis of the paw riser is based on the theory of resistance of materials, according to which the curvature of the elastic axis of the cantilevered band is directly proportional to the applied moment and inversely proportional to its stiffness. If the shape of the cross-section of the riser along its

entire length is unchanged and the properties of the metal are also the same, then the stiffness is constant. In the case of small deflections of the band, the linear theory of bending is used, but the deflections in the riser are significant, so the nonlinear theory has been used for this case. At the same time, it is taken into account that the elastic axis of the riser already has an initial curvature, the sign of which changes after passing through the point of connection of the component arcs.

To model the shape of the elastic axis of the S-shaped paw riser, the deformation of the arcs of the circles that form this paw was calculated separately. Numerical integration methods were used to find the shape of the deformed elastic axes of both parts of the riser. They were connected into a whole and a deformed elastic axis of the S-shaped riser was obtained. Two variants of the riser with different lengths of their elastic axis, but the same height and the same angle of entry into the soil, were considered. The combination of the component arcs of the riser shows that, under the action of the same force, the deviation from the specified movement depth for one riser is 2 cm, and for the other – 4 cm.

Keywords: tillage, working body, elastic axis, circle arc, moment of force.

References

- Zhang, X., Hu, J., Chen, S. (2023). Study on Stability of Elastic Compression Bending Bar in Viscoelastic Medium. *Applied Sciences*, 13 (19), 11111. <https://doi.org/10.3390/app131911111>
- Pylypaka, S., Hropost, V., Kresan, T., Volina, T., Vasyliuk, V. (2023). The Form of a Spiral Spring in a Free State. *Lecture Notes in Mechanical Engineering*, 509–517. https://doi.org/10.1007/978-3-031-42778-7_47
- 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. <https://doi.org/10.31548/machenergy2020.01.177>
- 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>
- 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), 9–23. <https://doi.org/10.31548/machinery/1.2023.09>
- Sereda, L. P., Kovalchuk, D. A. (2021). Mathematical modeling soil tilling unit in the system "soil-aggregate-energy means" for strip-till technology soil treatment. *Machinery & Energetics*, 12 (4), 103–108. <https://doi.org/10.31548/machenergy2021.04.103>
- Kobets, A. S., Pugach, A. M., Kharytonov, M. M. (2018). Justification of the cultivator sweep and strengthening elements on the working surface. *INMATEG Agricultural Engineering*, 54 (1), 161–170.
- Budzanivskiy, M. (2022). Mathematical modelling of oscillations of a machine for cutting tops of root crops. *Machinery & Energetics*, 13 (4), 16–27. [https://doi.org/10.31548/machenergy.13\(4\).2022.16-27](https://doi.org/10.31548/machenergy.13(4).2022.16-27)
- Banniy, O., Popyk, P., Savko, D. (2022). Failure analysis of the segment finger bar mower and force interaction of the blade segment with the plant stem. *Machinery & Energetics*, 13 (3), 17–24. [https://doi.org/10.31548/machenergy.13\(3\).2022.17-24](https://doi.org/10.31548/machenergy.13(3).2022.17-24)
- Borak, K. V. (2020). Improvement of total running time and wear resistance of tillage tools. *Machinery & Energetics*, 11 (3), 67–73. <https://doi.org/10.31548/machenergy2020.03.067>
- Paladiychuk, Yu., Melnik, Ju. (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>
- Vasylenko, M. O., Buslaiev, D. O. (2020). Mathematical models for predicting weight and linear wear from resource indicators serial and hardened by combined method of cultivator paws. *Machinery & Energetics*, 11 (2), 29–33. <https://doi.org/10.31548/machenergy2020.02.029>
- Kozachenko, O. V., Siedykh, K. V. (2020). Dynamic model of process of deformation of elastic rack of disk cultivator. *Machinery & Energetics*, 11 (3), 31–39. <https://doi.org/10.31548/machenergy2020.03.031>
- Stiyka kultyvatora W-1417000030/1. Available at: <https://prom.ua/ua/p867775419-stojka-kultivatora-14170000301.html>

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.312973

DETERMINING THE INFLUENCE OF STRUCTURAL AND TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF STRIP TILLAGE ON SUNFLOWER VEGETATION (p. 72–82)

Gennadii Golub

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

Volodymyr Nadykto

Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University, Zaporizhzhia, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1770-8297>

Andrii Dvornyk

Separate Structural Subdivision "Nizhyn Vocational College" of National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Nizhyn, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8242-4250>

Nataliya Tsyvenkova

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

Illia Tsaruk

Separated Subdivision of National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine "Nizhyn Agrotechnical Institute", Nizhyn, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7383-1919>

Viacheslav Chuba

Bila Tserkva National Agrarian University, Bila Tserkva, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4119-0520>

Natalia Krupa

Bila Tserkva National Agrarian University, Bila Tserkva, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5299-3580>

Oksana Kaminetska

Bila Tserkva National Agrarian University, Bila Tserkva, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1576-6477>

Ivan Chuba

MSDLab OU, Koima, Pärnu maakond, Estonia
ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-3237-3458>

Evgeniy Omelchenko

Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-2710-9579>

The object of this study is the process of strip tillage, its effect on soil moisture in the strip, and subsequent vegetation of sunflower plants. At the same time, the task to increase the efficiency of strip tillage was solved.

It has been established that the rational values of the structural and technological parameters of the strip tillage section in terms of fuel consumption depend on the speed of movement of the unit, the depth and width of the tilled strip of soil. One section of the unit was used for the research. The studies were conducted using the Box-Benkin three-factor experiment design. It was established that the rational values of the structural and technological parameters of strip tillage in terms of fuel consumption have the following values: the depth of strip tillage $h=20-25$ cm, the width of strip tillage $b=20-25$ cm, the speed of the unit from 7.5 to 11 km/hours. In this case, the actual fuel consumption ranged from 4.2 to 6.3 l/ha.

It was also established that an increase in the width and depth of the strip cultivation leads to an increase in moisture loss in it. The highest value of soil moisture occurs at the minimum values of the depth and width of the strip cultivation, and the lowest at their maximum values. The influence of the width of the cultivated strip on the height of sunflower plants is more significant than the influence of the depth of tillage. This applies both to the range of changes in the height of sunflower plants (12.4–13.6 cm compared to 12.5–13.1 cm) and the intensity of the impact. The greatest influence on the height of sunflower plants is exerted by the magnitude of the transverse displacement of the axis of the row of plants. The intensity of this influence is approximately the same as the depth of tillage, and the range of changes in the height of sunflower plants is 11.7–14 cm.

Research results could be used in the design of units for strip tillage and sowing units.

Keywords: fuel consumption, tillage depth, sowing line, tillage width, movement speed.

References

- Ahmad, M., Chakraborty, D., Aggarwal, P., Bhattacharyya, R., Singh, R. (2018). Modelling soil water dynamics and crop water use in a soybean-wheat rotation under chisel tillage in a sandy clay loam soil. *Geoderma*, 327, 13–24. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.04.014>
- Wang, C., Wang, Z., El-Badri, A. M., Batool, M., Anwar, S., Wang, X. et al. (2023). Moderately deep tillage enhances rapeseed yield by improving frost resistance of seedling during overwintering. *Field Crops Research*, 304, 109173. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2023.109173>
- Bonifacio, E., Said-Pullicino, D., Stanchi, S., Potenza, M., Belmonte, S. A., Celi, L. (2024). Soil and management effects on aggregation and organic matter dynamics in vineyards. *Soil and Tillage Research*, 240, 106077. <https://doi.org/10.1016/j.still.2024.106077>
- Battisti, M., Zavattaro, L., Capo, L., Blandino, M. (2022). Maize response to localized mineral or organic NP starter fertilization under different soil tillage methods. *European Journal of Agronomy*, 138, 126534. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2022.126534>
- Hu, F., Wang, H., Mou, P., Zhou, J. (2018). Nutrient Composition and Distance from Point Placement to the Plant Affect Rice Growth. *Pedosphere*, 28 (1), 124–134. [https://doi.org/10.1016/s1002-0160\(17\)60393-x](https://doi.org/10.1016/s1002-0160(17)60393-x)
- Dekemati, I., Simon, B., Vinogradov, S., Birkás, M. (2019). The effects of various tillage treatments on soil physical properties, earthworm abundance and crop yield in Hungary. *Soil and Tillage Research*, 194, 104334. <https://doi.org/10.1016/j.still.2019.104334>
- Patra, K., Parihar, C. M., Nayak, H. S., Rana, B., Sena, D. R., Anand, A. et al. (2023). Appraisal of complementarity of subsurface drip fertigation and conservation agriculture for physiological performance and water economy of maize. *Agricultural Water Management*, 283, 108308. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2023.108308>
- Licht, M. A., Al-Kaisi, M. (2005). Strip-tillage effect on seedbed soil temperature and other soil physical properties. *Soil and Tillage Research*, 80 (1-2), 233–249. <https://doi.org/10.1016/j.still.2004.03.017>
- Dou, S., Wang, Z., Tong, J., Shang, Z., Deng, A., Song, Z., Zhang, W. (2024). Strip tillage promotes crop yield in comparison with no tillage based on a meta-analysis. *Soil and Tillage Research*, 240, 106085. <https://doi.org/10.1016/j.still.2024.106085>
- Trevini, M., Benincasa, P., Guiducci, M. (2013). Strip tillage effect on seedbed tillth and maize production in Northern Italy as case-study for the Southern Europe environment. *European Journal of Agronomy*, 48, 50–56. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2013.02.007>
- Govaerts, B., Fuentes, M., Mezzalama, M., Nicol, J. M., Deckers, J., Etchevers, J. D. et al. (2007). Infiltration, soil moisture, root rot and nematode populations after 12 years of different tillage, residue and crop rotation managements. *Soil and Tillage Research*, 94 (1), 209–219. <https://doi.org/10.1016/j.still.2006.07.013>
- Wang, X., Li, Y., Biswas, A., Sang, H., He, J., Liu, D. L., Yu, Q. et al. (2024). Modeling soil water and salt dynamics in cotton-sugarbeet intercropping and their monocultures with biochar application. *Soil and Tillage Research*, 240, 106070. <https://doi.org/10.1016/j.still.2024.106070>
- Qishuo, D., Shuangyang, G., Jun, R., Yinian, L., Ruiyin, H. (2017). Characteristics of subsoiler traction and soil disturbance in paddy soil. *Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 48, 47–56. <http://dx.doi.org/10.6041/j.issn.1000-1298.2017.01.007>
- Lijing, L., Chao, M., Zhongjun, L. (2021). EDEM-based Parameter Optimization and Experiment of Full-layer Fertilization Shovel for Strip Subsoiling. *Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 52, 74–83.
- Lekavičienė, K., Šarauskius, E., Naujokienė, V., Buragienė, S., Kriaučiūnienė, Z. (2019). The effect of the strip tillage machine parameters on the traction force, diesel consumption and CO₂ emissions. *Soil and Tillage Research*, 192, 95–102. <https://doi.org/10.1016/j.still.2019.05.002>
- Naujokienė, V., Šarauskius, E., Lekavičienė, K., Adamavičienė, A., Buragienė, S., Kriaučiūnienė, Z. (2018). The influence of biopreparations on the reduction of energy consumption and CO₂ emissions in shallow and deep soil tillage. *Science of The Total Environment*, 626, 1402–1413. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.01.190>
- Šarauskius, E., Buragienė, S., Masilionytė, L., Romaneckas, K., Avizienytė, D., Sakalauškas, A. (2014). Energy balance, costs and CO₂ analysis of tillage technologies in maize cultivation. *Energy*, 69, 227–235. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2014.02.090>
- Damanauskas, V., Janulevicius, A., Pupinis, G. (2015). Influence of Extra Weight and Tire Pressure on Fuel Consumption at Normal Tractor Slippage. *Journal of Agricultural Science*, 7 (2). <https://doi.org/10.5539/jas.v7n2p55>
- McKyes, E., Maswaure, J. (1997). Effect of design parameters of flat tillage tools on loosening of a clay soil. *Soil and Tillage Research*, 43 (3-4), 195–204. [https://doi.org/10.1016/s0167-1987\(97\)00014-7](https://doi.org/10.1016/s0167-1987(97)00014-7)
- Wang, C., Ai, S., Chen, Q., Li, J., Ding, J., Yang, F. (2024). Effect of strip tillage widths on soil moisture, soil temperature and soil structure in northeast China. *Frontiers in Environmental Science*, 12. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2024.1404971>

21. Celik, A., Altikat, S., Way, T. R. (2013). Strip tillage width effects on sunflower seed emergence and yield. *Soil and Tillage Research*, 131, 20–27. <https://doi.org/10.1016/j.still.2013.03.004>
22. Golub, G., Dvornyk, A. (2018). Reference of quality and hornomic requirements for groundwater protection indicators. *Scientific Horizons*, 73 (12), 37–44. <https://doi.org/10.33249/2663-2144-2018-73-12-37-44>
23. Golub, G., Dvornyk, A. (2019). Influence of the parameters of the unit section aggregate for strip-till on the multiplicability of soil. *Scientific Horizons*, 79 (6), 40–50. <https://doi.org/10.33249/2663-2144-2019-78-5-40-50>
24. Nadykto, V., Domeika, R., Golub, G., Kukharets, S., Chorna, T., Čėsna, J., Hutsol, T. (2023). Research on a Machine–Tractor Unit for Strip-Till Technology. *AgriEngineering*, 5 (4), 2184–2195. <https://doi.org/10.3390/agriengineering5040134>
25. Prasolov, E., Bielovol, Y., Bielovol, S. (2016). Study of the process of soil strip tillage by vertical milling adapter. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (1 (84)), 28–36. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.86080>
26. Shargorodskiy, S., Halanskyi, V. (2024). Justification of construction and technological parameters of the strip-till section for strip tillage with the application of fertilizers. *Engineering, Energy, Transport Aic*, 1 (124), 47–55. <https://doi.org/10.37128/2520-6168-2024-1-6>
27. Sereda, L. P., Kovalchuk, D. A. (2021). Mathematical Modeling soil tilling unit in the system "Soil-Aggregate-Energy Means" for Strip-till technology soil treatment. *Machinery & Energetics*, 12 (4), 103–108. <https://doi.org/10.31548/machenergy2021.04.103>
28. Yasnolob, I. O., Chayka, T. O., Gorb, O. O., Kalashnyk, O. V., Konchakovskiy, Ye. O., Moroz, S. E., Shvedenko, P. Yu. (2019). Using resource and energy-saving technologies in agricultural production as a direction of raising energy efficiency of rural territories. *Ukrainian Journal of Ecology*, 9 (1), 244–250. Available at: <https://www.ujecology.com/articles/using-resource-and-energysaving-technologies-in-agricultural-production-as-a-direction-of-raising-energy-efficiency-of-r.pdf>
29. Shustik, L., Nilova, N., Klochay, O., Lysak, O., Gromadskaya, V. (2018). Strip-Till – an important agrotechnical method of keeping moisture in soil. *Technical and Technological Aspects of Development and Testing of New Machinery and Technologies for Agriculture of Ukraine*, 23 (37). [https://doi.org/10.31473/2305-5987-2018-2-23\(37\)-17](https://doi.org/10.31473/2305-5987-2018-2-23(37)-17)
30. Gałżewski, L., Jaskulska, I., Kotwica, K., Lewandowski, Ł. (2022). The Dynamics of Soil Moisture and Temperature – Strip-Till vs. Plowing – A Case Study. *Agronomy*, 13 (1), 83. <https://doi.org/10.3390/agronomy13010083>

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.312225

DETERMINING THE FORCE PARAMETERS OF THE WORKING PROCESS TO CLEAN THE UDDER NIPPLES OF COWS (p. 83–90)

Igor Korkh

Livestock farming institute of NAAS of Ukraine, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8077-895X>

Anatoliy Paliy

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

Oksana Korkh

Livestock farming institute of NAAS of Ukraine, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7010-1574>

Roman Petrov

Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6252-7965>

Oleksandr Chekan

Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5676-1947>

Hanna Fotina

Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0761-3681>

Pavlo Skliarov

Dnipro State Agrarian and Economic University, Dnipro, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4379-9583>

Yulia Horiuk

Higher Educational Institution "Podillia State University", Kamianets-Podilskyi, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7162-8992>

Nataliia Tyshkivska

Bila Tserkva National Agrarian University, Bila Tserkva, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9249-0921>

Daria Solodka

Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-3251-5319>

The object of this study is the force parameters of the working process when cleaning the udder nipples of cows from contamination. Failure to provide adequate care for a cow, especially concerning its udder, could lead to significant health and productivity problems. On the other hand, utilizing modern tools, devices, and materials could improve the sanitary and hygienic conditions for milking cows and udder care, thus leading to better overall outcomes. As part of the research, mathematical expressions were derived theoretically, allowing the determination of the force parameters of the working process for cleaning cows' udders from contamination by expanding the range of the device's functional characteristics. Distinctive features of the results regarding the solution to this problem is evaluation of the elasticity force exerted by the lint bundles on the nipple during the rotation of the brush device's drum and the circular force generated by the brush lint. The developed algorithm of the work process aimed at cleaning the nipples and udders of cows made it possible to combine a set of clearly defined and sequentially performed operations into a single whole.

It has been demonstrated that the efforts required to retain different types of contamination on the skin vary significantly. To objectively determine it, a new device has been designed. Its distinctive features are the precision of measurement and simplicity of operation. Following laboratory testing, it was established that the highest contaminant retention forces were exhibited by solid manure ($F_{ret} = 40 \pm 3.21$ N), while the lowest values were observed for sawdust ($F_{ret} = 19 \pm 2.17$ N) ($p \leq 0.001$).

The developments are relevant and could be used at cattle breeding farms of various forms of ownership, the scientific community, and at industrial enterprises manufacturing technological equipment.

Keywords: cows, a device for cleaning udders, the process of cleaning cows' udders.

References

1. Erdem, H., Okuyucu, I. C. (2019). Influence of hygiene status of cows on somatic cell count and milk components during summer

- season. *Large Animal Review*, 25 (1), 7–10. Available at: <https://www.largeanimalreview.com/index.php/lar/article/view/32/3>
2. Sant'Anna, A. C., Paranhos da Costa, M. J. R. (2011). The relationship between dairy cow hygiene and somatic cell count in milk. *Journal of Dairy Science*, 94 (8), 3835–3844. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3951>
 3. Hauge, S. J., Kielland, C., Ringdal, G., Skjerve, E., Nafstad, O. (2012). Factors associated with cattle cleanliness on Norwegian dairy farms. *Journal of Dairy Science*, 95 (5), 2485–2496. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4786>
 4. Arefeh, A. J., Ebrahimnejad, H., Aghamiri, S. M. (2021). A study on dairy cow management and the related bulk tank milk bacteria in Kerman County during cold and hot seasons. *Iranian Veterinary Journal*, 17 (1), 24–32. <https://doi.org/10.22055/IVJ.2021.253229.2312>
 5. Witkowska, D., Ponieważ, A. (2022). The Effect of Housing System on Disease Prevalence and Productive Lifespan of Dairy Herds – A Case Study. *Animals*, 12 (13), 1610. <https://doi.org/10.3390/ani12131610>
 6. Rowe, S., Tranter, W., Laven, R. (2021). Longitudinal study of herd udder hygiene and its association with clinical mastitis in pasture-based dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 104 (5), 6051–6060. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19254>
 7. Rötzer, V., Wenderlein, J., Wiesinger, A., Versen, F., Rauch, E., Straubinger, R. K., Zeiler, E. (2023). Bovine Udder Health: From Standard Diagnostic Methods to New Approaches – A Practical Investigation of Various Udder Health Parameters in Combination with 16S rRNA Sequencing. *Microorganisms*, 11 (5), 1311. <https://doi.org/10.3390/microorganisms11051311>
 8. Lundmark Hedman, F., Andersson, M., Kinch, V., Lindholm, A., Nordqvist, A., Westin, R. (2021). Cattle Cleanliness from the View of Swedish Farmers and Official Animal Welfare Inspectors. *Animals*, 11 (4), 945. <https://doi.org/10.3390/ani11040945>
 9. Nanka, O., Shigimaga, V., Paliy, A., Sementsov, V., Paliy, A. (2018). Development of the system to control milk acidity in the milk pipeline of a milking robot. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (9 (93)), 27–33. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.133159>
 10. Böker, A. R., Bartel, A., Do Duc, P., Hentzsch, A., Reichmann, F., Merle, R. et al. (2023). Status of udder health performance indicators and implementation of on farm monitoring on German dairy cow farms: results from a large scale cross-sectional study. *Frontiers in Veterinary Science*, 10. <https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1193301>
 11. Irie, Y., Ono, M., Aritsune, M., Imamura, Y., Nishioka, S., Akiyama, K. et al. (2021). Cleaning procedures and cleanliness assessments of bucket milkers and suckling buckets on Japanese dairy farms. *Journal of Veterinary Medical Science*, 83 (5), 863–868. <https://doi.org/10.1292/jvms.20-0432>
 12. Aliiev, E., Paliy, A., Kis, V., Paliy, A., Petrov, R., Plyuta, L. et al. (2022). Establishing the influence of technical and technological parameters of milking equipment on the efficiency of machine milking. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (1 (115)), 44–55. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.251172>
 13. Burtscher, J., Rudavsky, T., Zitz, U., Neubauer, V., Domig, K. J. (2023). Importance of Pre-Milking Udder Hygiene to Reduce Transfer of Clostridial Spores from Teat Skin to Raw Milk. *Microorganisms*, 11 (5), 1337. <https://doi.org/10.3390/microorganisms11051337>
 14. Wagemann-Fluxá, C. A., Kelton, D. F., DeVries, T. J. (2024). Associations of cow- and herd-level factors during the dry period with indicators of udder health in early-lactation cows milked by automated milking systems. *Journal of Dairy Science*, 107 (1), 459–475. <https://doi.org/10.3168/jds.2023-23796>
 15. Foris, B., Lecorps, B., Krahn, J., Weary, D. M., von Keyserlingk, M. A. G. (2021). The effects of cow dominance on the use of a mechanical brush. *Scientific Reports*, 11 (1). <https://doi.org/10.1038/s41598-021-02283-2>
 16. Reyes, F. S., Gimenez, A. R., Anderson, K. M., Miller-Cushon, E. K., Dorea, J. R., Van Os, J. M. C. (2022). Impact of Stationary Brush Quantity on Brush Use in Group-Housed Dairy Heifers. *Animals*, 12 (8), 972. <https://doi.org/10.3390/ani12080972>
 17. Lecorps, B., Welk, A., Weary, D. M., von Keyserlingk, M. A. G. (2021). Postpartum Stressors Cause a Reduction in Mechanical Brush Use in Dairy Cows. *Animals*, 11 (11), 3031. <https://doi.org/10.3390/ani11113031>
 18. Velasquez-Munoz, A., Manriquez, D., Paudyal, S., Solano, G., Han, H., Callan, R. et al. (2019). Effect of a mechanical grooming brush on the behavior and health of recently weaned heifer calves. *BMC Veterinary Research*, 15 (1). <https://doi.org/10.1186/s12917-019-2033-3>
 19. Paliy, A., Aliiev, E., Paliy, A., Ishchenko, K., Shkromada, O., Musiienko, Y. et al. (2021). Development of a device for cleansing cow udder teats and testing it under industrial conditions. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (1 (109)), 43–53. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.224927>
 20. Aliiev, E., Paliy, A., Dudin, V., Kis, V., Paliy, A., Ostapenko, V. et al. (2022). Establishing an interconnection between the technical and technological parameters of milking equipment based on the movement of a milk-air mixture in a milking machine. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (1 (116)), 35–46. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.253978>
 21. Shevchenko, I. A., Aliiev, E. B. (2013). Naukovo-metodychni rekomendatsiyi z bahatokryterialnoho vyrobnychoho kontroliu doilnykh ustanovok. *Zaporizhzhia: Aktsent Invest-treid*, 156. Available at: http://aliev.in.ua/doc/knigi/kniga_1.pdf
 22. Paliy, A., Nanka, A., Marchenko, M., Bredykhin, V., Paliy, A., Negreba, J. et al. (2020). Establishing changes in the technical parameters of nipple rubber for milking machines and their impact on operational characteristics. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (1 (104)), 78–87. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.200635>
 23. Gross, J. J. (2023). Dairy cow physiology and production limits. *Animal Frontiers*, 13 (3), 44–50. <https://doi.org/10.1093/af/vfad014>
 24. Paliy, A., Aliiev, E., Nanka, A., Bogomolov, O., Bredixin, V., Paliy, A. et al. (2021). Identifying changes in the technical parameters of milking rubber under industrial conditions to elucidate their effect on the milking process. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (1 (111)), 21–29. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.231917>
 25. Silva, S., Araujo, J., Guedes, C., Silva, F., Almeida, M., Cerqueira, J. (2021). Precision Technologies to Address Dairy Cattle Welfare: Focus on Lameness, Mastitis and Body Condition. *Animals*, 11 (8), 2253. <https://doi.org/10.3390/ani11082253>
 26. O'Brien, B., Jago, J., Edwards, J. P., Lopez-Villalobos, N., McCoy, F. (2012). Milking parlour size, pre-milking routine and stage of lactation affect efficiency of milking in single-operator herringbone parlours. *Journal of Dairy Research*, 79 (2), 216–223. <https://doi.org/10.1017/s0022029912000088>
 27. Gasqui, P., Trommenschlager, J.-M. (2017). A new standard model for milk yield in dairy cows based on udder physiology at the milking-session level. *Scientific Reports*, 7 (1). <https://doi.org/10.1038/s41598-017-09322-x>

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.312610

IDENTIFICATION OF THE ELECTRIC MOTOR MATHEMATICAL MODEL BASED ON A DATA SAMPLE WITH FEATURE ENGINEERING (p. 91–98)**Anton Korotynskyi**National Technical University of Ukraine
"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6309-5970>**Liudmyla Zhuchenko**National Technical University of Ukraine
"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4918-2995>**Vitalii Tsapar**National Technical University of Ukraine
"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8347-7941>**Andrii Savula**National Technical University of Ukraine
"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8583-4818>

The object of this study is a mathematical model of a synchronous electric motor, obtained on the basis of experimental data, which takes into account the temperature mode and uses artificial features to increase the accuracy of its operation. A characteristic feature of this work is that the model takes into account the temperature mode as a component of the technical-operational state of the object. The resulting mathematical model could make it possible to synthesize an optimal automatic control system in terms of the operational state of the object.

The problem addressed was to increase the accuracy of the identified mathematical models by applying the approach of feature engineering.

The results showed that the identification of mathematical models by the initial data leads to a low level of accuracy of the obtained models, namely 65–70 % for the first output channel, 80–85 % for the second, and 75–80 % for the third, fourth, and fifth output channels.

Accordingly, building models with a higher threshold of accuracy requires the use of other, more significant data for identification. This paper reports a method for reformatting the original data into artificial features and provides results of their effectiveness in relation to the original channels.

The resulting artificial features and the original features were used for further identification; the resulting mathematical model has on average higher accuracy thresholds, namely 82 %, 93 %, 88 %, 85 % for the corresponding output channels. The results prove the effectiveness of applying the principle of feature engineering since the accuracy of the resulting model is 5–10 % higher compared to the baseline.

The scope of practical application of the results includes the synthesis of automatic control systems based on mathematical models of control objects obtained as a result of identification.

Keywords: mathematical model of a synchronous electric motor, mathematical model identification, mutual information, correlation analysis of electric motor operating parameters, artificial feature engineering.

References

1. Drif, M., Cardoso, A. J. M. (2014). Stator Fault Diagnostics in Squirrel Cage Three-Phase Induction Motor Drives Using the Instantaneous Active and Reactive Power Signature Analyses. IEEE Transactions on Industrial Informatics, 10 (2), 1348–1360. <https://doi.org/10.1109/tii.2014.2307013>
2. Trzynadlowski, A. M. (2001). Construction and steady-state operation of induction motors. Control of Induction Motors, 15–41. <https://doi.org/10.1016/b978-012701510-1/50002-7>
3. Lindegger, M. (2009). Economic viability, applications and limits of efficient permanent magnet motors. Switzerland: Swiss Federal Office of Energy.
4. Zhang, M., Tang, J., Zhang, X., Zhang, J. (2016). Intelligent diagnosis of short hydraulic signal based on improved EEMD and SVM with few low-dimensional training samples. Chinese Journal of Mechanical Engineering, 29 (2), 396–405. <https://doi.org/10.3901/cjme.2015.1214.147>
5. Matic, D., Kulić, F., Pineda-Sánchez, M., Kamenko, I. (2012). Support vector machine classifier for diagnosis in electrical machines: Application to broken bar. Expert Systems with Applications, 39 (10), 8681–8689. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2012.01.214>
6. Lei, Y., Jia, F., Lin, J., Xing, S., Ding, S. X. (2016). An Intelligent Fault Diagnosis Method Using Unsupervised Feature Learning Towards Mechanical Big Data. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 63 (5), 3137–3147. <https://doi.org/10.1109/tie.2016.2519325>
7. Boukra, T., Lebaroud, A., Clerc, G. (2013). Statistical and Neural-Network Approaches for the Classification of Induction Machine Faults Using the Ambiguity Plane Representation. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 60 (9), 4034–4042. <https://doi.org/10.1109/tie.2012.2216242>
8. Wang, J., Gao, R. X., Yan, R. (2014). Multi-scale enveloping order spectrogram for rotating machine health diagnosis. Mechanical Systems and Signal Processing, 46 (1), 28–44. <https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2013.06.001>
9. Boashash, B. (2015). Time-frequency signal analysis and processing: A comprehensive reference. Academic Press.
10. Electric Motor Temperature. Available at: <https://www.kaggle.com/wkirgn/electric-motor-temperature>
11. Korotynskyi, A., Zhuchenko, O. (2020). A system of automated control for the baking process that minimizes the probability of defects. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 1(2 (103)), 58–67. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.195785>

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.307829

IDENTIFYING FEATURES OF THE STRESSED-STRAINED STATE OF A NON-RIGID ROADBED ALONG ASCENTS AND DESCENTS ON HIGHWAYS (p. 99–109)**Volodymyr Mozhovyi**National Transport University, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1032-8048>**Oleksandr Kushnir**Energy and Road Construction, LLC, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2487-4234>**Liudmyla Levkivska**National Transport University, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5589-5257>**Oleksandr Kutsman**National Transport University, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4510-4570>**Sergii Levkivskyi**National Transport University, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1515-4240>

Iloa Hrynychak

National Transport University, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8382-3824>

The object of this study is the asphalt-concrete layers of non-rigid roadbed on ascents and descents of highways before bridges.

Asphalt-concrete layers of highways on approaches to bridges are one of the most important elements for providing the strength and durability of the entire structure of non-rigid roadbed. On the ascents and descents of approaches to bridges, where the speed of vehicles changes most often, the roadbed is exposed to more intense damage than in other areas. Practical experience shows that one of the most common root causes of the types of destruction of asphalt-concrete layers is disruption of their integrity in the form of cracks, which creates dangerous situations for road users due to premature and more intensive destruction of all road surfaces.

This paper investigates features of the stressed-strained state of asphalt-concrete layers of roadbed on ascents and descents in the areas connecting bridges and overpasses with the embankment. A spatial finite-element model has been considered, which makes it possible to describe the stressed-strained state of each element in the road surface structure induced by the effect of traffic load on it.

Quantitative and qualitative analysis of deformations, displacements, and stresses in asphalt-concrete layers of the structure of roadbed was carried out. Circumstances that can affect the premature formation of cracks and lead to a decrease in the durability of roadbed structures have been identified.

This study makes it possible to identify and eliminate potential dangers that arise during the operation of roadbed. The results could be implemented in the design of roadbed in areas with difficult traffic in the area of ascent and descent, in particular before the bridge. Knowledge of features of the stressed-strained state of roadbed would contribute to the preservation of road infrastructure, could make it possible to improve the comfort and convenience when moving goods and passengers.

Keywords: asphalt-concrete pavement, ascent, descent, non-rigid roadbed, stressed-strained state, cracking, durability.

References

- Radovskiy, B. S. (2007). Proektirovanie sostava asfal'tobetonnyh smesey v SShA po metodu Superpeyv. *Dorozhnaya tekhnika*, 1, 86–99.
- HBN V.2.3-37641918-559:2019. *Avtomobilni dorohy. Dorozhnyi odiah nezhorstkyi. Proektuvannia*.
- DBN V.2.3-4:2015. *Avtomobilni dorohy. Chastyna I. Proektuvannia. Chastyna II. Budivnytstvo*.
- Gameliak, I., Raikovskiy, V., Gustieliev, O. (2022). Specification of load parameters from modern vehicles on the pavement structure. *Automobile Roads and Road Construction*, 111, 31–44. <https://doi.org/10.33744/0365-8171-2022-111-031-044>
- Kushnir, O. V., Gamelyak, I. P., Raikovskiy, V. F., Klimov, U. M. (2020). Designing of a design of road clothes for transportation of large and especially heavy loads by roads of Ukraine. *Science and Education a New Dimension*, VIII (30 (244)), 53–62. <https://doi.org/10.31174/send-nt2020-244viii30-13>
- Ryapukhin, V. (2019). Rationale of the calculation load on the main roads of Ukraine. *Bulletin of Kharkov National Automobile and Highway University*, 2 (86), 63–68. <https://doi.org/10.30977/bul.2219-5548.2019.86.2.63>
- Radovskiy, B. S. (2003). *Problemy mekhaniki dorozhno-stroitel'nyh materialov i dorozhnyh odezhd*. Kyiv, 240.
- Mozhovyi, V. V., Kushnir, O. V., Levkivska, L. V., Kutsman, O. M., Hrynychak, I. I. (2024). Asphalt concrete pavement working conditions on ascents and descents of highways. *World Science*, 3 (85). https://doi.org/10.31435/rsglobal_ws/30092024/8220
- Hameliak, I. P., Raikovskiy, V. F. (2014). Vstanovlennia eksperymentalnykh zalezhnosti mizh parametramy navantazhennia na vis i tyskom u shynakh transportnykh zasobiv. *Avtoshliakhovyk Ukrainy*, 6, 27–34. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/au_2014_6_7
- Habbouche, J., Piratheepan, M., Hajj, E. Y., Bista, S., Sebaaly, P. E. (2022). Full-Scale Pavement Testing of a High Polymer-Modified Asphalt Concrete Mixture. *Journal of Testing and Evaluation*, 50 (2), 865–888. <https://doi.org/10.1520/jte20210283>
- Zheng, S., Zhu, J., Wu, Y., He, J. (2023). Analysis of Asphalt Concrete Highway Construction Technology in Highway Engineering. *Journal of Theory and Practice of Engineering Science*, 3 (11), 27–33. [https://doi.org/10.53469/jtpes.2023.03\(11\).05](https://doi.org/10.53469/jtpes.2023.03(11).05)
- Gameliak, I., Raykovskiy, V. (2022). Determination of traffic intensity and composition of traffic on public highways. *Modern Technology, Materials and Design in Construction*, 33 (2), 99–107. <https://doi.org/10.31649/2311-1429-2022-2-99-107>
- Kushnir, O. V., Koval, P. M., Bodnar, L. P., Panibratets, L. H. (2015). Robota asfaltobetonnoho pokryttia v zoni prymykannia deformatsiynykh shviv na avtodorozhnikh mostakh. *Dorohy i mosty*, 15, 87–93.
- Harkusha, M. V. (2017). Pidvyshchennia stiykosti do utvorennia koliyi asfaltobetonnoho pokryttia nezhorstkoho dorozhnoho odiahu. *Dorohy i mosty*, 17, 27–41.
- Tsynka, A., Illiash, S., Rybalchenko, S., Zelenovskiy, V. (2023). Improvement of the requirements for the operational condition of automobile roads. *Dorogi i Mosti*, 2023 (28), 80–91. <https://doi.org/10.36100/dorogimosti2023.28.080>
- Onyshchenko, A., Kovalchuk, V., Zagorodniy, O., Moroz, V. (2023). Determining the residual service life of polymer-modified asphalt concrete pavement on road bridges. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (1 (123)), 41–51. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.279006>
- Slavinska, O., Bubela, A., Razboinikov, O., Davydenko, O., Ivanushko, O., Kozarchuk, I. (2024). Assessment of the Dynamic Impact of a Truck on the Bridge Pavement Based on the Proposed Mathematical Model of Vehicle Movement. *Nanotechnology Perceptions*, 20 (S1), 231–251. <https://doi.org/10.62441/nano-ntp.v20is1.20>
- Razeq Shakhan, M., Topal, A., Sengoz, B. (2023). Investigation of asphalt concrete mixture types in different layers in asphalt pavement: A mechanistic approach. *Journal of Engineering Research*, 11 (1), 100027. <https://doi.org/10.1016/j.jer.2023.100027>
- Kushnir, A. V. (2019). Analysis of existing approaches designing zones connecting of bridges with embankments. *Automobile Roads and Road Construction*, 106, 97–104. Available at: http://publications.ntu.edu.ua/avtodorogi_i_stroitelstvo/106/97.pdf
- Olijnyk, A., Nezamay, B., Pulyk, V. (2014). Mathematical model of the process estimation of the deformation of the road surface. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (4 (69)), 49–54. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2014.24808>
- Gameliak, I., Dmytrychenko, A., Davydenko, O. (2023). Computer design of multi-layer asphalt concrete surfaces for highways and airports. *Automobile Roads and Road Construction*, 113 (1), 21–40. <https://doi.org/10.33744/0365-8171-2023-113.1-021-040>
- Gaidaichuk, V. V., Mozgoviy, V. V., Zaiets, Yu. O., Shevchuk, L. V. (2017). Simulation of stressstrain states of road structures under

action of transport loads. *Strength of Materials and Theory of structures*, 99, 45–57. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/omts_2017_99_5

23. Mozghovyi, V. V., Onyshchenko, A. M., Harkusha, M. V., Bilan, O. O. (2011). Monitoryng stanu dorozhnoho odiahu dlia planuvannia remontnykh robot avtomobilnykh dorih, u tomu chysli dlia SUSP. *Dorohy i mosty*, 13, 76–88.

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.312561

CONSTRUCTION OF A MATHEMATICAL MODEL OF TURBULENT HEAT AND MASS TRANSFER PROCESSES FOR THE CASE OF ELECTRON BEAM MELTING OF TITANIUM ALLOY CASTS (p. 110–126)

Igor Krivtsun

E. O. Paton Electric Welding Institute
of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9818-3383>

Serhii Rymar

E. O. Paton Electric Welding Institute
of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0490-4608>

Ruslan Hubatiuk

E. O. Paton Electric Welding Institute
of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0851-743X>

Volodymyr Berezos

E. O. Paton Electric Welding Institute
of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5026-7366>

Dmytro Akhonin

E. O. Paton Electric Welding Institute
of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-2054-4054>

This paper describes a mathematical model built for turbulent heat and mass transfer processes in the case of electron beam melting of titanium alloy ingots. The object of research is the conditions that ensure the quality of ingots. The model makes it possible to calculate the distribution of hydrodynamic flows in the liquid metal and temperature fields in the ingot, to determine the profile of the metal crystallization front, taking into account the interphase transition zones. The model solves the problem of finding the necessary melting regimes of ingots by calculation, in contrast to high-cost natural experiments. The thermal and hydrodynamic processes during the melting of a cylindrical ingot with a diameter of 110 mm of the newest titanium alloy Ti-6Al-7Nb for medical use were calculated and its melting parameters were determined. The small diameter of the ingot significantly facilitates its further machining. The geometry of the two-phase zone of the liquidus-solidus transition, which determines the crystallization front of the metal, was calculated. The position and geometry of this front greatly affects the quality of ingot formation and the concentration of the distribution of alloying elements and the homogeneity of the metal across its volume. A sufficiently flat crystallization front has been obtained, under which the given conditions are ensured. It was found that heat transfer in the liquid phase of the metal is mainly caused by heat and mass transfer due to its movement, and heat and mass transfer significantly depends on the power of the electron beam and its distribution on the surface of the bath. According to the calculated regimes, at the Institute of

Electric Welding named after E. O. Paton, the National Academy of Sciences of Ukraine, high-quality ingots for the needs of the medical industry were smelted. The castings are used for the manufacture of light and ultra-strong endoprostheses and implants, which are chemically neutral and biologically and biomechanically compatible with the human body and do not cause rejection.

Keywords: electron beam melting, titanium alloys, mathematical model, heat transfer, mass transfer, technological modes.

References

- Tamayo, J. A., Riascos, M., Vargas, C. A., Baena, L. M. (2021). Additive manufacturing of Ti6Al4V alloy via electron beam melting for the development of implants for the biomedical industry. *Heliyon*, 7 (5), e06892. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06892>
- Mahlobo, M. G. R., Chikosha, L., Olubambi, P. A. (2022). Study of the corrosion properties of powder rolled Ti-6Al-4V alloy applied in the biomedical implants. *Journal of Materials Research and Technology*, 18, 3631–3639. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2022.04.004>
- Fellah, M., Labaiz, M., Assala, O., Dekhil, L., Taleb, A., Rezag, H., Iost, A. (2014). Tribological behavior of Ti-6Al-4V and Ti-6Al-7Nb Alloys for Total Hip Prosthesis. *Advances in Tribology*, 2014, 1–13. <https://doi.org/10.1155/2014/451387>
- Bartha, K., Zháňal, P., Stráský, J., Čížek, J., Dopita, M., Lukáč, F., Harcuba, P. et al. (2019). Lattice defects in severely deformed biomedical Ti-6Al-7Nb alloy and thermal stability of its ultra-fine grained microstructure. *Journal of Alloys and Compounds*, 788, 881–890. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2019.02.173>
- Bolzoni, L., Ruiz-Navas, E. M., Gordo, E. (2017). Evaluation of the mechanical properties of powder metallurgy Ti-6Al-7Nb alloy. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, 67, 110–116. <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2016.12.005>
- Sun, Y., Huang, B., Puleo, D. A., Schoop, J., Jawahir, I. S. (2016). Improved Surface Integrity from Cryogenic Machining of Ti-6Al-7Nb Alloy for Biomedical Applications. *Procedia CIRP*, 45, 63–66. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.02.362>
- Wei, G., Tan, M., Attarilar, S., Li, J., Uglov, V. V., Wang, B. et al. (2023). An overview of surface modification, A way toward fabrication of nascent biomedical Ti-6Al-4V alloys. *Journal of Materials Research and Technology*, 24, 5896–5921. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2023.04.046>
- Oktikawati, A., Riastuti, R., Damisih, D., Nyoman Jujur, I., Paul Setiawan Kaban, A. (2024). Electrochemical characteristic and microstructure of Ti-6Al-7Nb alloy by centrifugal casting for orthopedic implant based on ageing time variations. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (12 (128)), 6–15. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.302614>
- Hussain, S. A., Panchal, M., Allamraju, K. V., Rajak, U., Verma, T. N., Brindhadevi, K. (2023). Optimization of wear behavior of heat-treated Ti-6Al-7Nb biomedical alloy by response surface methodology. *Environmental Research*, 231, 116193. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.116193>
- Biswal, S., Tripathy, S., Tripathy, D. K. (2024). Optimisation of PMEDM process parameters for Ti-6Al-7Nb biomedical material. *Materials Today: Proceedings*. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2024.02.044>
- Cabrini, M., Carrozza, A., Lorenzi, S., Pastore, T., Testa, C., Manfredi, D. et al. (2022). Influence of surface finishing and heat treatments on the corrosion resistance of LPBF-produced Ti-6Al-4V alloy for biomedical applications. *Journal of Materials Processing Technology*, 308, 117730. <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2022.117730>

12. Xu, X., Li, J., Dong, Z., Zeng, L., Xu, Z., Li, J. (2022). Multiphase modelling of the continuous metallurgical purification process for impurity removing of recycled aluminum. *Journal of Materials Research and Technology*, 18, 830–840. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2022.03.003>
13. Hatič, V., Mavrič, B., Šarler, B. (2020). Simulation of macrosegregation in direct-chill casting – A model based on meshless diffuse approximate method. *Engineering Analysis with Boundary Elements*, 113, 191–203. <https://doi.org/10.1016/j.enganabound.2019.12.006>
14. Luo, Y., Zhang, Z. (2019). Numerical modeling of annular electromagnetic stirring with intercooling in direct chill casting of 7005 aluminum alloy billet. *Progress in Natural Science: Materials International*, 29 (1), 81–87. <https://doi.org/10.1016/j.pnsc.2019.01.007>
15. Begum, L. (2013). 3-D Transport Phenomena in Vertical Direct-Chill Casting Processes. Montreal, 279.
16. Ufodiye, C. O., Nzebuka, G. C., Ego, C. P. (2023). Prediction of Limiting Casting Speed in a Horizontal Direct-Chill Casting through Numerical Modeling and Simulation. *Metals*, 13 (6), 1071. <https://doi.org/10.3390/met13061071>
17. Pardeshi, R. (2016). Computational model for multi alloy casting of aluminum rolling ingots. *Journal of Manufacturing Processes*, 21, 23–29. <https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2015.10.006>
18. Ludwig, A., Rodrigues, C. M. G., Zhang, Z., Zhang, H., Karimi-Sibaki, E., Barati, H. et al. (2021). Important Key Process Simulations in the Field of Steel Metallurgy. *BHM Berg- Und Hüttenmännische Monatshefte*, 167 (1), 2–9. <https://doi.org/10.1007/s00501-021-01184-1>
19. Haag, J., Martens, J., Dussoubs, B., Jardy, A., Bellot, J.-P. (2020). Analysis of the Thermal Transfers in a VASM Crucible: Electron Beam Melting Experiment and Numerical Simulation. *Metals*, 10 (9), 1152. <https://doi.org/10.3390/met10091152>
20. El Idi, M. M., Karkri, M. (2020). Melting and solidification behavior of PCM embedded in metal foam. *COMSOL Conference 2020 Europe*. Available at: <https://hal.science/hal-02966782>
21. Moench, S., Ditttrich, R. (2022). Influence of Natural Convection and Volume Change on Numerical Simulation of Phase Change Materials for Latent Heat Storage. *Energies*, 15 (8), 2746. <https://doi.org/10.3390/en15082746>
22. Akhonin, S. V., Gorislavets, Yu. M., Glukhenkiy, A. I., Berezos, V. A., Bondar, A. I., Pikulin, A. N. (2019). Modeling Hydrodynamic And Thermal Processes In The Mould In Cold-hearth Electron Beam Melting. *Sovremennââ Ëlektrometallurgîâ*, 2019 (4), 9–17. <https://doi.org/10.15407/sem2019.04.02>
23. Akhonin, S. V., Berezos, V. O., Bondar, O. I., Glukhenkii, O. I., Gorislavets, Yu. M., Severin, A. Yu. (2021). Mathematical modeling of hydrodynamic and thermal processes at crystallization of titanium ingots produced by EBM. *Sovremennââ Ëlektrometallurgîâ*, 2021 (1), 27–34. <https://doi.org/10.37434/sem2021.01.03>
24. Rubinetti, D., Weiss, D. A., Chaudhuri, A., Kraniotis, D. (2018). Modeling Approach to Facilitate Thermal Energy Management with Phase Change Materials (PCM). *COMSOL Conference*. Available at: <https://www.comsol.com/paper/modeling-approach-to-facilitate-thermal-energy-management-with-phase-change-mate-63481>
25. Heat Transfer Module User's Guide. Available at: <https://doc.comsol.com/5.4/doc/com.comsol.help.heat/HeatTransferModuleUsersGuide.pdf>
26. Panton, R. L. (2013). *Incompressible Flow*. John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1002/9781118713075>
27. Civan, F., Slipevich, C. M. (1987). Limitation in the Apparent Heat Capacity Formulation for Heat Transfer With Phase Change. Available at: <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=a164ded6feb6d03531c1b0b43b8ab8f45b0cf747>
28. Zhu, Z., Zhou, R., Li, X., Xiong, W., Li, Z. (2022). Flow Field and Inclusions Movement in the Cold Hearth for the Ti-0.3Mo-0.8Ni Alloy. *Crystals*, 12 (10), 1471. <https://doi.org/10.3390/cryst12101471>
29. Lacasse, D., Turgeon, É., Pelletier, D. (2004). On the judicious use of the k - ϵ model, wall functions and adaptivity. *International Journal of Thermal Sciences*, 43(10), 925–938. <https://doi.org/10.1016/j.ijthermalsci.2004.03.004>
30. Weigand, B., Ferguson, J. R., Crawford, M. E. (1997). An extended Kays and Crawford turbulent Prandtl number model. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 40 (17), 4191–4196. [https://doi.org/10.1016/s0017-9310\(97\)00084-7](https://doi.org/10.1016/s0017-9310(97)00084-7)
31. Kays W. M., Crawford M. E. (1993). *Convective Heat and Mass Transfer*. McGraw-Hill Science/Engineering/Math, 480.
32. Kays, W., Crawford, M., Weigand, B. (2005). *Convective Heat and Mass Transfer*. McGraw-Hill.
33. Jischa, M., Rieke, H. B. (1979). About the prediction of turbulent prandtl and schmidt numbers from modeled transport equations. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 22 (11), 1547–1555. [https://doi.org/10.1016/0017-9310\(79\)90134-0](https://doi.org/10.1016/0017-9310(79)90134-0)
34. Fuchs, H. (1973). *Wärmeübergang an strömendes Natrium*. Würenlingen, 257.
35. Launder, B. E., Spalding, D. B. (1974). The numerical computation of turbulent flows. *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 3 (2), 269–289. [https://doi.org/10.1016/0045-7825\(74\)90029-2](https://doi.org/10.1016/0045-7825(74)90029-2)
36. Versteeg, H. K., Malalasekera, W. (2007). *An Introduction to Computational Fluid Dynamics: The Finite Volume Method*. Pearson Education.
37. Arpaci, V., Larsen, P. (1984). *Convection Heat Transfer*. Prentice Hall, 512.
38. Bushok, H. F., Venher, Ye. F. (2002). *Fizychni osnovy mekhaniky. Molekuliarna fizyka i termodynamika. Knyha 1*. Kyiv: Vyshcha shkola, 375.
39. Truong, V.-D., Hyun, Y.-T., Won, J. W., Lee, W., Yoon, J. (2022). Numerical Simulation of the Effects of Scanning Strategies on the Aluminum Evaporation of Titanium Alloy in the Electron Beam Cold Hearth Melting Process. *Materials*, 15 (3), 820. <https://doi.org/10.3390/ma15030820>
40. Nogovicyn, A. V., Podol'cev, A. D., Kucheryavaya, I. N. (2015). Chislennoe modelirovanie gidrodinamicheskikh i teplovyh processov pri nepreryvnoj dvuhvalkovoy razlivke stali. *Metall i lit'e Ukrainy*, 3 (262), 15–20.
41. Nogovicyn, A. V., Podol'cev, A. D., Kucheryavaya, I. N. (2016). Turbulentnyj gidrodinamicheskij i teplovoj processy pri dvuhvalkovoy razlivke stali (trekhmernoe komp'yuternoe modelirovanie). *Processy lit'ya*, 2 (116), 23–34.
42. Yao, L., Maijer, D. M., Cockcroft, S. L., Fiore, D., Tripp, D. W. (2018). Quantification of heat transfer phenomena within the melt pool during the plasma arc re-melting of titanium alloys. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 126, 1123–1133. <https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2018.06.051>
43. Belyaev, N. M. (1989). *Osnovy teploperedachi*. Kyiv, 343.
44. Wilcox, D.C. (2006). *Turbulence modeling for CFD*. California: DCW Industries Inc., 515.
45. Pope, S. B. (2000). *Turbulent Flow*. Cambridge University Press, 771.
46. Launder, B. E., Sharma, B. I. (1974). Application of the energy-dissipation model of turbulence to the calculation of flow near a spinning disc. *Letters in Heat and Mass Transfer*, 1(2), 131–137. [https://doi.org/10.1016/0094-4548\(74\)90150-7](https://doi.org/10.1016/0094-4548(74)90150-7)

47. Jones, W. P., Launder, B. E. (1972). The prediction of laminarization with a two-equation model of turbulence. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 15(2), 301–314. [https://doi.org/10.1016/0017-9310\(72\)90076-2](https://doi.org/10.1016/0017-9310(72)90076-2)
48. Launder, B. E., Spalding, D. B. (1972). *Mathematical Models of Turbulence*. New York: Academic Press, 169.
49. Baraniuk, O. V., Vorobiov, M. V., Rachynskiy, A. Yu. (2023). CFD-modeliuvannya protsesiv teploobminu i hidrodynamiky zasobamy prohrannoho kompleksu. Kyiv: Politekhnik, 164.
50. Larsson, J. (1998). Numerical Simulation of Turbulent Flows for Turbine Blade Heat Transfer Applications. Gothenburg: Chalmers University of Technology, 57.
51. Avnaim, M. H., Levy, A., Mikhailovich, B., Ben-David, O., Azulay, A. (2016). Comparison of Three-Dimensional Multidomain and Single-Domain Models for the Horizontal Solidification Problem. *Journal of Heat Transfer*, 138 (11). <https://doi.org/10.1115/1.4033700>
52. Ben-David, O., Levy, A., Mikhailovich, B., Azulay, A. (2013). 3D numerical and experimental study of gallium melting in a rectangular container. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 67, 260–271. <https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2013.07.058>
53. Mizukami, H., Funagane, H., Kitaura, T., Takeda, Y., Wada, M., Shirai, Y., Umeda, S. (2022). Removal Technology of Inclusion from Titanium Alloy Melt in Hearth. Nippon Steel Technical Report.
54. Boettinger, W. J., Warren, J. A., Beckermann, C., Karma, A. (2002). Phase-Field Simulation of Solidification. *Annual Review of Materials Research*, 32 (1), 163–194. <https://doi.org/10.1146/annurev.matsci.32.101901.155803>
55. Akhonin, S., Pikulin, O., Berezos, V., Sevryn, A., Erokhin, O., Kryzhanovskiy, V. (2022). Determining the structure and properties of heat-resistant titanium alloys VT3-1 and VT9 obtained by electron-beam melting. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (12 (119)), 6–12. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.265014>
56. Akhonin, S. V., Pikulin, O. M. (2019). Investigation of Effect of Electron Beam Surface Treatment of Titanium Alloy Ingots on Structure and Properties of Melted Metal. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 582 (1), 012047. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/582/1/012047>
57. Berezos, V. O., Akhonin, D. S. (2023). Electron beam melting of titanium alloys for medical purposes. *The Paton Welding Journal*, 2023 (6), 41–48. <https://doi.org/10.37434/tpwj2023.06.06>

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.308944

РОЗРОБКА МАГНІТНОГО РОТАТОРА ДЛЯ ПОСИЛЕННЯ РЕАКЦІЇ ВИДІЛЕННЯ ВОДНЮ В ЕЛЕКТРОЛІЗЕРІ ВОДИ З ПРОТОНООБМІННОЮ МЕМБРАНОЮ (с. 6–16)

Purnami Purnami, Willy Satrio Nugroho, Lukman Hakim, I Nyoman Gede Wardana

У даному дослідженні було розроблено великомасштабний магнітний ротор для прискорення виробництва водню. У роботі розглядається задача вибору та проектування механічних компонентів для магнітного ротора з динамічним магнітним полем (DMF) на електростанції електролізу зеленого водню, приділяючи особливу увагу забезпеченню надійності та ефективності компонентів в умовах експлуатаційних навантажень. Мета полягає у визначенні відповідних матеріалів елементів установки (вал, зчеплення, шестерні тощо), допустимого напруження при зсуві та механізмів з'єднання за допомогою теоретичних і практичних оцінок. Метод включає в себе розрахунок допустимого напруження при зсуві для шліца на основі міцності на розрив вуглецевої сталі, застосування коефіцієнтів запасу міцності з урахуванням властивостей матеріалу та навантажень, а також визначення діаметра валу з використанням коефіцієнтів крутного моменту та ударного навантаження. Стандартні каталоги містять рекомендації щодо вибору з'єднувальних елементів, таких як зчеплення, шестерні і підшипники для забезпечення сумісності та продуктивності. Результати показують, що вал із вуглецевої сталі S30C діаметром 95 мм із допустимим напруженням при зсуві 7,8 кг/мм² відповідає проектним вимогам. Вибрані розміри шліца та 14-полосний асинхронний двигун потужністю 12,5 МВт відповідають вимогам системи, забезпечуючи надійну роботу. У ході обговорення наголошується на важливості балансу між теоретичними прогнозами та практичним застосуванням при оптимізації конструкції. Це підкреслює важливість врахування коефіцієнтів запасу міцності та перевірки придатності компонентів для забезпечення надійної роботи магнітного ротора. У дослідженні представлений комплексний підхід до оптимізації конструкції, що поєднує теоретичний аналіз із практичними міркуваннями для досягнення оптимальної продуктивності та надійності. Результати проектування, отримані у дослідженні, можуть бути використані для посилення реакції виділення водню в електролізері SIEMENS Sylizer 300.

Ключові слова: магнітний ротор, зелений електроліз води, виробництво водню, оптимізація конструкції.

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.311602

ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ТРИВИМІРНОГО ДРУКУ ДЛЯ НАВЧАННЯ СИСТЕМ КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ З ВИЯВЛЕННЯ МІН (с. 17–29)

O. V. Кунічкіч, В. М. Терещенко

Об'єктом даного дослідження є ефективність використання тривимірного друку для навчання моделей комп'ютерного зору з метою виявлення наземних мін. Тривала війна в Україні призвела до значного мінування територій, особливо після повномасштабного вторгнення росії у 2022 році. Значна площа потенційно замінованих територій країни вимагає швидких та ефективних методів розмінування, оскільки традиційні методи, такі як металощукачі та ручне зондування, є повільними та трудомісткими. Машинне навчання пропонує перспективні рішення для прискорення процесу виявлення мін шляхом розгортання моделей розпізнавання на роботах та безпілотних летальних апаратах. Однак тренування моделей для виявлення вибухонебезпечних предметів стикається з серйозними труднощами. По-перше, існує обмежена кількість відкритих даних для тренування. По-друге, використання справжніх або навіть знешкоджених мін є небезпечним через можливість випадкової детонації.

Це дослідження спрямоване на подолання проблеми обмеженої кількості даних та ризику використання справжніх мін. Тривимірний друк дозволяє створювати безпечні та різноманітні дані, що є ключовим фактором для підвищення ефективності моделей виявлення мін. Модель, навчена на копіях мін, досягла 98 % та 91 % влучності на друкованих та реальних мінах відповідно. Висока влучність моделі пояснюється реалістичністю копій та використанням передових алгоритмів машинного навчання. Отримані результати дозволили вирішити досліджувану проблему завдяки безпеці, доступності та різноманітності копій. Моделі, навчені на копіях мін, можна використовувати при гуманітарному розмінуванні, визначаючи ті міни, які закидаються дистанційно, виставляються на поверхні або частково приховані.

Ключові слова: виявлення наземних мін, розпізнавання мін, гуманітарне розмінування, вибухонебезпечні предмети, розмінування.

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.306986

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДОЛОГІЙ QFD ТА FMEA ДЛЯ РОЗРОБКИ ТА ВДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ РОБОТА ЗІ ЗНЕШКОДЖЕННЯ БОЄПРИПАСІВ (с. 30–42)

Brayan Alex Apfata Limachi, Frank Alexander Cari Mora, Yuri Saul Sivincha Quispe, Erick Valdeiglesias Flores, Yuri Lester Silva Vidal, Erasmo Sulla Espinoza, Lizardo Pari

У цій роботі вивчається методологія розгортання функції якості (QFD) і аналізу режиму та наслідків відмови (FMEA), заснована на концепції "Проектування для X", щоб визначити критерії проектування механічних характеристик робота зі знешкодження боєприпасів (РЗБ) і перевіряється за допомогою віртуального прототип РЗБ. Метою є застосування цієї методології для отримання продукту, який відповідає специфікаціям якості та надійності, враховуючи потреби користувача як вихідні дані. Щоб підтвердити цю методологію, техніки UDEX (підрозділу знешкодження вибухонебезпечних предметів), механічні характеристики попередньої версії JVC 0.2, розробленої дослідницькою групою Національного університету Сан-Агустіна (UNSA), мінімальні характеристики роботів, які беруть участь у Лізі роботів-рятувальників і застосування для роботи в реальному середовищі були взяті як приклад. Результати свідчать про те, що застосування запропонованої методики значно підвищило якість і надійність конструкції. Щоб підтвердити ефективність цієї методології, за допомогою програмного забезпечення для моделювання SolidWorks було створено віртуальний прототип під назвою JVC 0.3 та було досягнуто значного зменшення ваги на 27,13 %, а робочу швидкість було збільшено до 1 км/год

за оптимальних умов. Технічний аналіз JVC 0.3 показав значні покращення в кількох ключових областях, таких як збільшення модульності для полегшення складання та обслуговування, зменшення загальної ваги, збільшення крутного моменту та швидкості, а також підвищення стабільності під час роботи. Ці фактори є важливими для практичного застосування РЗБ у реальних польових операціях, які виконуються спеціалізованими підрозділами, такими як UDEX.

Ключові слова: розгортання функції якості, аналіз режимів та наслідків відмов, вибухова речовина, робот.

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.311478

РЕАЛІЗАЦІЯ РЕВЕРС-ІНЖИНІРИНГУ ПРИ ТЕХНОЛОГІЧНІЙ ПІДГОТОВЦІ ВИРОБНИЦТВА ЗАКІНЦІВКИ КРИЛА ЛЕГКОГО ЛІТАКА НА БАЗІ СТВОРЕННЯ ЦИФРОВОГО МАКЕТУ (с. 43–53)

К. В. Майорова, В. В. Нікічанов, І. М. Лисоченко, С. Ю. Миронова

Об'єктом дослідження є технологічне підготування виробництва крила легкого літака з використанням технології реверс-інжинірингу. Предметом дослідження є показник якості – геометрична точність виготовлення опукло-вгнутих деталей авіаційної техніки. Розрахунки з геометричної точності виконано за програмно-інструментальним методом ув'язування. За дослідну деталь прийнято закінцівку крила легкого літака, що зношена. Отримано такі результати. Запропоновано підхід з уточнення аеродинамічного профілю та перерізів закінцівки крила при побудові її цифрового макету. Реалізовано 3D-сканування закінцівки крила з утворенням цифрового портрету файлу формату STL, а також його уточнення та доопрацювання в файл формату STEP органічним та механічним методами. Створено цифровий макет закінцівки з урахуванням геометрії аеродинамічного профілю в перерізах та цифровий макет форми для її виготовлення за полігональною моделлю, що створена органічним методом і мала найбільшу точність розмірів. Визначено, що величина граничного відхилення дійсного положення контуру крила від теоретичного становила: верхнє відхилення 0.84 мм, нижнє відхилення –0.65 мм. Величина граничного відхилення дійсного положення контуру закінцівки від теоретичного становила ± 0.3 мм. Очікувані (розрахункові) похибки не перевищували заданого значення допуску на зовнішній контур крила ± 1.0 мм, тобто прийнятий метод складання крила за умов ув'язування програмно-інструментальним методом забезпечував задану геометричну точність. Результати експериментальних досліджень підтвердили адекватність запропонованого підходу визначення аеродинамічного профілю поперечних перерізів цифрового макету опукло-вгнутих деталей авіаційної техніки при їх технологічному підготуванні виробництва шляхом використання реверс-інжинірингу.

Ключові слова: технологічне підготування виробництва, реверс-інжиніринг, цифровий макет, 3D-сканування, геометрична точність, аеродинамічний профіль.

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.312154

РОЗРОБКА МАЛОГАБАРИТНОГО КОРМОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНУ, ОСНАЩЕНОГО ПРИСТРОЄМ ОРІЄНТУВАННЯ ЗА ДОВЖИНОЮ СТЕБЛІВ ТА ПРЯМОКУТНИМ ДЕФЛЕКТОРОМ ДЛЯ МАЛИХ ФЕРМЕРСЬКИХ ГОСПОДАРСТВ (с. 54–64)

Tokhtar Abilzhanuly, Serik Nurgozhayev, Daniyar Abilzhanov, Olzhas Seipataliyev, Darkhan Karmanov, Dauren Kosherbay, Ruslan Iskakov, Nurakhet Khamitov

Об'єктом дослідження є технологічні процеси високоякісного подрібнення стеблових кормів за рахунок орієнтованої подачі стебел у помольну камеру та транспортування подрібненої маси через прямокутний дефлектор.

Огляд літературних джерел показав, що в даний час ще не було розроблено конструктивно-технологічну схему малогабаритного кормозбирального комбайну, який, у свою чергу, дозволяє забезпечити якісне подрібнення стеблових кормів та знизити експлуатаційні витрати на малих фермерських господарствах.

В результаті теоретичних досліджень отримані аналітичні вирази для визначення швидкості руху маси на виході з дефлектора та дальності викиду маси в горизонтальному перерізі.

Продуктивність комбайну при скошуванні люцерни склала 6,22 т/год, дальність викиду маси в горизонтальному напрямку перебувала в межах 7,5...8,0 м (теоретичне значення – 7,8 м), середній розмір подрібнюваних частинок склав 32,89 мм (розрахункова довжина – 33,5 мм), різниця між теоретичними та фактичними значеннями дорівнює 1,5 %.

Результати лабораторних та польових випробувань показали ефективність роботи кормозбирального комбайну, достовірність отриманих аналітичних виразів, а також було визначено ефективність пристрою орієнтування за довжиною стеблів. Відмінною особливістю результатів досліджень є розробка конструктивно-технологічної схеми малогабаритного кормозбирального комбайну, оснащеного орієнтуючим пристроєм, і теоретичного опису процесу транспортування кормів через прямокутний дефлектор.

Згідно представленої конструктивно-технологічної схеми, дефлектор та орієнтуючий пристрій мають спрощену конструкцію та гарну якість подрібнення стеблових кормів. Все це доводить практичну значимість і застосовність розробленого кормозбирального комбайну.

Ключові слова: кормозбиральний комбайн, прямокутний дефлектор, дальність викиду маси, орієнтуючий пристрій, люцерна.

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.311404

РОЗРОБКА МОДЕЛІ ФОРМИ ОСІ S-ПОДІБНОГО СТОЯКА КУЛЬТИВАТОРНОЇ ЛАПИ (с. 65–71)

С. Ф. Пилипака, В. І. Хропост, Т. М. Воліна, М. В. Каленик, З. В. Ружилю, С. С. Денєжніков, Н. В. Тарельник, О. В. Таценко, С. Л. Семірненко, С. І. Моцак

При обробі ґрунту на культиваторну лапу діє сила спротиву її переміщенню. Вона є змінної величини і викликає момент сили, прикладений до стояка лапи. Під дією моменту пружна вісь стояка змінює свою форму. Це впливає на положення лапи у ґрунті. Розглянуто форму S-подібного стояка, пружна вісь якого складається із двох дуг кіл. При роботі культиватора одна частина стояка згинається, збільшуючи кривину пружної осі, а інша навпаки, розгинається, тобто її кривина зменшується.

В основу моделювання форми пружної осі стояка лапи покладено положення теорії опору матеріалів, згідно якої кривина пружної осі консольно защемленої смуги прямо пропорційна прикладеному моменту і обернено пропорційна її жорсткості.

Якщо форма поперечного перерізу стояка по всій його довжині є незмінною і властивості металу теж однакові, то жорсткість є сталою. При невеликих прогинах смуги застосовують лінійну теорію згину, однак у стояка прогини значні, тому для цього випадку застосована нелінійна теорія. При цьому береться до уваги, що пружна вісь стояка уже має початкову кривину, знак якої змінюється після проходження через точку з'єднання складових дуг.

Для моделювання форми пружної осі S-подібного стояка лапи окремо розраховувалася деформація дуг кіл, які утворюють цю лапу. Для знаходження форми деформованих пружних осей обох частин стояка застосовувалися чисельні методи інтегрування. Їх з'єднували в одне ціле і отримували деформовану пружну вісь S-подібного стояка. Розглянуто два варіанти стояка з різними довжинами їх пружної осі, але однакової висоти і однакового кута входження у ґрунт. Комбінацією складових дуг стояка показано, що під дією однієї і тієї ж сили відхилення від заданої глибини ходу для одного стояка складає 2 см, а для іншого – 4 см.

Ключові слова: обробіток ґрунту, робочий орган, пружна вісь, дуга кола, момент сили.

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.312973

ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ КОНСТРУКЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ СМУГОВОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ НА ВЕГЕТАЦІЮ СОНЯШНИКА (с. 72–82)

Г. А. Голуб, В. Т. Надикто, А. В. Дворник, Н. М. Цивенкова, І. В. Царук, В. В. Чуба, Н. М. Крупа, О. В. Камінецька, Ivan Chuba, Є. М. Омельченко

Об'єкт дослідження – процес смугового обробітку ґрунту, його вплив на вологість ґрунту в смузї та подальшу вегетацію рослин соняшника. При цьому вирішувалася проблема підвищення ефективності смугового обробітку ґрунту.

Встановлено, що раціональні значення конструкційно-технологічних параметрів секції смугового обробітку ґрунту за витратами палива залежать від швидкості руху агрегату, глибини й ширини оброблюваної смуги ґрунту. Для проведення досліджень використовувалася одна секція агрегату. Дослідження проведені із використанням плану трьохфакторного експерименту Бокса-Бенкіна. Встановлено, що раціональні значення конструкційно-технологічних параметрів смугового обробітку ґрунту за витратами палива мають наступні значення: глибина обробітку смуги $h=20-25$ см, ширина обробітку смуги $b=20-25$ см, швидкість руху агрегату від 7,5 до 11 км/год. При цьому фактичні витрати палива становили від 4,2 до 6,3 л/га.

Також встановлено, що збільшення ширини та глибини обробітку смуги призводить до збільшення втрат вологи у ній. Найбільше значення вологості ґрунту має місце при мінімальних значеннях глибини й ширини обробітку смуги, а найменше – при їх максимальних значеннях. Вплив ширини обробленої смуги на висоту рослин соняшника є більш значущим, ніж вплив глибини обробітку ґрунту. Зазначене має місце як в діапазоні змін значень висоти рослин соняшника (12,4–13,6 см порівняно із 12,5–13,1 см), так й інтенсивності впливу. Найбільший вплив на висоту рослин соняшника має величина поперечного зміщення осі рядка рослин. Інтенсивність цього впливу приблизно така сама, як і глибини обробітку ґрунту, а діапазон зміни значень висоти рослин соняшника становить 11,7–14 см.

Результати досліджень можуть бути використані при проектуванні агрегатів для смугового обробітку ґрунту та посівних агрегатів.

Ключові слова: витрата палива, глибина обробітку, лінія посіву, ширина обробітку, швидкість руху.

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.312225

ВИЗНАЧЕННЯ СИЛОВИХ ПАРАМЕТРІВ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ ОЧИЩЕННЯ ДІЙОК ВИМЕНІ КОРІВ (с. 83–90)

І. В. Корх, А. П. Палій, О. В. Корх, Р. В. Петров, О. М. Чекан, Г. А. Фотіна, П. М. Складаров, Ю. В. Горюк, Н. В. Тишківська, Д. А. Солодка

Об'єктом дослідження є силові параметри робочого процесу очищення дійок вимені корів від забруднення. Відсутність належного догляду за коровою, особливо щодо її вим'я, може значно погіршити здоров'я та продуктивність. З іншого боку, використання сучасних інструментів, пристроїв і матеріалів дозволяє поліпшити санітарно-гігієнічні умови доїння корів і догляду за вим'ям, що призводить до кращих загальних результатів. У рамках проведених досліджень теоретичним шляхом одержано математичні вирази, які дали змогу визначити силові параметри робочого процесу очищення дійок корів від забруднення за рахунок розширення діапазону його функціональних характеристик. Відмінними рисами результатів вирішення цієї проблеми є оцінювання сили пружності пучків ворсу, що діють на дійку за повороту барабану щіткового пристрою та колового зусилля, що утворюється ворсом щіток. Розроблений алгоритм робочого процесу, спрямованого на очищення дійок вимені корів, зумовив поєднати в єдине ціле набір чітко визначених і послідовно виконуваних операцій. Констатовано, що зусилля утримання різних видів забруднення на шкіряному покриві неоднакові. Для об'єктивного його визначення розроблено конструктивно новий пристрій. Особливістю його є точність визначення та зручність в експлуатації. Як результат лабораторних випробувань встановлено, що найбільші величини зусилля утримання забруднень властиві твердому гною ($F_{\text{гн}}=40\pm 3,21$ Н), тоді як найменші тирсі – $F_{\text{т}}=19\pm 2,17$ Н ($p\leq 0,001$).

Розробки є актуальними і можуть бути використані господарствами з розведення великої рогатої худоби різних форм власності, науковою спільнотою і промисловим підприємствами з виготовлення технологічного обладнання.

Ключові слова: корови, пристрій для очищення дійок вимені, процес очищення вим'я корів.

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.312610

ІДЕНТИФІКАЦІЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ЕЛЕКТРОДВИГУНА НА ОСНОВІ ВИБІРКИ ЗІ ШТУЧНОЮ ПОБУДОВОЮ ОЗНАК (с. 91–98)

А. П. Коротинський, Л. К. Жученко, В. С. Цапар, А. А. Савула

Об'єктом даного дослідження є математична модель синхронного електродвигуна, отримана на основі експериментальних даних, яка враховує температурний режим та використовує штучні ознаки для підвищення точності її роботи. Характерною рисою даної роботи є врахування в моделі температурного режиму як складової техніко-експлуатаційного стану об'єкту. Отримана математична модель дозволить, у подальшому, синтезувати оптимальну систему автоматичного керування з точки зору експлуатаційного стану об'єкту.

Проблема, що вирішувалася, полягає у підвищенні точності ідентифікованих математичних моделей, шляхом застосування підходу штучного конструювання ознак.

Отримані результати показали, що ідентифікація математичних моделей початковими даними призводить до низького рівня точності отриманих моделей, а саме 65–70 % по першому вихідному каналу, 80–85 % по другому і 75–80 % по третьому, четвертому і п'ятому вихідних каналів.

Відповідно, отримання моделей з більш високим порогом точності вимагає використання інших, більш значущих даних для ідентифікації. У статті представлено метод переформатування початкових даних у штучні ознаки та наведено кореляційну матрицю для визначення їх ефективності по відношенню до вихідних каналів.

Отримані в результаті штучні ознаки та вихідні оригінальні ознаки, використані при подальшій ідентифікації, отримана в результаті математична модель має у середньому вищі порогові значення точності, а саме 82 %, 93 %, 88 %, 85 % на відповідні вихідні канали. Отримані результати доводять ефективність застосування принципу штучної побудови ознак, оскільки точність результуючої моделі на 5–10 % вища в порівнянні з базовою.

Сфера практичного використання отриманих результатів охоплює синтез систем автоматичного керування на базі математичних моделей об'єктів керування отриманих в результаті ідентифікації.

Ключові слова: математична модель синхронного електродвигуна, ідентифікація математичної моделі, взаємна інформація, кореляційний аналіз параметрів роботи електродвигуна, штучне конструювання ознак.

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.307829

ВИЗНАЧЕННЯ ОСОБЛИВОСТІ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ НЕЖОРСТКОГО ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ НА ПІДЙОМАХ ТА СПУСКАХ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ (с. 99–109)

В. В. Мозговий, О. В. Кушнір, Л. В. Левківська, О. М. Куцман, С. А. Левківський, І. І. Гринчак

Об'єкт дослідження – асфальтобетонні шари нежорсткого дорожнього одягу на підйомах і спусках автомобільних доріг перед мостами.

Асфальтобетонні шари автомобільних доріг на підходах до мостів є одними із найбільш важливих елементів у забезпеченні міцності і довговічності всієї конструкції нежорсткого дорожнього одягу. На підйомах та спусках підходів до мостів, де найчастіше відбувається зміна швидкостей руху транспортних засобів, дорожній одяг піддається більш інтенсивному пошкодженню, ніж на інших ділянках. Практичний досвід свідчить, що одними із найбільш поширених першопричин видів руйнувань асфальтобетонних шарів є порушення їх суцільності у вигляді тріщин, чим створюють небезпечні ситуації для учасників руху внаслідок передчасного та більш інтенсивного руйнування всього дорожнього одягу.

В даній роботі досліджуються особливості напружено-деформованого стану асфальтобетонних шарів дорожнього одягу на підйомах та спусках на ділянках сполучення мостів та шляхопроводів з насипом. Розглянуто просторову скінчено-елементну модель, яка дозволяє описати напружено-деформований стан кожного елемента конструкції дорожнього покриття від дії на нього транспортно-навантаження.

Проведений кількісно-якісний аналіз деформацій, переміщень і напружень в асфальтобетонних шарах конструкції дорожнього одягу. Виявлені обставини, що можуть впливати на передчасне утворення тріщин і призвести до зменшення довговічності конструкції дорожнього одягу.

Виконані дослідження дозволяють виявити та усунути потенційні небезпеки, які виникають в процесі експлуатації дорожнього одягу. Отримані результати можуть бути впроваджені при проектуванні дорожнього одягу на ділянках з ускладненим дорожнім рухом в зоні підйому та спуску, зокрема перед мостом. Знання особливостей напружено-деформованого стану дорожнього одягу сприятиме збереженню автотранспортної інфраструктури, дозволить підвищувати комфорт та зручність переміщення вантажів та пасажирів.

Ключові слова: асфальтобетонне покриття, підйом, спуск, нежорсткий дорожній одяг, напружено-деформований стан, тріщиноутворення, довговічність.

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.312561

РОЗРОБЛЕННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ТУРБУЛЕНТНИХ ПРОЦЕСІВ ТЕПЛО- ТА МАСОПЕРЕНОСЕННЯ У ВИПАДКУ ЕЛЕКТРОННО-ПРОМЕНЕВОГО ПЛАВЛЕННЯ ЗЛИВКІВ ТИТАНОВИХ СПЛАВІВ (с. 110–126)

І. В. Кривцун, С. В. Римар, Р. С. Губатюк, В. О. Березос, Д. С. Ахонін

Розроблена математична модель турбулентних процесів тепло- та масоперенесення у випадку електронно-променевого плавлення зливків титанових сплавів. Об'єктом дослідження є умови, що забезпечують якість зливків. Модель дає можливість розраховувати розподілення гідродинамічних потоків в рідкому металі і температурних полів у зливку, визначати профіль фронту кристалізації металу, з урахуванням міжфазових перехідних зон. Модель вирішує проблему пошуку необхідних режимів плавлення зливків розрахунковим шляхом, на відміну від високовартісних натурних експериментів. Були розраховані теплові і гідродинамічні процеси під час плавлення циліндричного зливку діаметром 110 мм новітнього титанового сплаву Ti-6Al-7Nb медичного призначення і визначені параметри його плавлення. Малий діаметр зливку суттєво полегшує його подальше механічне оброблення. Розраховано геометрію двофазної зони переходу ліквідус – солідус, яка визначає фронт кристалізації металу. Положення і геометрія цього фронту значною мірою впливає на якість формування зливку і концентрацію розподілу легуючих елементів та однорідність металу в його об'ємі. Отримано достатньо плаский фронт кристалізації, за якого забезпечуються дані умови. Встановлено, що теплопередача в рідкій фазі металу в основному обумовлена тепломасообміном за рахунок його руху, а тепломасообмін суттєво залежить від потужності електронного променя і його розподілення на поверхні ванни. Відповідно до розрахованих режимів в Інституті електрозварювання ім. Є. О. Патона НАН України виплавлено високоякісні зливки для потреб медичної галузі. Зливки застосовуються для виготовлення легких і надміцних ендопротезів і імплантатів, які є хімічно нейтральними і біологічно й біомеханічно сумісними з організмом людини і не викликають відторгнення.

Ключові слова: електронно-променеве плавлення, титанові сплави, математична модель, теплоперенесення, масоперенесення, технологічні режими.