

ABSTRACT AND REFERENCES

ENGINEERING TECHNOLOGICAL SYSTEMS

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.227139
DEVELOPMENT OF EFFECTIVE FIBER-REINFORCED CONCRETE COMPOSITIONS USED IN TRANSPORTATION STRUCTURES (p. 6–11)

Nizami Ahmadov

Azerbaijan Architecture and
Construction University, Baku, Azerbaijan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2984-2282>

Irade Shirinzade

Azerbaijan Architecture and
Construction University, Baku, Azerbaijan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9847-6079>

The possibility of producing fiber-reinforced concrete with high deformation properties by regulating the microstructure and using it in the design of transport structures was considered. It was found that to create high-performance transport structures, it is necessary to modify fiber mixtures with complex additives, i. e. increase the strength of fiber-reinforced concrete at the micro-level. To obtain a denser structure of the concrete matrix, complex additives were used – ultrafine additive (silica fume) and Master Air 200 B air-entraining additive. It was experimentally proved that using such additives reduces the water-cement ratio and further strengthens the concrete matrix structure.

The design of the unloading structure on the railway line constructed from the Karadag station (Republic of Azerbaijan) to the SOCAR oil and gas processing and petrochemical complex using fiber-reinforced concrete modified with complex additives was made. The results of designing the fiber-reinforced concrete unloading structure were analyzed and the results of designing the fiber-reinforced concrete unloading structure and the regular concrete unloading structure were compared. As a result of the comparison, it was found that using fiber-reinforced concrete decreases the cross-section diameter of the effective reinforcement of the slab – the cross-section diameter of the effective reinforcement of the pavement slab decreases from $\varnothing 2 \times 32$ mm to $\varnothing 32$ mm in the upper and $\varnothing 25$ mm in the lower row, respectively. Crack resistance is also increased compared to regular concrete.

Thus, in order to create structures with high transport and operational parameters, it is necessary to modify fiber-reinforced concrete mixtures with complex additives.

Keywords: fiber-reinforced concrete, silica fume, concrete microstructure, crack resistance, deformation properties, durability, unloading structure.

References

- Shirinzade, I. N., Ahmedov, N. M. (2017). Ways of improving the efficiency of fiber concrete. *International Research Journal*, 3 (57), 107–110. doi: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.57.125>
- Fibrobeton: tehniko-ekonomicheskaya effektivnost' primeneniya (2002). *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*, 9. Available at: <http://vekha.ru/fibrobeton-tehniko-ekonomicheskaya>
- Singh, L. P., Agarwal, S. K., Bhattacharyya, S. K., Sharma, U., Ahlawat, S. (2011). Preparation of Silica Nanoparticles and its Beneficial Role in Cementitious Materials. *Nanomaterials and Nanotechnology*, 1 (1), 44–51. doi: <https://doi.org/10.5772/50950>
- Zhang, P., Li, Q.-F. (2013). Freezing–thawing durability of fly ash concrete composites containing silica fume and polypropylene fiber. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part L: Journal of Materials: Design and Applications*, 228 (3), 241–246. doi: <https://doi.org/10.1177/1464420713480984>

- Nematzadeh, M., Karimi, A., Fallah-Valukolaee, S. (2020). Compressive performance of steel fiber-reinforced rubberized concrete core detached from heated CFST. *Construction and Building Materials*, 239, 117832. doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.117832>
- Klyuyev, S. V. (2012). High-strength fiber concrete for industrial and civil construction. *Magazine of Civil Engineering*, 8, 61–68. doi: <http://doi.org/10.5862/MCE.34.9>
- BS EN 206-1:2000. Specification, performance, production and conformity. Available at: <https://shop.bsigroup.com/ProductDetail/?pid=00000000030148156>
- Savel'ev, V. G., Gorshkov, V. S. (1981). *Metody fiziko-himicheskogo analiza vyazhushchih veschestv*. Moscow: Vysshaya shkola, 334.
- Bragov, A. M., Konstantinov, A. Yu., Lamzin, D. A., Lominov, A. K., Filippov, A. R. (2012). Dinamicheskoe deformirovanie i razrushenie hrupkih strukturno-neodnorodnyh sred. *Vestnik Nizhegorodskogo universiteta im. N. I. Lobachevskogo*, 4, 59–66.
- Razrabotka metoda rascheta, printsipov konstruirovaniya i tehnologii stroitel'stva sloev usileniya aerodromnyh pokrytiy iz fibrobetona (2003). Moscow, 28. Available at: <https://wolwekplus.ru/images/Raero.pdf>

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.227039
DETERMINING THE DISSIPATIVE PROPERTIES OF A FLEXIBLE PIPELINE'S MATERIAL AT STRETCHING IN THE TRANSVERSE DIRECTION TAKING ITS STRUCTURAL ELEMENTS INTO CONSIDERATION (p. 12–20)

Sergii Nazarenko

National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0891-0335>

Roman Kovalenko

National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2083-7601>

Andrii Gavryliuk

Lviv State University of Life Safety, Lviv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8727-9950>

Stanislav Vinogradov

National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2569-5489>

Borys Kryvoshei

National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2561-5568>

Sergey Pavlenko

National Academy of the National Guard
of Ukraine, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5944-8107>

Igor Boikov

National Academy of the National Guard
of Ukraine, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1998-1369>

Volodymyr Muzichuck

National Academy of the National Guard
of Ukraine, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6856-1857>

Pavel Kalinin

National Academy of the National Guard
of Ukraine, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9724-0630>

This paper reports an experimental study that determines the dissipative properties of a pressure fire hose, the type of «T», whose inner diameter is 77 mm, under the static load conditions, taking into consideration the structural elements of the hose in the transverse direction. For this study, experimental samples were separated from the different sections of the hose. The study involved both the outer fabric reinforced frame and the internal waterproofing rubber layer of the pressure fire hose. A series of field experiments were carried out while stretching the samples under the conditions of static loading-unloading cycles. The tests included 7 cycles, which were carried out in a two-minute interval for the material of the hose. The study results showed that during the first two to three cycles, the materials manifest a short-term creep that stabilizes under modes 4–7. The results from experimental research were approximated by polynomial trend lines. The deformation of samples demonstrated the curves that, under the conditions of cyclic loading and unloading, formed hysteresis loops. When analyzing the appropriate curves, it was found that, first, during the first two-three loading-unloading cycles the area of the hysteresis loops decreases, second, the inclination angle of hysteresis loops also decreased during each subsequent loading-unloading cycle.

It was established that the dissipation coefficients of the hose material stretched in the transverse direction are significantly reduced under the first three test modes in the range from 0.49 to 0.37. At subsequent tests (cycles 4–7), dissipation coefficients stabilize at the level of 0.18 for the reinforced frame, and 0.316 for the rubber layer.

Keywords: deformation, pressure fire hose, hysteresis, dissipative properties, experimental determining, reinforced frame, waterproofing rubber layer.

References

- Kovalenko, R., Kalynovskiy, A., Nazarenko, S., Kryvoshei, B., Grinchenko, E., Demydov, Z. et. al. (2019). Development of a method of completing emergency rescue units with emergency vehicles. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (3 (100)), 54–62. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.175110>
- Vasiliev, M., Movchan, I., Koval, O. (2014). Diminishing of ecological risk via optimization of fire-extinguishing system projects in timber-yards. *Scientific Bulletin of National Mining University*, 5, 106–113.
- Dubinina, D., Korytchenko, K., Lisnyak, A., Hrytsyna, I., Trigub, V. (2017). Numerical simulation of the creation of a fire fighting barrier using an explosion of a combustible charge. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (10 (90)), 11–16. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.114504>
- Tiutiunyk, V. V., Ivanets, H. V., Tolkunov, I. A., Stetsyuk, E. I. (2018). System approach for readiness assessment units of civil defense to actions at emergency situations. *Scientific Bulletin of National Mining University*, 1, 99–105. doi: <https://doi.org/10.29202/nvngu/2018-1/7>
- Lee, G.-C., Kim, H.-E., Park, J.-W., Jin, H.-L., Lee, Y.-S., Kim, J.-H. (2011). An experimental study and finite element analysis for finding leakage path in high pressure hose assembly. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing*, 12 (3), 537–542. doi: <https://doi.org/10.1007/s12541-011-0067-y>
- Pavloušková, Z., Klakurková, L., Man, O., Čelko, L., Švejcar, J. (2015). Assessment of the cause of cracking of hydraulic hose clamps. *Engineering Failure Analysis*, 56, 14–19. doi: <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2015.05.014>
- Yoo, D.-H., Jang, B.-S., Yim, K.-H. (2017). Nonlinear finite element analysis of failure modes and ultimate strength of flexible pipes. *Marine Structures*, 54, 50–72. doi: <https://doi.org/10.1016/j.marstruc.2017.03.007>
- Haseeb, A. S. M. A., Jun, T. S., Fazal, M. A., Masjuki, H. H. (2011). Degradation of physical properties of different elastomers upon exposure to palm biodiesel. *Energy*, 36 (3), 1814–1819. doi: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2010.12.023>
- Cho, J. R., Yoon, Y. H., Seo, C. W., Kim, Y. G. (2015). Fatigue life assessment of fabric braided composite rubber hose in complicated large deformation cyclic motion. *Finite Elements in Analysis and Design*, 100, 65–76. doi: <https://doi.org/10.1016/j.finel.2015.03.002>
- Cho, J.-R., Yoon, Y.-H. (2016). Large deformation analysis of anisotropic rubber hose along cyclic path by homogenization and path interpolation methods. *Journal of Mechanical Science and Technology*, 30 (2), 789–795. doi: <https://doi.org/10.1007/s12206-016-0134-5>
- Traxl, R., Mungenast, D., Schennach, O., Lackner, R. (2019). Mechanical performance of textile-reinforced hoses assessed by a truss-based unit cell model. *International Journal of Engineering Science*, 141, 47–66. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijengsci.2019.05.006>
- Motorin, L., Stepanov, O., Bratolyubova, E. (2011). The simplified mathematical model for strength calculation of pressure fire hoses under hydraulic influence. *Tehnologiya tekstil'noy promyshlennosti*, 1, 126–133.
- Larin, O. O. (2015). Probabilistic Model of Fatigue Damage Accumulation in Rubberlike Materials. *Strength of Materials*, 47 (6), 849–858. doi: <https://doi.org/10.1007/s11223-015-9722-3>
- Larin, A. A., Vyazovichenko, Y. A., Barkanov, E., Itskov, M. (2018). Experimental Investigation of Viscoelastic Characteristics of Rubber-Cord Composites Considering the Process of Their Self-Heating. *Strength of Materials*, 50 (6), 841–851. doi: <https://doi.org/10.1007/s11223-019-00030-7>
- Fedorko, G., Molnar, V., Dovica, M., Toth, T., Fabianova, J. (2015). Failure analysis of irreversible changes in the construction of the damaged rubber hoses. *Engineering Failure Analysis*, 58, 31–43. doi: <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2015.08.042>
- Larin, O., Morozov, O., Nazarenko, S., Chernobay, G., Kalynovskiy, A., Kovalenko, R. et. al. (2019). Determining mechanical properties of a pressure fire hose the type of «T». *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (7 (102)), 63–70. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.184645>
- Nazarenko, S., Kovalenko, R., Asotskiy, V., Chernobay, G., Kalynovskiy, A., Tsebriuk, I. et. al. (2020). Determining mechanical properties at the shear of the material of «T» type pressure fire hose based on torsion tests. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (7 (107)), 45–55. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.212269>
- Stepanov, O. S., Bratolyubova, E. V., Shirokov, A. A. (2012). Research of influence of different factors on forcing fire-hose strength at hydraulic effect. *Tehnologiya tekstil'noy promyshlennosti*, 4, 105–108.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.227691

MODELING MATED SURFACES WITH THE REQUIRED PARAMETERS (p. 21–26)

Nelli Ismailova

Odessa Military Academy, Odessa, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0181-4420>

Valentyn Bogach

National University «Odessa Maritime Academy», Odessa, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0822-0003>

Borys Lebedev

Odessa Military Academy, Odessa, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0135-1921>

Nataliia Oliinyk

Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture, Odessa, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4492-7003>

Serhii Manakov

State University of Intellectual Technologies and Communications, Odessa, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5930-4592>

This paper has proposed improving the methods of circular and screw conversion, to be used in the design of cutting tools and toothing that include complex mated surfaces. Underlying the improvement of both methods is the construction of a mathematical base and the development of a computer subprogram, based on it, in the MATLAB system.

During the research, the original screw-type curved surface and the curvilinear generatrix axis were formed on the basis of improved methods, taking into consideration the exclusion of interference at the design stage.

A comprehensive solution to this problem is important for the manufacture of products by rolling. Given this, the original instrumental surface of the cutting tool takes into consideration the pairing condition between the article's and tool's points.

The result, when designing gears and cutting tools using the proposed improved methods, assigns the curvilinear surface parametrically, represented by two-dimensional arrays characterizing its coordinates. To avoid interference at the design stage, it is necessary to analyze the intersection of the axis of the curvilinear generatrix with horizontal planes. That would make it possible, when machining an article, to avoid cutting, jamming, as well as the dangerous concentration of stresses. The accuracy and reliability of a wide range of articles in machines and machinery and other kinematic pairs also improve.

The proposed improvement of circular and screw conversion methods to simulate curvilinear mated surfaces that exclude interference at the design stage is of practical interest in machine building.

Keywords: mated surfaces, interference, toothing, geometric parameters, circular and screw methods.

References

- Podkorytov, A. M. (2000). Iteratsiyniy metod ta alhorytm vykliuchennia interferentsiyi skladnykh spriazhenykh poverkhon za napered zadanymy umovamy. Prykladna heometriya ta inzhenerna hrafika, 64, 109–113.
- Podkorytov, A., Ismailova, N. (2016). General method for iterative interference exceptions connected surfaces kvazivintovyh. Suchasni problemy modeliuvannia, 5, 98–103. Available at: <http://magazine.mdpu.org.ua/index.php/spm/article/view/1488>
- Havrylenko, Y., Kholodniak, Y., Vershkov, O., Naidysh, A. (2018). Development of the method for the formation of one-dimensional contours by the assigned interpolation accuracy. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 1 (4 (91)), 76–82. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.123921>
- Yurchuk, V., Makhorin, Y. (2013). Construction of a knife screw auger beet tops cleaning machines. Konstruiuvannia, vyrobnytstvo ta ekspluatatsiya silskohospodarskykh mashyn, 43 (1), 208–211. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Zmntz_2013_43%281%29_31
- Jacob, D. V., Ramana, K. V., Rao, P. V. M. (2004). Automated manufacturability assessment of rotational parts by grinding. International Journal of Production Research, 42 (3), 505–519. doi: <https://doi.org/10.1080/00207540310001613674>
- Abdel-Baky, R. A., Al-Ghefari, R. A. (2012). On the kinematic geometry of relative screw motions. Journal of Mechanical Science and Technology, 26 (8), 2497–2503. doi: <https://doi.org/10.1007/s12206-012-0624-z>
- Saghafi, A., Farshidianfar, A. (2016). An analytical study of controlling chaotic dynamics in a spur gear system. Mechanism and Machine Theory, 96, 179–191. doi: <https://doi.org/10.1016/j.mechmachtheory.2015.10.002>
- Farshidianfar, A., Saghafi, A. (2014). Identification and control of chaos in nonlinear gear dynamic systems using Melnikov analysis. Physics Letters A, 378 (46), 3457–3463. doi: <https://doi.org/10.1016/j.physleta.2014.09.060>
- Zheng, F., Hua, L., Han, X., Li, B., Chen, D. (2016). Linkage model and manufacturing process of shaping non-circular gears. Mechanism and Machine Theory, 96, 192–212. doi: <https://doi.org/10.1016/j.mechmachtheory.2015.09.010>
- Wang, Q., Hu, P., Zhang, Y., Wang, Y., Pang, X., Tong, C. (2014). A Model to Determine Mesh Characteristics in a Gear Pair with Tooth Profile Error. Advances in Mechanical Engineering. doi: <https://doi.org/10.1155/2014/751476>
- Liu, X., Yang, Y., Zhang, J. (2016). Investigation on coupling effects between surface wear and dynamics in a spur gear system. Tribology International, 101, 383–394. doi: <https://doi.org/10.1016/j.triboint.2016.05.006>
- Ismailova, N., Bogach, V., Lebedev, B. (2020). Development of a technique for the geometrical modeling of conjugated surfaces when determining the geometrical parameters of an engagement surface contact in kinematic pairs. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 4 (1 (106)), 17–22. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.209108>

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.229184

OPTIMIZATION OF THE MAIN PARAMETERS OF THE SUPPORT-LUMP-BREAKING COIL (p. 27–36)

Timur Nurimbetov

Karakalpak State University named after Berdakh,
Republic of Karakalpakstan, Uzbekistan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8965-6617>

Sukhrob Umarov

Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization
Engineers, Tashkent, Uzbekistan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3854-7696>

Zulfiya Khafizova

Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization
Engineers, Tashkent, Uzbekistan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0583-1968>

Sarsengaliy Bayjanov

Karakalpak State University named after Berdakh,
Republic of Karakalpakstan, Uzbekistan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4076-0376>

Orinbay Nazarbaev

Karakalpak State University named after Berdakh,
Republic of Karakalpakstan, Uzbekistan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1311-925X>

Rahima Mirkurbanova

Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization
Engineers, Tashkent, Uzbekistan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2191-2941>

Akmal Durmanov

Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization
Senior Lecturer
Engineers, Tashkent, Uzbekistan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3947-4986>

Agricultural land plays an important role in ensuring food security and employment in rural areas. For many years, the planned economy has forced Uzbekistan to grow water-intensive crops, which has led to declining land productivity and increased crop yields. In a market economy, new innovative technologies are in high demand not only in agriculture but also in other sectors.

The purpose of the study was to substantiate the parameters of frontal plowing slope, which provides high-quality execution of the technological process in accordance with the agro-technical requirements with minimum energy consumption without furrow

plowing, agrotechnical and energy performance of variable frontal forks.

The following results were achieved by performing the tasks identified in the study: a – humidity $V=16-17\%$ and load conditions with elastic rods of 3 mm, 4 mm, 5 mm; b – humidity $V=13-14\%$ and the diameter of elastic rods is 3 mm, 4 mm, 5 mm; c – humidity $V=9-10\%$ and the diameter of the elastic rods is 3 mm, 4 mm, 5 mm.

The experiments were performed on lumps with different humidity conditions: 9–10 %, 13–14 % and 16–17 %. The speed of the installation was 1.0 m/s.

The recommended technology was to destroy soil fragments with a moisture content of 16–17 % at a vertical load of 400 N with 3, 4 and 5 mm elastic rods at 86.6, 81.5, 75.1 %, respectively, and the vertical load equal to 1,000 N – 94.4, 89.2, 81.2 %, respectively.

Keywords: tillage mechanics, support-lump-breaking coil, elastic rods, seedbed formation.

References

- The State of the World's Land and Water Resources for Food and Agriculture. Available at: <http://www.fao.org/3/i1688e/i1688e.pdf>
- Ding, K., Shi, X., Wang, H., Li, C., Wang, W., Dou, H. et. al. (2018). The calcined soils can be used as anode materials for lithium ion batteries. *International Journal of Electrochemical Science*, 13 (5), 4967–4980. <https://doi.org/10.20964/2018.05.34>
- Bartenev, I. M. (2015). The value of primary tillage in the development of plant trees and shrubs. *Forestry Engineering Journal*, 5 (2), 149–158. doi: <https://doi.org/10.12737/11989>
- Dorokhov, A. S., Aksenov, A. G., Sibirev, A. V., Sazonov, N. V. (2020). Justification of design and technological parameters of the onion harvester bed-shaping roller spiral drum. *INMATEH Agricultural Engineering*, 60 (1), 107–114. doi: <https://doi.org/10.35633/inmateh-60-12>
- Decree of the President of the Republic of Uzbekistan No. PF-4947 «On the strategy of further development of the Republic of Uzbekistan» dated February 7, 2017 (2017). Collection of Legislation of the Republic of Uzbekistan, 6.
- Das, A., Chakraborty, P., Popescu, R. (2021). Assessment of lumped particles effect on dynamic behaviour of fine and medium grained sands. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 19 (2), 745–766. doi: <https://doi.org/10.1007/s10518-020-01012-w>
- Van Leeuwen, M. M. W. J., Heuvelink, G. B. M., Wallinga, J., de Boer, I. J. M., van Dam, J. C., van Essen, E. A. et. al. (2018). Visual soil evaluation: reproducibility and correlation with standard measurements. *Soil and Tillage Research*, 178, 167–178. doi: <https://doi.org/10.1016/j.still.2017.11.012>
- Ball, B. C., Guimarães, R. M. L., Cloy, J. M., Hargreaves, P. R., Shepherd, T. G., McKenzie, B. M. (2017). Visual soil evaluation: A summary of some applications and potential developments for agriculture. *Soil and Tillage Research*, 173, 114–124. doi: <https://doi.org/10.1016/j.still.2016.07.006>
- Ball, B. C., Batey, T., Munkholm, L. J. (2007). Field assessment of soil structural quality – a development of the Peerlkamp test. *Soil Use and Management*, 23 (4), 329–337. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1475-2743.2007.00102.x>
- Golub, G., Dvornyk, A. (2020). Influence of constructive and technological parameters of the unit for strip till on the lumpiness. *Technical and Technological Aspects of Development and Testing of New Machinery and Technologies for Agriculture of Ukraine*, 27 (41). doi: [https://doi.org/10.31473/2305-5987-2020-2-27\(41\)-8](https://doi.org/10.31473/2305-5987-2020-2-27(41)-8)
- Emmet-Booth, J. P., Forristal, P. D., Fenton, O., Ball, B. C., Holden, N. M. (2016). A review of visual soil evaluation techniques for soil structure. *Soil Use and Management*, 32 (4), 623–634. doi: <https://doi.org/10.1111/sum.12300>
- Tang, H., Van Ranst, E., Sys, C. (1992). An approach to predict land production potential for irrigated and rainfed winter wheat in Pinan county, China. *Soil Technology*, 5 (3), 213–224. doi: [https://doi.org/10.1016/0933-3630\(92\)90023-t](https://doi.org/10.1016/0933-3630(92)90023-t)
- Umarov, S. R., Durmanov, A. S., Kilicheva, F. B., Murodov, S. M., Sattorov, O. B. (2019). Greenhouse Vegetable Market Development Based on the Supply Chain Strategy in the Republic of Uzbekistan. *International Journal of Supply Chain Management (IJSCM)*, 8 (5), 864–874.
- Durmanov, A., Bayjanov, S., Khodjimukhamedova, S., Nurimbetov, T., Eshev, A., Shanasirova, N. (2020). Issues of accounting for organizational and economic mechanisms in greenhouse activities. *Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems*, 12 (SP7), 114–126. doi: <https://doi.org/10.5373/jardcs/v12sp7/20202089>
- Bazdyrev, G. I., Loshakov, V. G., Puponin, A. I. (2000). *Agriculture*. Moscow: Kolos, 551.
- Juneja, A., Chafale, A. S. (2019). Consolidation behaviour of double-porosity clay using flexible wall permeameter. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers – Ground Improvement*, 172 (3), 179–191. doi: <https://doi.org/10.1680/jgrim.18.00060>
- Wang, S., Hagan, P., Cao, C. (2017). *Advances in Rock-Support and Geotechnical Engineering*. Elsevier. doi: <https://doi.org/10.1016/c2015-0-06590-x>
- Pulleman, M., Wills, S., Creamer, R., Dick, R., Ferguson, R., Hooper, D. et. al. (2021). Soil mass and grind size used for sample homogenization strongly affect permanganate-oxidizable carbon (POXC) values, with implications for its use as a national soil health indicator. *Geoderma*, 383, 114742. doi: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2020.114742>
- Shi, X. S., Herle, I., Muir Wood, D. (2018). A consolidation model for lumpy composite soils in open-pit mining. *Geotechnique*, 68 (3), 189–204. doi: <https://doi.org/10.1680/jgeot.16.p.054>
- Herle, I., Shi, X. S., Karcher, C. (2019). Constitutive Modelling of Multiporous Lumpy Soils. *Lecture Notes in Applied and Computational Mechanics*, 3–12. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-28516-6_1
- Sagoff, M. (2008). On the Economic Value of Ecosystem Services. *Environmental Values*, 17 (2), 239–257. doi: <https://doi.org/10.3197/096327108x303873>
- Durmanov, A., Umarov, S., Rakhimova, K., Khodjimukhamedova, S., Akhmedov, A., Mirzayev, S. (2021). Development of the Organizational and Economic Mechanisms of Greenhouse Industry in the Republic of Uzbekistan. *Journal of Environmental Management and Tourism*, 12 (2), 331–340. doi: [https://doi.org/10.14505/jemt.v12.2\(50\).03](https://doi.org/10.14505/jemt.v12.2(50).03)
- Komissarov, M. A., Klik, A. (2020). The Impact of No-Till, Conservation, and Conventional Tillage Systems on Erosion and Soil Properties in Lower Austria. *Eurasian Soil Science*, 53 (4), 503–511. doi: <https://doi.org/10.1134/s1064229320040079>
- Paterson, S., Minasny, B., McBratney, A. (2018). Spatial variability of Australian soil texture: A multiscale analysis. *Geoderma*, 309, 60–74. doi: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2017.09.005>
- Curry, J. (2004). Factors Affecting the Abundance of Earthworms in Soils. *Earthworm Ecology*, 91–113. doi: <https://doi.org/10.1201/9781420039719.pt3>
- Da Silva, A. P., Kay, B. D., Perfect, E. (1997). Management versus inherent soil properties effects on bulk density and relative compaction. *Soil and Tillage Research*, 44 (1-2), 81–93. doi: [https://doi.org/10.1016/s0167-1987\(97\)00044-5](https://doi.org/10.1016/s0167-1987(97)00044-5)

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.227629

DEVELOPMENT OF 3D ENVIRONMENTAL LASER SCANNER USING PINHOLE PROJECTION (p. 37–43)

Lateef Abd Zaid Qudr

AlSafwa University College, Karbala, Iraq

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6355-8736>

Three-dimensional (3D) information of capturing and reconstructing an object existing in its environment is a big challenge. In this work, we discuss the 3D laser scanning techniques, which can obtain a high density of data points by an accurate and fast method. This work considers the previous developments in this area to propose a developed cost-effective system based on pinhole projection concept and commercial hardware components taking into account the current achieved accuracy. A laser line auto-scanning system was designed to perform close-range 3D reconstructions for home/office objects with high accuracy and resolution. The system changes the laser plane direction with a microcontroller to perform automatic scanning and obtain continuous laser strips for objects' 3D reconstruction. The system parameters were calibrated with Matlab's built-in camera calibration toolbox to find camera focal length and optical center constraints. The pinhole projection equation was defined to optimize the prototype rotating axis equation. The developed 3D environmental laser scanner with pinhole projection proved the system's effectiveness on close-range stationary objects with high resolution and accuracy with a measurement error in the range (0.05–0.25) mm. The 3D point cloud processing of the Matlab computer vision toolbox has been employed to show the 3D object reconstruction and to perform the camera calibration, which improves efficiency and highly simplifies the calibration method. The calibration error is the main error source in the measurements, and the errors of the actual measurement are found to be influenced by several environmental parameters. The presented platform can be equipped with a system of lower power consumption, and compact smaller size.

Keywords: three-dimensional laser scanners, visualization, camera calibration, pinhole projection, 3D reconstruction.

References

- Arayici, Y., Hamilton, A., Gamito, P., Albergaria, G. (2004). The Scope in the INTELCTITIES Project for the Use of the 3D Laser Scanner. Proceedings of the Fourth International Conference on Engineering Computational Technology. doi: <https://doi.org/10.4203/cp.80.51>
- Huber, D. F. (2002). Automatic three-dimensional modeling from reality. CMU-RI-TR-02-35. The Robotics Institute, 201. Available at: https://www.ri.cmu.edu/pub_files/pub3/huber_daniel_2002_1/huber_daniel_2002_1.pdf
- Bernardini, F., Rushmeier, H. E. (2000). Strategies for registering range images from unknown camera positions. Three-Dimensional Image Capture and Applications III. doi: <https://doi.org/10.1117/12.380042>
- Chibane, J., Alldieck, T., Pons-Moll, G. (2020). Implicit Functions in Feature Space for 3D Shape Reconstruction and Completion. 2020 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). doi: <https://doi.org/10.1109/cvpr42600.2020.00700>
- Biffi, C., Cerrolaza, J. J., Tarroni, G., de Marvaio, A., Cook, S. A., O'Regan, D. P., Rueckert, D. (2019). 3D High-Resolution Cardiac Segmentation Reconstruction From 2D Views Using Conditional Variational Autoencoders. 2019 IEEE 16th International Symposium on Biomedical Imaging (ISBI 2019). doi: <https://doi.org/10.1109/isbi.2019.8759328>
- Lague, D., Brodu, N., Leroux, J. (2013). Accurate 3D comparison of complex topography with terrestrial laser scanner: Application to the Rangitikei canyon (N-Z). ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 82, 10–26. doi: <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2013.04.009>
- Guisado-Pintado, E., Jackson, D. W. T., Rogers, D. (2019). 3D mapping efficacy of a drone and terrestrial laser scanner over a temperate beach-dune zone. Geomorphology, 328, 157–172. doi: <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2018.12.013>
- Aicardi, I., Dabove, P., Lingua, A., Piras, M. (2017). Integration between TLS and UAV photogrammetry techniques for forestry applications. iForest – Biogeosciences and Forestry, 10 (1), 41–47. doi: <https://doi.org/10.3832/ifor1780-009>
- Biasion, A., Bornaz, L., Rinaudo, F. (2005). Laser Scanning Applications on Disaster Management. Geo-Information for Disaster Management, 19–33. doi: https://doi.org/10.1007/3-540-27468-5_2
- Zhang, J., Singh, S. (2016). Low-drift and real-time lidar odometry and mapping. Autonomous Robots, 41 (2), 401–416. doi: <https://doi.org/10.1007/s10514-016-9548-2>
- Chen, Y., Wang, J., Li, J., Lu, C., Luo, Z., Xue, H., Wang, C. (2018). LiDAR-Video Driving Dataset: Learning Driving Policies Effectively. 2018 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. doi: <https://doi.org/10.1109/cvpr.2018.00615>
- Krüsi, P., Furgale, P., Bosse, M., Siegwart, R. (2016). Driving on Point Clouds: Motion Planning, Trajectory Optimization, and Terrain Assessment in Generic Nonplanar Environments. Journal of Field Robotics, 34 (5), 940–984. doi: <https://doi.org/10.1002/rob.21700>
- Huang, X., Cheng, X., Geng, Q., Cao, B., Zhou, D., Wang, P. et al. (2018). The ApolloScape Dataset for Autonomous Driving. 2018 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops (CVPRW). doi: <https://doi.org/10.1109/cvprw.2018.00141>
- Hu, H., Zhao, T., Wang, Q., Gao, F., He, L. (2020). R-CNN Based 3D Object Detection for Autonomous Driving. CICTP 2020. doi: <https://doi.org/10.1061/9780784483053.077>
- Li, B., Ouyang, W., Sheng, L., Zeng, X., Wang, X. (2019). GS3D: An Efficient 3D Object Detection Framework for Autonomous Driving. 2019 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). doi: <https://doi.org/10.1109/cvpr.2019.00111>
- Wang, X., Jiang, M., Zhou, Z., Gou, J., Hui, D. (2017). 3D printing of polymer matrix composites: A review and prospective. Composites Part B: Engineering, 110, 442–458. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2016.11.034>
- Zaharia, C., Gabor, A.-G., Gavrilovici, A., Stan, A. T., Idorasi, L., Sinescu, C., Negruțiu, M.-L. (2017). Digital Dentistry – 3D Printing Applications. Journal of Interdisciplinary Medicine, 2 (1), 50–53. doi: <https://doi.org/10.1515/jim-2017-0032>
- Thrun, S., Burgard, W., Fox, D. (2000). A real-time algorithm for mobile robot mapping with applications to multi-robot and 3D mapping. Proceedings 2000 ICRA. Millennium Conference. IEEE International Conference on Robotics and Automation. Symposia Proceedings (Cat. No.00CH37065). doi: <https://doi.org/10.1109/robot.2000.844077>
- Skotheim, O., Lind, M., Ystgaard, P., Fjerdingen, S. A. (2012). A flexible 3D object localization system for industrial part handling. 2012 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems. doi: <https://doi.org/10.1109/iros.2012.6385508>
- Lindner, L., Sergiyenko, O., Rodríguez-Quiróñez, J. C., Rivas-Lopez, M., Hernandez-Balbuena, D., Flores-Fuentes, W. et al. (2016). Mobile robot vision system using continuous laser scanning for industrial application. Industrial Robot: An International Journal, 43 (4), 360–369. doi: <https://doi.org/10.1108/ir-01-2016-0048>
- Kriegel, S., Bodenmuller, T., Suppa, M., Hirzinger, G. (2011). A surface-based Next-Best-View approach for automated 3D model completion of unknown objects. 2011 IEEE International Conference on Robotics and Automation. doi: <https://doi.org/10.1109/icra.2011.5979947>
- Blais, F., Picard, M., Godin, G. (2004). Accurate 3D acquisition of freely moving objects. Proceedings. 2nd International Symposium on 3D Data Processing, Visualization and Transmission, 2004. 3DPVT 2004. doi: <https://doi.org/10.1109/tdpvt.2004.1335269>
- Zhongdong, Y., Peng, W., Xiaohui, L., Changku, S. (2014). 3D laser scanner system using high dynamic range imaging. Optics and

- Lasers in Engineering, 54, 31–41. doi: <https://doi.org/10.1016/j.optlaseng.2013.09.003>
24. Tocheri, M. W. (2009). Laser Scanning: 3D Analysis of Biological Surfaces. *Advanced Imaging in Biology and Medicine*, 85–101. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-540-68993-5_4
 25. Hennessy, R. J., Kinsella, A., Waddington, J. L. (2002). 3D laser surface scanning and geometric morphometric analysis of craniofacial shape as an index of cerebro-craniofacial morphogenesis: initial application to sexual dimorphism. *Biological Psychiatry*, 51 (6), 507–514. doi: [https://doi.org/10.1016/s0006-3223\(01\)01327-0](https://doi.org/10.1016/s0006-3223(01)01327-0)
 26. Leone, A., Diraco, G., Distante, C. (2007). Stereoscopic System for 3-D Seabed Mosaic Reconstruction. 2007 IEEE International Conference on Image Processing. doi: <https://doi.org/10.1109/icip.2007.4379212>
 27. Drap, P., Seinturier, J., Scaradozzi, D., Gambogi, P., Long, L., Gauch, F. (2007). Photogrammetry for virtual exploration of underwater archaeological sites. XXI International CIPA Symposium. Athens.
 28. Bianco, G., Gallo, A., Bruno, F., Muzzupappa, M. (2013). A Comparative Analysis between Active and Passive Techniques for Underwater 3D Reconstruction of Close-Range Objects. *Sensors*, 13 (8), 11007–11031. doi: <https://doi.org/10.3390/s130811007>
 29. Wang, B., Jiang, L., Li, J. W., Cai, H. G., Liu, H. (2005). Grasping unknown objects based on 3d model reconstruction. *Proceedings, 2005 IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics*. doi: <https://doi.org/10.1109/aim.2005.1511025>
 30. Rusu, R. B., Blodow, N., Marton, Z. C., Betsch, M. (2009). Close-range scene segmentation and reconstruction of 3D point cloud maps for mobile manipulation in domestic environments. 2009 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems. doi: <https://doi.org/10.1109/iros.2009.5354683>
 31. Rusu, R. B. (2010). Semantic 3D Object Maps for Everyday Manipulation in Human Living Environments. *KI – Künstliche Intelligenz*, 24 (4), 345–348. doi: <https://doi.org/10.1007/s13218-010-0059-6>
 32. Beall, C., Lawrence, B. J., Ila, V., Dellaert, F. (2010). 3D reconstruction of underwater structures. 2010 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems. doi: <https://doi.org/10.1109/iros.2010.5649213>
 33. Straub, J., Kerlin, S. (2014). Development of a Large, Low-Cost, Instant 3D Scanner. *Technologies*, 2 (2), 76–95. doi: <https://doi.org/10.3390/technologies2020076>
 34. Louvrier, A., Marty, P., Barrabé, A., Euvrard, E., Chatelain, B., Weber, E., Meyer, C. (2017). How useful is 3D printing in maxillofacial surgery? *Journal of Stomatology, Oral and Maxillofacial Surgery*, 118 (4), 206–212. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jormas.2017.07.002>
 35. Birtchnell, T., Hoyle, W., Birtchnell, T., Hoyle, W. (2016). What is 3D Printing? The definitive guide. 3D Print Dev Glob South.
 36. Arayici, Y. (2007). An approach for real world data modelling with the 3D terrestrial laser scanner for built environment. *Automation in Construction*, 16 (6), 816–829. doi: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2007.02.008>
 37. Chi, S., Xie, Z., Chen, W. (2016). A Laser Line Auto-Scanning System for Underwater 3D Reconstruction. *Sensors*, 16 (9), 1534. doi: <https://doi.org/10.3390/s16091534>
 38. Allegra, D., Gallo, G., Inzerillo, L., Lombardo, M., Milotta, F. L. M., Santagati, C. et. al. (2016). Low cost handheld 3D scanning for architectural elements acquisition. *STAG: Smart Tools and Apps in computer Graphics*. doi: <https://dx.doi.org/10.2312/stag.20161372>
 39. Reshetyuk, Y. (2006). Calibration of terrestrial laser scanners Callidus 1.1, Leica HDS 3000 and Leica HDS 2500. *Survey Review*, 38 (302), 703–713. doi: <https://doi.org/10.1179/sre.2006.38.302.703>
 40. Bauwens, S., Bartholomeus, H., Calders, K., Lejeune, P. (2016). Forest Inventory with Terrestrial LiDAR: A Comparison of Static and Hand-Held Mobile Laser Scanning. *Forests*, 7 (12), 127. doi: <https://doi.org/10.3390/f7060127>
 41. Lee, S. Y., Majid, Z., Setan, H. (2013). 3D data acquisition for indoor assets using terrestrial laser scanning. *ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, II-2/W1, 221–226. doi: <https://doi.org/10.5194/isprsannals-ii-2-w1-221-2013>
 42. Abbas, M. A., Setan, H., Majid, Z., Chong, A. K., Idris, K. M., Aspuri, A. (2013). Calibration and Accuracy Assessment of Leica ScanStation C10 Terrestrial Laser Scanner. *Developments in Multi-dimensional Spatial Data Models*, 33–47. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-642-36379-5_3
 43. Wolk, R. M. (2008). Utilizing Google Earth and Google Sketchup to visualize wind farms. 2008 IEEE International Symposium on Technology and Society. doi: <https://doi.org/10.1109/istas.2008.4559793>
 44. LOGITECH® HD PRO WEBCAM C920. Available at: <https://docs.rs-online.com/97f0/A700000006917072.pdf>
 45. MeshLab. Available at: <https://www.meshlab.net/>

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.230256

DETERMINATION OF THE REGULARITIES OF THE SOIL PUNCHING PROCESS BY THE WORKING BODY WITH THE ASYMETRIC TIP (p. 44–51)

Svyatoslav Kravets

National University of Water and Environmental Engineering, Rivne, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4063-1942>

Vladimir Suponyev

Kharkiv National Automobile and Highway University, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7404-6691>

Sergii Balesnyi

Design Institute of Transport Infrastructure LTD, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9216-3944>

Valery Shevchenko

Kharkiv National Automobile and Highway University, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8707-1837>

Alexander Yefymenko

Kharkiv National Automobile and Highway University, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0628-7893>

Vitaliy Ragulin

Kharkiv National Automobile and Highway University, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2083-4937>

The presence of analytical dependencies describing the process of static soil puncture by a working body with a conical asymmetric tip is necessary to create installations with the ability to control the trajectory of the soil puncture.

The paper considers the features of the process of interaction of an asymmetric conical tip with the ground. Analytical relationships were obtained to determine its reactions during a static puncture, the deviation of the head trajectory from a straight line, to determine the size of the soil compaction zone and the magnitude of the destructive force that acts on adjacent communications and other underground objects. It was found that with an increase in the value of the displacement of the top of the cone, for example, from its axis from 0.02 m to 0.08 m with a borehole diameter of 0.2 m, the value of soil resistance increases almost four times. The greatest resistance is achieved when piercing a hard sandy sand.

It was found that with an increase in the displacement of the tip of the tip cone, the deviation of the trajectory increases. The piercing

head achieves the greatest deviation from the straight trajectory of movement with a sharper cone and a greater asymmetric deviation of its top, and, for example, in hard sandy loam can be up to 0.17 m with a span of 10 m.

It was found that the size of the soil destruction zone will be almost 1.8 times larger than the tip in the form of a symmetrical cone and reaches from 8 to 12 borehole diameters, depending on the type of soil. The maximum pressure on adjacent objects can reach from 0.06 MPa in hard-plastic clay to 0.09 MPa in hard sandy loam.

The calculated dependences obtained for determining the power and technological parameters depending on the geometric dimensions of the asymmetric tip of the working body can be used to create installations with a controlled static puncture for use in the most common soil conditions.

Keywords: trenchless technologies, ground puncture, utilities, working body, traffic control.

References

- Zwierzchowska, A., Kuliczowska, E. (2019). The selection of the optimum trenchless pipe laying technology with the use of fuzzy logic. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 84, 487–494. doi: <http://doi.org/10.1016/j.tust.2018.11.030>
- Adams, E. (2007). Latest developments for the trenchless construction of pipelines. *Oil Gas-European Magazine*, 33, (2), 62–66.
- Zhao, J., Ling, B. (2014). *Trenchless technology underground pipes*. Shanghai: Machinery Industry Press, 134.
- Cohen, A., Ariaratnam, S. (2017). Developing a Successful Specification for Horizontal Directional Drilling Pipelines. *Planning and Design 2017*. Phoenix: 45. doi: <http://doi.org/10.1061/9780784480878.050>
- Eshutkin, D. N., Smirnov, Yu. M., Tsoy, V. M., Isaev, V. L. (1990). *Vysokoproizvoditelnye gidropnevmaticheskie udarnye mashiny dlya prokladki inzhenernykh kommunikatsiy*. Moscow: Stroyizdat, 176.
- Kravets, S. V., Kovanko, V. V., Lukianchuk, O. P. (2015). *Naukovi osnovy stvorennia zemleryno-yarusnykh mashyn i pidzemnorukhomnykh prystroiv*. Rivne: NUVHP, 322.
- Kruse, G. (2009). The trenchless technique horizontal directional drilling. Soil related risk and risk mitigation. 4th Pipeline Technology Conference, 134–156.
- Romakin, N. E., Malkova, N. V. (2007). Parametry rabocheho instrumenta dlya staticheskogo prokola gruta. *Stroitelnye i dorozhnye mashiny*, 11, 31–33.
- Kravets, S., Suponyev, V., Rieznikov, O., Kosiak, O., Nechydiuk, A., Klets, D., Chevychelova, O. (2018). Determination of the resistance of the cylindrical tubular drill for trenchless laying of underground communications. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (7 (93)), 64–70. doi: <http://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.131838>
- Tsung, N., Zheng, M., Najafi, M., Mehraban, S. (2016). A Comparative Study of Soil Pressure and Deformation of Pipes Installed by the Open-Cut Method and Trenchless Technology. *Pipelines 2016 Out of Sight, Out of Mind, Not Out of Risk*. Shanghai, 135. doi: <http://doi.org/10.1061/9780784479957.132>
- Asperger, M., Jeremic, B. (2012). Examination of the Cavity Expansion Model: Predicting Hydrofracture During Horizontal Directional Drilling. *ECI 284: Theoretical Geomechanics*. Term Project, 256–267.
- Raksha, S., Anofriev, P., Kuropiatnyk, O. (2019). Simulation modelling of the rolling stock axle test-bench. *E3S Web of Conferences*, 123, 01032. doi: <http://doi.org/10.1051/e3sconf/201912301032>
- Perepechko, Y., Kireev, S., Sorokin, K., Imomnazarov, S. (2019). Use of Parallel Technologies for Numerical Simulations of Unsteady Soil Dynamics in Trenchless Borehole Drilling. *Parallel Computational Technologies*, 1063, 197–210. doi: http://doi.org/10.1007/978-3-030-28163-2_14
- Posmituha, O., Kravets, S., Suponyev, V., Glavatsky, K. (2018). Determination of equivalent and optimal sizes of wedge tip from flange for the static perforation of soil. *MATEC Web of Conferences*, 230, 01011. doi: <http://doi.org/10.1051/matecconf/201823001011>
- Zemskov, V. M., Sudakov, A. V. (2005). *Analiz issledovaniya lobovogo soprotivleniya pri bestransheynoy prokladke truboprovodov metodom prokola*. Izvestiya TulGU. Seriya Podemno-transportnye mashiny i oborudovanie, 6, 35–38.
- Gusev, I. V., Chubarov, F. L. (2014). *Primenenie upravlyаемого prokola grunta pri bestransheynoy prokladke trub*. *Potentsial sovremennoy nauki*, 2, 30–33.
- Lunys, O., Neduzha, L., Tatarinova, V. (2019). Stability research of the main-line locomotive movement. *Proc. of the 23rd Int. Sci. Conf. Transport Means 2019 pt III*. Palanga: Kaunas Univ. of Technology, 1341–1345.
- Cherkashin, S. (2016). Installation of the Pipelines Made of Ductile Iron (DI) With the Usage Of Horizontal-directional Drilling Technique (HDD) For Water Supply Treatment Service and Sewerage Pipelines Construction and Reconstruction. *Procedia Engineering*, 165, 717–725. doi: <http://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.11.769>
- Belyaev, N. M. (1962). *Soprotivlenie materialov*. Moscow: Fizmatgiz, 608.
- Goldshhteyn, M. N. (1979). *Mekhanicheskie svoystva gruntov (napryazhenno-deformirovannye i prochnostnye kharakteristiki gruntov)*. Moscow: Stroyizdat, 304.
- Khachaturian, S. L. (2013). *Fizychni modeliuvannia ta bahatofaktorniy eksperyment dlia vyznachennia zusyillia prokoliuvannia robochym orhanom aktyvnoi diyi*. *Zbirnyk naukovykh prats (haluzeve mashynobuduvannia, budivnytstvo)*, 1 (36), 238–243.
- Rogachev, A. A. (2006). *Formirovante upravlencheskogo resheniya pri opredelenii rezhimov gornykh vyrabotok na osnovanii matematicheskogo iodelirovaniya*. *Izvestiya TulGU. Seriya «Ekonomika. Upravlenie. Finansy»*, 3, 356–360.
- Romakin, N. E., Malkova, N. V. (2006). *Usilie vnedreniya i optimalniy ugol zaostreniya rabocheho nakonechnika pri staticheskom prokole rrunta*. *Stroitelnye i dorozhnye mashiny*, 10, 35–39.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.230226

DETERMINING THE EFFECT OF CHANGE IN THE GAS INJECTION TIMING ON THE PERFORMANCE INDICATORS OF THE DIESEL ENGINE OPERATING IN THE DIESEL-GAS CYCLE (p. 52–60)

Serhii Kovbasenko

National Transport University, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7309-8200>

Andrii Holyk

National Transport University, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0994-9541>

Vatalii Simonenko

National Transport University, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7556-069X>

This paper reports a study into the fuel, economic, energy, and environmental indicators of the diesel engine operating in the diesel-gas cycle. It was established that the injection timing has a significant impact on the diesel engine indicators, in particular emissions of harmful substances with exhaust gases. The gas injection timing was investigated at crankshaft speeds $n=1,300$ rpm and $n=1,600$ rpm. At these crankshaft speeds, measurements were carried out at three different values of the injection timing. It has been determined that for each crankshaft speed of the diesel engine, the rational values of the injection timing of compressed natural gas are different. This is due to the time limits for supplying compressed natural gas to cylinders.

Bench motor tests were carried out to analyze the effect of change in the gas injection timing on the diesel engine performance indicators operating in the diesel-gas cycle. The diesel engine performance indicators were also determined during a diesel cycle and during a diesel-gas cycle. The analysis has established the effect of change in the injection timing on the concentrations of carbon monoxide, hydrocarbons, nitrogen oxides, and the smoke of exhaust gases under different speed and load modes of diesel engine operation. This effect manifests itself by a slight decrease in the concentration of carbon monoxide and hydrocarbons, by the increase in the concentration of nitrogen oxides (up to 30 %), and by a significant reduction in the smoke of exhaust gases (up to 90 %). The improvement of environmental indicators of the diesel engine has been confirmed when switching its operation to the diesel-gas cycle, by 10–16 %, with similar fuel, economic, and energy indicators.

Thus, there are grounds to assert the importance of choosing and establishing the rational value for the injection timing of compressed natural gas, depending on the speed and load modes of diesel engine operating in the diesel-gas cycle.

Keywords: diesel-gas cycle, compressed natural gas, natural gas injection timing, exhaust gases.

References

- Korakianitis, T., Namasivayam, A. M., Crookes, R. J. (2011). Natural-gas fueled spark-ignition (SI) and compression-ignition (CI) engine performance and emissions. *Progress in Energy and Combustion Science*, 37 (1), 89–112. doi: <https://doi.org/10.1016/j.pecs.2010.04.002>
- Poompipatpong, C., Cheenkachorn, K. (2011). A modified diesel engine for natural gas operation: Performance and emission tests. *Energy*, 36 (12), 6862–6866. doi: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2011.10.009>
- Gunea, C., Razavi, M. R. M., Karim, G. A. (1998). The Effects of Pilot Fuel Quality on Dual Fuel Engine Ignition Delay. SAE Technical Paper Series. doi: <https://doi.org/10.4271/982453>
- Sun, L., Liu, Y., Zeng, K., Yang, R., Hang, Z. (2014). Combustion performance and stability of a dual-fuel diesel–natural-gas engine. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering*, 229 (2), 235–246. doi: <https://doi.org/10.1177/0954407014537814>
- Zhang, Q., Li, N., Li, M. (2016). Combustion and emission characteristics of an electronically-controlled common-rail dual-fuel engine. *Journal of the Energy Institute*, 89 (4), 766–781. doi: <https://doi.org/10.1016/j.joei.2015.03.012>
- Metcalfe, W. K., Burke, S. M., Ahmed, S. S., Curran, H. J. (2013). A Hierarchical and Comparative Kinetic Modeling Study of C1–C2 Hydrocarbon and Oxygenated Fuels. *International Journal of Chemical Kinetics*, 45 (10), 638–675. doi: <https://doi.org/10.1002/kin.20802>
- Dirrenberger, P., Le Gall, H., Bounaceur, R., Herbinet, O., Glaude, P.-A., Konnov, A., Battin-Leclerc, F. (2011). Measurements of Laminar Flame Velocity for Components of Natural Gas. *Energy & Fuels*, 25 (9), 3875–3884. doi: <https://doi.org/10.1021/ef200707h>
- Donohoe, N., Heufer, A., Metcalfe, W. K., Curran, H. J., Davis, M. L., Mathieu, O. et. al. (2014). Ignition delay times, laminar flame speeds, and mechanism validation for natural gas/hydrogen blends at elevated pressures. *Combustion and Flame*, 161 (6), 1432–1443. doi: <https://doi.org/10.1016/j.combustflame.2013.12.005>
- Dai, P., Chen, Z., Chen, S. (2014). Ignition of methane with hydrogen and dimethyl ether addition. *Fuel*, 118, 1–8. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2013.10.048>
- Kumar, K. S., Raj, R. T. K. (2013). Effect of Fuel Injection Timing and Elevated Intake Air Temperature on the Combustion and Emission Characteristics of Dual Fuel Operated Diesel Engine. *Procedia Engineering*, 64, 1191–1198. doi: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2013.09.198>
- Liu, J., Yang, F., Wang, H., Ouyang, M., Hao, S. (2013). Effects of pilot fuel quantity on the emissions characteristics of a CNG/diesel dual fuel engine with optimized pilot injection timing. *Applied Energy*, 110, 201–206. doi: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2013.03.024>
- Yang, B., Wei, X., Zeng, K., Lai, M.-C. (2014). The Development of an Electronic Control Unit for a High Pressure Common Rail Diesel/Natural Gas Dual-Fuel Engine. SAE Technical Paper Series. doi: <https://doi.org/10.4271/2014-01-1168>
- Bosch Dual-Fuel – future of diesel engines? Available at: <https://gazeo.com/automotive/technology/Bosch-Dual-Fuel-future-of-diesel-engines,article,7831.html>
- Solaris diesel dual fuel. Available at: <https://fuelfusion.pl/ru/solaris-diesel-dual-fuel-3/>
- Valtra dual fuel tractors – The natural choice. Available at: <http://africa.valtra.com/en/dual-fuel>
- Lazdirenzo. URL: <https://landirenzo.com/sites/default/files/gamma-ddf-en.pdf>
- Dual-fuel Retrofit Kit Coming for CAT 785C. Available at: <http://www.ngvglobal.com/blog/dual-fuel-retrofit-kit-coming-cat-785c-1103>
- Dynamic Gas Blending. Available at: https://www.cat.com/en_US/support/operations/technology/dynamic-gas-blending.html
- Kovbasenko, S. V., Petrenko, V. G., Holyk, A. V. (2018). Creation and tuning of a microprocessor-based system for diesel engines operating on a diesel-gas cycle. *Visnyk Natsionalnoho transportnoho universytetu*, 3, 54–65.
- Kovbasenko, S. V., Holyk, A. V., Petrenko, V. H., Solomakha, A. S., Ustymenko, Ye. V. (2018). Development and investigation of a microprocessor-based system for diesel engine operating on a diesel-gas cycle. *Vcheni zapysky Tavriyskoho natsionalnoho universytetu im. V. I. Vernadskoho. Seriya «Tekhnichni nauky»*, 29 (68 (1)), 96–102.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.230113

DEVISING A MODEL OF THE AIRFLOW WITH DUST PARTICLES IN THE INTAKE SYSTEM OF A VEHICLE'S INTERNAL COMBUSTION ENGINE (p. 61–69)

Olexii Saraiev

Kharkiv National Automobile and Highway University, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6582-560X>

Alexander Khrulev

Kharkiv National Automobile and Highway University, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6841-9225>

This paper considers the mechanism of malfunction of internal combustion engines that implies the accelerated local wear of parts in individual cylinders as a result of uneven distribution of dust particles that pass through the air filter in the intake system.

In order to acquire quantitative data on the effect of the structure of the intake system on the redistribution of dust in engine cylinders, the two-phase flow of air with dust particles in the standard elements of the intake system was mathematically modeled.

ANSYS software package was used to solve the problem. A simulation technique was devised in which the airflow was first calculated to determine the boundary conditions for dust, after which the flow of air with particles was calculated. The calculations were carried out in a range of air velocities of 5–20 m/s in branching channels with diversion angles of 45°, 90°, and 135° for the most characteristic particle sizes of 5–30 μm. It has been estimated that dust particles deviate from the air streamlines by inertia and can slip through the lateral drain the stronger the larger particle size, diversion angle, and velocity of air.

The comparison of the simulation results with experimental data confirmed that in the intake system of some engines, due to uneven particle distribution, there is local abrasive wear in one or more cylinders, which can significantly reduce the resource. This paper shows the need to take into consideration the centrifugation and redistribution of dust in the intake systems during the design, modernization, expert studies to determine the causes of faults associated with faulty operating conditions, as well as to clarify the regulations for the maintenance of existing engines

Keywords: internal combustion engine, intake manifold, two-phase flow, dust particles, centrifugation

References

- Lakshminarayanan, P. A., Nayak, N. S. (2011). Critical component wear in heavy duty engines. *John Wiley & Sons*, 424. doi: <https://doi.org/10.1002/9780470828847>
- Rahnejat, H. (Ed.) (2010). *Tribology and Dynamics of Engine and Powertrain: Fundamentals, Applications and Future Trends*. Woodhead Publishing, 1018.
- Yamagata, H. (2005). *The science and technology of materials in automotive engines*. Woodhead Publishing, 331. doi: <https://doi.org/10.1533/9781845690854>
- Sutherland, K. (2008). *Filters and Filtration Handbook*. Elsevier Science, 523. doi: <https://doi.org/10.1016/b978-1-85617-464-0.x0001-6>
- Zhang, P., Duan, J., Chen, G., Wang, W. (2019). Numerical Investigation on Gas-solid Flow in a Circumfluent Cyclone Separator. *Aerosol and Air Quality Research*, 19 (5), 971–980. doi: <https://doi.org/10.4209/aaqr.2018.05.0197>
- Tang, Z., Yu, L., Wang, F., Li, N., Chang, L., Cui, N. (2018). Effect of Particle Size and Shape on Separation in a Hydrocyclone. *Water*, 11 (1), 16. doi: <https://doi.org/10.3390/w11010016>
- Van Basshuysen, R., Schäfer, F. (Eds.) (2004). *Internal Combustion Engine Handbook: Basics, Components, Systems, and Perspectives*. SAE International, 868.
- Hoag, K., Dondlinger, B. (2006). *Vehicular Engine Design*. Springer, 386. doi: <https://doi.org/10.1007/978-3-7091-1859-7>
- Grehov, L. V., Ivaschenko, N. A., Markov, V. A. et. al.; Aleksandrova, A. A., Ivaschenko, N. A. (Eds.) (2013). *Mashinostroenie. Entsiklopediya. Vol. IV–14. Dvigateli vnutrennego sgoraniya*. Moscow: Mashinostroenie, 784.
- Greuter, E., Zima, S. (2012). *Engine failure analysis*. SAE International. doi: <https://doi.org/10.4271/0768008859>
- Isermann, R. (2017). *Combustion Engine Diagnosis: Model-based Condition Monitoring of Gasoline and Diesel Engines and their Components*. Springer, 303. doi: <https://doi.org/10.1007/978-3-662-49467-7>
- Engine Air Filtration for Light, Medium, & Heavy Dust Conditions. *Air Cleaners, Pre-cleaners & Inlet Hoods, Rubber Adapters/Elbows, Filter Indicators, Mounting Bands*. Donaldson Company, Inc., 307. Available at: <https://www.donaldson.com/content/dam/donaldson/engine-hydraulics-bulk/catalogs/air-intake/north-america/F110027-ENG/Air-Intake-Systems-Product-Guide.pdf>
- Almeida, A. L. de, Azevedo, E. V. de, Yoshino, F. J., Oliveira, M. J. D. de, Trindade, W. R. da S. (2017). Increase of engine air filter elements service interval for medium and heavy duty vehicles by means of air induction system design optimization. *Blucher Engineering Proceedings*. doi: <https://doi.org/10.5151/engpro-simea2017-30>
- Trautmann, P., Durst, M., Pelz, A., Moser, N. (2005). High performance nanofibre coated filter media for engine intake air filtration. *AFS 2005 Conference and Expo*, 9. Available at: <https://www.researchgate.net/publication/292649030>
- Technical Filter Brochure (2014). *MS Motorservice International GmbH*, 47. Available at: <https://mam.rheinmetall-automotive.com/mc/epaper?guid=14c0224fff44e62c>
- Hrulev, A., Butskiy, Yu. (2017). *Garantiyniy vozrast dozhitiya. Avtomobil' i servis*, 7, 46–50. URL: <https://www.ab-engine.ru/smi/07-2017filter.pdf>
- Free Student Software Downloads. ANSYS. Available at: <https://www.ansys.com/academic/students>
- Fedorova, N. N., Val'ger, S. A., Danilov, M. N., Zaharova, Yu. V. (2017). *Osnovy raboty v ANSYS 17*. Moscow: DMK Press, 210.
- Durst, M., Klein, G. M., Moser, N. (2002). *Filtration in Fahrzeugen: Grundlagen und Beispiele zur Luft-, Öl- und Kraftstofffiltration*. Moderne Industrie, 96.
- Rebollo, T. C., Lewandowski, R. (2014). *Mathematical and Numerical Foundations of Turbulence Models and Applications*. Springer, 517. doi: <https://doi.org/10.1007/978-1-4939-0455-6>
- Drozдовskiy, V. B., Losavio, S. K., Hrulev, A. E. (2019). *Ekspertiza tehničeskogo sostoyaniya i prichiny neispravnostey avtomobil'noy tehniki*. Moscow: Izdatel'stvo ABS, 966.
- Khrulev, A. E., Dmitriev, S. A. (2020). Influence of the inlet system design on dust centrifugation and the parts wear of the modern internal combustion engines. *Internal Combustion Engines*, 2, 73–84. doi: <https://doi.org/10.20998/0419-8719.2020.2.10>
- Dziubak, T. (2018). Operational properties of performance engine intake air cleaners. *Combustion Engines*, 172 (1), 25–34. doi: <https://doi.org/10.19206/ce-2018-103>

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.227075

DETERMINING THE PARAMETERS FOR A 3D-PRINTING PROCESS USING THE FUSED DEPOSITION MODELING IN ORDER TO MANUFACTURE AN ARTICLE WITH THE REQUIRED STRUCTURAL PARAMETERS (p. 70–80)

Oleksii Vambol

National Aerospace University
«Kharkiv Aviation Institute», Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1719-8063>

Andrii Kondratiev

O. M. Beketov National University
of Urban Economy in Kharkiv, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8101-1961>

Svitlana Purbina

National Aerospace University
«Kharkiv Aviation Institute», Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6992-5210>

Maryna Shevtsova

National Aerospace University
«Kharkiv Aviation Institute», Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3176-5017>

The mass application of FDM technology is slowed down due to the difficulty of selecting 3D printing parameters in order to manufacture an article with the required characteristics. This paper reports a study into the impact of 3D printing parameters (temperature, print speed, layer height) on mechanical parameters (strength, elasticity module), as well as on the accuracy of printing and roughness of the surface of a specimen based on thermoplastic (PLA plastic). Several batches of specimens were fabricated for this study in accordance with ASTM D638 and ASTM D695, which were tested for tension, geometric accuracy, and roughness. Based on the experimental data, regression analysis was carried out and the functional dependences of the strength, elasticity module, printing precision, roughness of a surface on 3D printing parameters (temperature, speed, thickness of the layer) were constructed. In addition, the derived mathematical model underlying a method of

non-linear programming has established such printing parameters that could provide for the required properties of a structure. The analytical dependences reported in the current work demonstrate a high enough determination factor in the examined range of parameters. Using functional dependences during the design phase makes it possible to assess the feasibility of its manufacture with the required properties, reduce the time to work out the process of printing it, and give recommendations on the technological parameters of 3D printing. The recommendations from this study could be used to make PLA-plastic articles for various purposes with the required properties.

Keywords: 3D printing, process parameters, FDM technology, tensile strength, manufacturing precision, PLA, layer thickness.

References

1. Stavychenko, V., Purhina, S., Shestakov, P. (2018). Prediction of specific electrical resistivity of polymeric composites based on carbon fabrics. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (12 (92)), 46–53. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.129062>
2. Felton, H., Hughes, R., Diaz-Gaxiola, A. (2021). Negligible-cost microfluidic device fabrication using 3D-printed interconnecting channel scaffolds. *PLOS ONE*, 16 (2), e0245206. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0245206>
3. Bychkov, A. S., Kondratiev, A. V. (2019). Criterion-Based Assessment of Performance Improvement for Aircraft Structural Parts with Thermal Spray Coatings. *Journal of Superhard Materials*, 41 (1), 53–59. doi: <https://doi.org/10.3103/s1063457619010088>
4. Hu, Z., Vambol, O. (2020). Topological designing and analysis of the composite wing rib. *Aerospace Technic and Technology*, 6, 4–14. doi: <https://doi.org/10.32620/akt.2020.6.01>
5. Mhapsekar, K., McConaha, M., Anand, S. (2018). Additive Manufacturing Constraints in Topology Optimization for Improved Manufacturability. *Journal of Manufacturing Science and Engineering*, 140 (5). doi: <https://doi.org/10.1115/1.4039198>
6. Andreev, A. V., Karpov, Ya. S., Taranenko, I. M., Shevtsova, M. A. (2016). Analiz nekotoryh fundamental'nyh problem sozdaniya konstruksiy iz kompozitnyh materialov i vozmozhnyh putey ih resheniya. *Voprosy proektirovaniya i proizvodstva konstruksiy letatel'nyh apparatov*, 4, 37–49. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Pptvk_2016_4_5
7. Tymrak, B. M., Kreiger, M., Pearce, J. M. (2014). Mechanical properties of components fabricated with open-source 3-D printers under realistic environmental conditions. *Materials & Design*, 58, 242–246. doi: <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2014.02.038>
8. Raut, S., Jatti, V. S., Khedkar, N. K., Singh, T. P. (2014). Investigation of the Effect of Built Orientation on Mechanical Properties and Total Cost of FDM Parts. *Procedia Materials Science*, 6, 1625–1630. doi: <https://doi.org/10.1016/j.mspro.2014.07.146>
9. Chacón, J. M., Caminero, M. A., García-Plaza, E., Núñez, P. J. (2017). Additive manufacturing of PLA structures using fused deposition modelling: Effect of process parameters on mechanical properties and their optimal selection. *Materials & Design*, 124, 143–157. doi: <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2017.03.065>
10. Wu, W., Geng, P., Li, G., Zhao, D., Zhang, H., Zhao, J. (2015). Influence of Layer Thickness and Raster Angle on the Mechanical Properties of 3D-Printed PEEK and a Comparative Mechanical Study between PEEK and ABS. *Materials*, 8 (9), 5834–5846. doi: <https://doi.org/10.3390/ma8095271>
11. Gonabadi, H., Yadav, A., Bull, S. J. (2020). The effect of processing parameters on the mechanical characteristics of PLA produced by a 3D FFF printer. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 111 (3-4), 695–709. doi: <https://doi.org/10.1007/s00170-020-06138-4>
12. Vasilescu, M. D., Groza, I. V. (2017). Influence of technological parameters on the roughness and dimension of flat parts generated by FDM 3D printing. *Nonconventional Technologies Review*, 21 (3), 18–23. Available at: https://www.researchgate.net/publication/321585763_INFLUENCE_OF_TECHNOLOGICAL_PARAMETERS_ON_THE_ROUGHNESS_AND_DIMENSION_OF_FLAT_PARTS_GENERATED_BY_FDM_3D_PRINTING
13. Christiyani, K. G. J., Chandrasekhar, U., Venkateswarlu, K. (2016). A study on the influence of process parameters on the Mechanical Properties of 3D printed ABS composite. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 114, 012109. doi: <https://doi.org/10.1088/1757-899x/114/1/012109>
14. Sukindar, N. A., Ariffin, M. K. A. B. M., Baharudin, B. T. H. T. B., Jaafar, C. N. A. B., Ismail, M. I. S. B. (2017). Analysis on temperature setting for extruding polylactic acid using open-source 3D printer. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, 12 (4), 1348–1353. Available at: https://www.researchgate.net/publication/316696762_Analysis_on_temperature_setting_for_extruding_polylactic_acid_using_open-source_3D_printer
15. Rankouhi, B., Javadpour, S., Delfanian, F., Letcher, T. (2016). Failure Analysis and Mechanical Characterization of 3D Printed ABS With Respect to Layer Thickness and Orientation. *Journal of Failure Analysis and Prevention*, 16 (3), 467–481. doi: <https://doi.org/10.1007/s11668-016-0113-2>
16. Alafaghani, A., Qattawi, A., Alrawi, B., Guzman, A. (2017). Experimental Optimization of Fused Deposition Modelling Processing Parameters: A Design-for-Manufacturing Approach. *Procedia Manufacturing*, 10, 791–803. doi: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.079>
17. Tontowi, A. E., Ramdani, L., Erdizon, R. V., Baroroh, D. K. (2017). Optimization of 3D-Printer Process Parameters for Improving Quality of Polylactic Acid Printed Part. *International Journal of Engineering and Technology*, 9 (2), 589–600. doi: <https://doi.org/10.21817/ijet/2017/v9i2/170902044>
18. Ouhsti, M., El Haddadi, B., Belhouideg, S. (2018). Effect of Printing Parameters on the Mechanical Properties of Parts Fabricated with Open-Source 3D Printers in PLA by Fused Deposition Modeling. *Mechanics and Mechanical Engineering*, 22 (4), 895–908. doi: <https://doi.org/10.2478/mme-2018-0070>
19. Hashemi Sanatgar, R., Campagne, C., Nierstrasz, V. (2017). Investigation of the adhesion properties of direct 3D printing of polymers and nanocomposites on textiles: Effect of FDM printing process parameters. *Applied Surface Science*, 403, 551–563. doi: <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2017.01.112>
20. Sood, A. K., Ohdar, R. K., Mahapatra, S. S. (2010). Parametric appraisal of mechanical property of fused deposition modelling processed parts. *Materials & Design*, 31 (1), 287–295. doi: <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2009.06.016>
21. Lanzotti, A., Grasso, M., Staiano, G., Martorelli, M. (2015). The impact of process parameters on mechanical properties of parts fabricated in PLA with an open-source 3-D printer. *Rapid Prototyping Journal*, 21 (5), 604–617. doi: <https://doi.org/10.1108/rpj-09-2014-0135>
22. Christiyani, K. G. J., Chandrasekhar, U., Venkateswarlu, K. (2019). Investigation on the mechanical properties of PLA & its composite fabricated through advanced fusion plastic modelling. *Journal of Mechanical Engineering Research and Developments*, 42 (3), 47–54. doi: <https://doi.org/10.26480/jmerd.03.2019.47.54>
23. Yang, T.-C. (2018). Effect of Extrusion Temperature on the Physico-Mechanical Properties of Unidirectional Wood Fiber-Reinforced Polylactic Acid Composite (WFRPC) Components Using Fused Deposition Modeling. *Polymers*, 10 (9), 976. doi: <https://doi.org/10.3390/polym10090976>
24. Letcher, T., Rankouhi, B., Javadpour, S. (2015). Experimental Study of Mechanical Properties of Additively Manufactured ABS Plastic as

a Function of Layer Parameters. Volume 2A: Advanced Manufacturing. doi: <https://doi.org/10.1115/imece2015-52634>

25. Garson, G. D. (2014). Multiple Regression. Statistical Associates Publishers, 462.
26. Bhatti, M. A. (2000). Practical Optimization Methods. Springer, 715. doi: <https://doi.org/10.1007/978-1-4612-0501-2>
27. Cavazzuti, M. (2013). Optimization Methods. From Theory to Design Scientific and Technological Aspects in Mechanics. Springer, 262. doi: <https://doi.org/10.1007/978-3-642-31187-1>

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.227120
DESIGNING A KINEMATIC MODULE WITH ROUNDING TO MODEL THE PROCESSES OF COMBINED RADIAL-LONGITUDINAL EXTRUSION INVOLVING A TOOL WHOSE CONFIGURATION IS COMPLEX (p. 81–89)

Natalia Hrudkina

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

Igramotdin Aliiev

Donbass State Engineering Academy, Kramatorsk, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4248-8214>

Oleg Markov

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

Iurii Savchenko

University of Customs and Finance, Dnipro, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7177-6311>

Liudmyla Sukhovirska

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

Liubov Tahan

Donbass State Engineering Academy, Kramatorsk, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7628-2142>

It is advisable that parts whose shape is complex and which are made from solid or hollow blanks should be made by means of transverse and combined radial-longitudinal extrusion. The variation of manufacturing modes, tool configurations (in the form of chambers and rounding of the transitional sections of matrices) requires an adequate preliminary assessment of the force regime and the features of part shape formation. This paper has proposed a curvilinear kinematic module of the trapezoidal form for modeling radial-longitudinal extrusion processes in the presence of matrix rounding. Given the impossibility of using a quarter-circle boundary for the kinematically assigned possible velocity field, it has been proposed to use approximate curves in the form of $z_1(r)$ and $z_2(r)$. Taking into account the slightest deviation in the length of the arc of the approximate curve $z_1(r)$ and the area of the curvilinear trapezoid bounded by it relative to a quarter of the circle (not exceeding 0.8 % for any ratio), it has been recommended using this particular replacement. We have performed calculations of the value of the reduced deformation pressure inside the kinematic module with rounding taking into consideration the power of cutting forces at the border with adjacent kinematic modules. As an example, the devised module with rounding embedded in the estimation scheme of radial extrusion was analyzed. A significant impact of friction conditions on the force mode and the corresponding optimal value of the rounding radius have been identified. The resulting kinematic module makes it possible to expand the capabilities of the energy method for modeling cold extrusion processes involving the tools of complex form according to new deformation schemes. That could contribute to preparing recommendations on the optimal tool configuration and more active industrial implementation of these processes.

Keywords: simulation of combined extrusion processes, tool configuration, kinematic module, energy method.

References

1. Bhaduri, A. (2018). Extrusion. Springer Series in Materials Science, 599–646. doi: https://doi.org/10.1007/978-981-10-7209-3_13
2. Kukhar, V., Kurpe, O., Klimov, E., Balalayeva, E., Dragobetskii, V. (2018). Improvement of the Method for Calculating the Metal Temperature Loss on a Coilbox Unit at The Rolling on Hot Strip Mills. International Journal of Engineering & Technology, 7 (4.3), 35. doi: <https://doi.org/10.14419/ijet.v7i4.3.19548>
3. Markov, O., Kukhar, V., Zlygoriev, V., Shapoval, A., Khvashchynskiy, A., Zhytnikov, R. (2020). Improvement of upsetting process of four-beam workpieces based on computerized and physical modeling. FME Transactions, 48 (4), 946–953. doi: <https://doi.org/10.5937/fme2004946m>
4. Bohdanova, L. M., Vasilyeva, L. V., Guzenko, D. E., Kolodyazhny, V. M. (2018). A Software System to Solve the Multi-Criteria Optimization Problem with Stochastic Constraints. Cybernetics and Systems Analysis, 54 (6), 1013–1018. doi: <https://doi.org/10.1007/s10559-018-0104-2>
5. Kukhar, V. V., Grushko, A. V., Vishtak, I. V. (2018). Shape Indexes for Dieless Forming of the Elongated Forgings with Sharpened End by Tensile Drawing with Rupture. Solid State Phenomena, 284, 408–415. doi: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/ssp.284.408>
6. Chigarev, V. V., Belik, A. G., Gribkov, E. P., Gavrish, P. A. (2014). A mathematical model of the process of rolling flux-cored tapes. Welding International, 29 (1), 70–74. doi: <https://doi.org/10.1080/09507116.2014.888192>
7. Perig, A. (2015). Two-parameter Rigid Block Approach to Upper Bound Analysis of Equal Channel Angular Extrusion Through a Segal 20-die. Materials Research, 18 (3), 628–638. doi: <https://doi.org/10.1590/1516-1439.004215>
8. Perig, A., Matveyev, I. (2019). FEM-based deformation regression analysis of ECAE strains. FME Transactions, 47 (4), 851–855. doi: <https://doi.org/10.5937/fmet1904851p>
9. Saffar, S., Malaki, M., Mollaei-Dariani, B. (2014). On the effects of eccentricity in precision forging process. UPB Scientific Bulletin, Series D: Mechanical Engineering, 76 (1), 123–138. Available at: https://www.researchgate.net/publication/288478481_On_the_effects_of_eccentricity_in_precision_forging_process
10. Aliieva, L., Hrudkina, N., Aliiev, I., Zhbakov, I., Markov, O. (2020). Effect of the tool geometry on the force mode of the combined radial-direct extrusion with compression. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2 (1 (104)), 15–22. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.198433>
11. Perig, A. V. (2014). 2D upper bound analysis of ECAE through 20-dies for a range of channel angles. Materials Research, 17 (5), 1226–1237. doi: <https://doi.org/10.1590/1516-1439.268114>
12. Kalyuzhnyi, V. L., Alieva, L. I., Kartamyshev, D. A., Savchinskii, I. G. (2017). Simulation of Cold Extrusion of Hollow Parts. Metallurgist, 61 (5-6), 359–365. doi: <https://doi.org/10.1007/s11015-017-0501-1>
13. Lee, Y. S., Hwang, S. K., Chang, Y. S., Hwang, B. B. (2001). The forming characteristics of radial-forward extrusion. Journal of Materials Processing Technology, 113 (1-3), 136–140. doi: [https://doi.org/10.1016/s0924-0136\(01\)00705-1](https://doi.org/10.1016/s0924-0136(01)00705-1)
14. Jafarzadeh, H., Zadshakoyan, M., Abdi Sobbouhi, E. (2010). Numerical Studies of Some Important Design Factors in Radial-Forward Extrusion Process. Materials and Manufacturing Processes, 25 (8), 857–863. doi: <https://doi.org/10.1080/10426910903536741>
15. Alieva, L., Zhbakov, Y. (2015). Radial-direct extrusion with a movable mandrel. Metallurgical and Mining Industry, 11, 175–183. Available at: https://www.metaljournal.com.ua/assets/Journal/english-edition/MMI_2015_11/Leila_Alieva.pdf

16. Aliev, I. S. (1988). Radial extrusion processes. *Soviet Forging and Metal Stamping Technology. English Translation of Kuznechno-Shtampovochnoe Proizvodstvo*, 3, 54–61.
17. Aliev, I. S., Lobanov, A. I., Borisov, R. S., Savchinskij, I. G. (2004). Investigation of die blocks with split matrixes for the processes of cross extrusion. In: *Forging and Stamping Production (Materials Working by Pressure)*, 8, 21–26.
18. Farhoumand, A., Ebrahimi, R. (2009). Analysis of forward-backward-radial extrusion process. *Materials & Design*, 30 (6), 2152–2157. doi: <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2008.08.025>
19. Jafarzadeh, H., Barzegar, S., Babaei, A. (2014). Analysis of Deformation Behavior in Backward–Radial–Forward Extrusion Process. *Transactions of the Indian Institute of Metals*, 68 (2), 191–199. doi: <https://doi.org/10.1007/s12666-014-0441-4>
20. Farhoumand, A., Ebrahimi, R. (2016). Experimental investigation and numerical simulation of plastic flow behavior during forward-backward-radial extrusion process. *Progress in Natural Science: Materials International*, 26 (6), 650–656. doi: <https://doi.org/10.1016/j.pnsc.2016.12.005>
21. Ogorodnikov, V. A., Dereven'ko, I. A., Sivak, R. I. (2018). On the Influence of Curvature of the Trajectories of Deformation of a Volume of the Material by Pressing on Its Plasticity Under the Conditions of Complex Loading. *Materials Science*, 54 (3), 326–332. doi: <https://doi.org/10.1007/s11003-018-0188-x>
22. Ogorodnikov, V. A., Dereven'ko, I. A. (2013). Modeling combined extrusion process to assess the limit of forming blanks from different materials. *Izvestiya MGTU «MAMI»*, 2 (2 (16)), 224–229.
23. Motallebi Savarabadi, M., Faraji, G., Zalnezhad, E. (2019). Hydrostatic tube cyclic expansion extrusion (HTCEE) as a new severe plastic deformation method for producing long nanostructured tubes. *Journal of Alloys and Compounds*, 785, 163–168. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2019.01.149>
24. Noh, J., Hwang, B. B., Lee, H. Y. (2015). Influence of punch face angle and reduction on flow mode in backward and combined radial backward extrusion process. *Metals and Materials International*, 21 (6), 1091–1100. doi: <https://doi.org/10.1007/s12540-015-5276-y>
25. Aliieva, L. I. (2016). Forming of defect parts in cold extrusion processes. *Visnyk Khersonskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu*, 4, 18–27.
26. Aliieva, L. I. (2018). Sovershenstvovanie protsessov kombinirovannogo vydavlivaniya. *Kramatorsk: OOO «Tirazh-51»*, 352.
27. Golovin, V. A. et. al. (2005). Razrabotka i issledovanie protsessov holodnoy obemnoy shtampovki polyh osesimmetrichnykh detaley slozhnoy formy. *Kuznechno-shtampovochnoe proizvodstvo. Obrabotka materialov davleniem*, 11, 10–14.
28. Alexandrov, A. A., Evstifeev, V. V., Kovalchuk, A. I., Evstifeev, A. V. (2012). Mathematical modeling of the cross vydavlevaniya conical flange on the tubular workpiece. *Vestnik Sibirskoy gosudarstvennoy avtomobil'no-dorozhnoy akademii*, 6 (28), 93–99.
29. Chudakov, P. D. (1992). Verhnyaya otsenka moschnosti plasticheskoy deformatsii s ispol'zovaniem minimiziruyushey funktsii. *Izvestiya vuzov. Mashinostroenie*, 9, 13–15.
30. Chudakov, P. D. (1979). O vychislenii moschnosti plasticheskoy deformatsii. *Izvestiya vuzov. Mashinostroenie*, 7, 146–148.
31. Aliieva, L. I., Shkira, A. V., Goncharuk, K. V. (2015). Primenenie matematicheskogo apparata dlya opredeleniya energosilovykh karakteristik kombinirovannogo trehstoronnogo vydavlivaniya. *Nauchnyy vestnik Donbasskoy gosudarstvennoy mashinostroitel'noy akademii*, 2 (17E), 5–10.
32. Hrudkina, N., Markov, O. (2020). Mathematical simulation of cold extrusion processes with complex tool configuration. *Technical sciences and technologies*, 3 (21), 89–97. doi: [https://doi.org/10.25140/2411-5363-2020-3\(21\)-89-97](https://doi.org/10.25140/2411-5363-2020-3(21)-89-97)
33. Hrudkina, N., Aliieva, L. (2020). Modeling of cold extrusion processes using kinematic trapezoidal modules. *FME Transactions*, 48 (2), 357–363. doi: <https://doi.org/10.5937/fme2002357h>
34. Hrudkina, N. (2021). Process modeling of sequential radial-direct extrusion using curved triangular kinematic module. *FME Transactions*, 49 (1), 56–63. doi: <https://doi.org/10.5937/fme2101056h>
35. Hrudkina, N., Aliieva, L., Markov, O., Marchenko, I., Shapoval, A., Abhari, P., Kordenko, M. (2020). Predicting the shape formation of hollow parts with a flange in the process of combined radial-reverse extrusion. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (1 (106)), 55–62. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.203988>
36. Winiarski, G., Gontarz, A., Samołyk, G. (2020). Theoretical and Experimental Analysis of a New Process for Forming Flanges on Hollow Parts. *Materials*, 13 (18), 4088. doi: <https://doi.org/10.3390/ma13184088>

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.226479
EFFECT OF SHAPE FORMATION ON THE ACCURACY OF GRINDING ENDS WHILE COMPENSATING FOR MACHINE TOOL ERRORS (p. 90–96)

Andrey Rudyk

State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification, Chernihiv, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3582-9279>

Volodymyr Chupryna

State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification, Chernihiv, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4886-090X>

Vladislav Rudyk

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6233-4872>

There are several general methods for correcting errors related to positioning the machine tool structural units. The task to achieve optimal manufacturing accuracy can be resolved by using a compatible solution to vector equations, a variation of the shape formation function, or applying a matrix of transfer coefficients.

However, there is no mutual relationship between various calculation methods for the case of grinding flat surfaces. The methods should be simplified and tested for the elongated shape formation function while considering the links' dimensions.

This paper reports a study into the accuracy of grinding flat surfaces, determining and reducing the share of manufacturing errors. The content of variation matrices and transfer coefficients has been substantiated. The comparison of the orientation angles of the grinding machine headstock relative to the machine tool bed has demonstrated close results from all methods. These angles were taken as machine tool errors. The calculation error does not exceed 1.5%. The experiments are consistent with the calculations.

Different signs of the transfer coefficients in the orientation angles of grinding machine headstocks in the matrix make it possible to mutually compensate for the overall impact. The calculations have shown that the accuracy of the side-end machining is largely affected by a change in the orientation angle in the vertical plane.

The effect exerted on the accuracy of individual mated parts by the machine tool structural units has been estimated. The calculations show that the error of positioning a part in the drum window acquires the highest absolute values and is random in nature, which requires a more accurate base positioning. The findings from both theoretical and experimental studies have been applied. The mathematical model makes it possible to determine the degree of scattering the end surface around the base plane via its variance.

The measured trajectory provides diagnostic information about the sources of error in the machine tool assembly. A task to calculate the accuracy of the end-grinding machine tool can be solved for other models of machine tools in the same way.

Keywords: shape formation, grinding, end, correction, accuracy, error, variance, matrix, profilogram, structural unit.

References

- Reshetov, D. N., Portman, V. T. (1986). *Tochnost' metallovezhushchih stankov*. Moscow: Mashinostroenie, 336.
- Schwenke, H., Knapp, W., Haitjema, H., Weckenmann, A., Schmitt, R., Delbressine, F. (2008). Geometric error measurement and compensation of machines – An update. *CIRP Annals*, 57 (2), 660–675. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2008.09.008>
- Tian, W., Gao, W., Zhang, D., Huang, T. (2014). A general approach for error modeling of machine tools. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 79, 17–23. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijmachtools.2014.01.003>
- Rudyk, A. V., Rudyk, V. A. (2010). Produktivnist obrobky tortsiv na tortsevoshlifovalnykh verstatakh. *Visnyk ChDTU*, 45, 57–67.
- Kalchenko, V. V. (2005). Modulne 3D modeliuвання formoutvoriuchykh system shlifovalnykh verstativ, instrumentiv ta obroblivanykh poverkhon. *Visnyk Ternopilskoho derzhavnoho tekhnichnoho universytetu*, 12 (2), 68–79.
- Rudyk, A. V., Venzheha, V. I. (2008). Formoutvorennia tortsiv detalei avtomobiliv pry dvostoronnomu shlifuvanni. *Visnyk ChDTU*, 34, 80–88.
- Srivastava, A. K., Veldhuis, S. C., Elbestawit, M. A. (1995). Modelling geometric and thermal errors in a five-axis cnc machine tool. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 35 (9), 1321–1337. doi: [https://doi.org/10.1016/0890-6955\(94\)00048-o](https://doi.org/10.1016/0890-6955(94)00048-o)
- Rudyk, A. V. (2011). Vplyv pokhybok naladky verstatu modeli 3342 ADO na pokhybku formoutvorennia ploskykh poverkhon. *Vestnik KhPI*, 53, 94–106.
- Kalchenko, V., Venzheha, V., Sliednikova, O., Kalchenko, D. (2016). Theoretical and experimental investigations process stock removal, wheels wear, forming accuracy and thermal voltage at grinding of ends part. *Technical Sciences and Technologies*, 4 (6), 25–34.
- Ramesh, R., Mannan, M. A., Poo, A. N. (2000). Error compensation in machine tools – a review. Part I: geometric, cutting-force induced and fixture-dependent errors. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 40 (9), 1235–1256. doi: [https://doi.org/10.1016/S0890-6955\(00\)00009-2](https://doi.org/10.1016/S0890-6955(00)00009-2)
- Denis Ashok, S., Samuel, G. L. (2016). Regression method for identifying spindle radial errors of a miniaturized machine tool. *Journal of Studies on Manufacturing*, 1 (1), 26–33.
- Chen, G., Liang, Y., Sun, Y., Chen, W., Wang, B. (2013). Volumetric error modeling and sensitivity analysis for designing a five-axis ultra-precision machine tool. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 68 (9-12), 2525–2534. doi: <https://doi.org/10.1007/s00170-013-4874-4>
- Chupryna, V. M. (2016). Tensor-mathematical modeling of machining accuracy in dynamic system of cutting machine. *Zbirnyk naukovykh prats Kharkivskoho universytetu Povitrianykh Syl*, 1, 116–124.
- Aurich, J. C., Biermann, D., Blum, H., Brecher, C., Carstensen, C., Denkena, B. et al. (2008). Modelling and simulation of process: machine interaction in grinding. *Production Engineering*, 3 (1), 111–120. doi: <https://doi.org/10.1007/s11740-008-0137-x>

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.230293
DEVISING A PROCEDURE TO FORM THE
DIAGNOSTIC PARAMETERS FOR LOCOMOTIVES
USING A PRINCIPAL COMPONENTS
ANALYSIS (p. 97–103)

Borys Bodnar

Dnipro National University of Railway Transport
 named after Academician V. Lazaryan, Dnipro, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3591-4772>

Oleksandr Ochkasov

Dnipro National University of Railway Transport
 named after Academician V. Lazaryan, Dnipro, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7719-7214>

Modern diagnostic systems are characterized by that the flow of diagnostic information requires significant computational resources to process. In order to improve the reliability of the object to be diagnosed and reduce operating costs, it is necessary to improve procedures for analyzing diagnostic results. This paper suggests a procedure to form the diagnostic features of locomotive nodes based on the use of a principal components analysis. The proposed approach is distinguished by a decrease in the dimensionality of the input set of diagnostic features in order to select the sets of interconnected diagnostic parameters. Based on the selection of the sets of interconnected diagnostic features, constructing new latent diagnostic parameters has been proposed. A latent diagnostic parameter contains information that combines data from several initial diagnostic features. The result of the method is a set of latent diagnostic parameters that do not correlate with each other and reflect the behavior of the object to be diagnosed from different technical points. The application of a sufficient number of latent diagnostic parameters involved the scree test method. This paper reports the results from using the proposed approach for treating the results from diagnosing the hydraulic transmissions in locomotives. The result from applying the procedure has made it possible to propose using three latent diagnostic parameters to assess the technical condition of a locomotive's hydraulic transmission during bench tests. The suggested parameters contain 90 % of the original information and reflect losses in the transmission, as well as the load at the input and output of the transmission.

Keywords: principal components analysis, parameter informativeness, latent diagnostic parameter, hydraulic transmission.

References

- Tkachenko, V., Sapronova, S., Kulbovskiy, I., Fomin, O. (2017). Research into resistance to the motion of railroad undercarriages related to directing the wheelsets by a rail track. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (7 (89)), 65–72. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.109791>
- Sapronova, S., Tkachenko, V., Fomin, O., Hatchenko, V., Maliuk, S. (2017). Research on the safety factor against derailment of railway vehicleless. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (7 (90)), 19–25. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.116194>
- Kapitsa, M. I., Laguta, V. V. (2013). Modeli rezhimov diagnostirovaniya tyagovogo podvizhnogo sostava s zamenoy komplektuyuschih izdeliy. *Elektromahnitna sumisnist ta bezpeka na zaliznychnomu transport*, 5, 56–62.
- Bodnar, B. E., Ochkasov, A. B. (2001). Vybory diagnosticheskikh parametrov s ispol'zovaniem informatsionno-vesovogo kriteriya. *Sbornik trudov DIIT: Transport*, 7, 35–37.
- Pashkovskiy, G. S. (1981). Zadachi optimal'nogo obnaruzheniya i poiska otkazov v REA. Moscow: Radio i svyaz', 280.
- Pushkarev, I. F., Strekopytov, V. V. (1988). *Nadezhnost' i tehniceskaya diagnostika lokomotivov*. Leningrad, 61.
- Lin, L., Jiang, X., Huang, Z., Hu, H. (2010). Application of advanced fault diagnosis technology in electric locomotives. *International Journal of Modelling, Identification and Control*, 10 (3/4), 292. doi: <https://doi.org/10.1504/ijmic.2010.034581>
- Falendysh, A., Sumtsov, A., Artemenko, O., Klecka, O. (2016). Simulation of changes in the steady state availability factor of shunting locomotives for various maintenance systems. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (3 (79)), 24–31. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.60640>

9. Kapitsa, M., Laguta, V., Kozik, Y. (2018). Selecting the Parameters of The Diagnosis of Frame Insulation Condition in Electrical Machines of Locomotives. *International Journal of Engineering & Technology*, 7 (4.3), 110. doi: <https://doi.org/10.14419/ijet.v7i4.3.19718>
10. Bannikov, D., Yakovlev, S. (2020). Development of dynamic integral evaluation method of technical state of one-section electric locomotive body. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (7 (103)), 57–64. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.192468>
11. Moiseenko, V., Kameniev, O., Gaievskiy, V. (2017). Predicting a technical condition of railway automation hardware under conditions of limited statistical data. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (9 (87)), 26–35. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.102005>
12. Orlov, A. I., Lutsenko, E. V. (2016). Methods of reducing space dimension of statistical data. *Nauchniy zhurnal KubGAU*, 119, 92–107. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26148522>
13. Ayvazyan, S. A., Buhstaber, V. M., Enyukov, I. S., Meshalkin, L. D.; Ayvazyan, S. A. (Ed.) (1989). *Prikladnaya statistika: Klassifikatsii i snizhenie razmernosti*. Moscow: Finansy i statistika, 607.
14. Subbotin, S. A. (2013). Sample formation and reduction for data mining. *Radio Electronics, Computer Science, Control*, 1, 113–118. doi: <https://doi.org/10.15588/1607-3274-2013-1-18>
15. Bosov, A., Loza, P. (2014). Creation of an index of arbitrary process. *Zbirnyk naukovykh prats Donetskoho instytutu zaliznychnoho transportu*, 38, 68–73. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/znpdizt_2014_38_13
16. Yin, S., Ding, S. X., Xie, X., Luo, H. (2014). A Review on Basic Data-Driven Approaches for Industrial Process Monitoring. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 61 (11), 6418–6428. doi: <https://doi.org/10.1109/tie.2014.2301773>
17. Jolliffe, I. T., Cadima, J. (2016). Principal component analysis: a review and recent developments. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 374 (2065), 20150202. doi: <https://doi.org/10.1098/rsta.2015.0202>
18. Bodnar, B., Bolzhelarskyi, Y., Ochkasov, O., Hryshechkina, T., Černiauskaite, L. (2018). Determination of integrated indicator for analysis of the traffic safety condition for traction rolling stock. Paper presented at the 12th International Conference on Intelligent Technologies in Logistics and Mechatronics Systems, ITELMS 2018. Panevėžys, 45–54.
19. Bodnar, B., Ochkasov, O., Bodnar, E., Hryshechkina, T., Keršys, R. (2018). Safety performance analysis of the movement and operation of locomotives. *Proceedings of 22nd International Scientific Conference*, 839–843.
20. Nadir, F., Elias, H., Messaoud, B. (2020). Diagnosis of defects by principal component analysis of a gas turbine. *SN Applied Sciences*, 2 (5). doi: <https://doi.org/10.1007/s42452-020-2796-y>
21. Mnassri, B., Adel, E. M. E., Ananou, B., Ouladsine, M. (2009). Fault Detection and Diagnosis Based on PCA and a New Contribution Plot. *IFAC Proceedings Volumes*, 42 (8), 834–839. doi: <https://doi.org/10.3182/20090630-4-es-2003.00137>
22. Doorsamy, W., Cronje, W. A. (2015). A method for fault detection on synchronous generators using modified principal component analysis. 2015 IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT). doi: <https://doi.org/10.1109/icit.2015.7125162>
23. Zheng, M., Wu, L., Li, L., Liu, C., Wang, L., Sun, S. (2017). A modified method for fault detection and isolation of redundant inertial measurement unit in dynamic environment. 2017 36th Chinese Control Conference (CCC). doi: <https://doi.org/10.23919/chicc.2017.8028460>
24. Cattell, R. B. (1966). The Scree Test For The Number Of Factors. *Multivariate Behavioral Research*, 1 (2), 245–276. doi: https://doi.org/10.1207/s15327906mbr0102_10
25. Zhukovytsky, I. V., Kliushnyk, I. A., Ochkasov, O. B., Korenyuk, R. O. (2015). Information-measuring test system of diesel locomotive hydraulic transmissions. *Science and Transport Progress. Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport*, 5 (59), 53–65. doi: <https://doi.org/10.15802/stp2015/53159>
26. Bodnar, B., Ochkasov, O., Bobyr, D., Korenyuk, R., Bazaras, Z. (2018). Using the Self-Braking Method when the Post-Overhaul Diagnostics of Diesel-Hydraulic Locomotives. In: 2018 Transport means proceedings of the international conference. Kaunas, 914–919.
27. hukovyts'kyy, I., Kliushnyk, I. (2018). Development of a self-diagnostics subsystem of the informationmeasuring system using anfis controllers. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (9 (91)), 11–19. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.123591>

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.228606
EFFECT OF VIBRATION TREATMENT ON
INCREASING THE DURABILITY OF TILLAGE
EQUIPMENT WORKING BODIES (p. 104–108)

Anatolii Dudnikov

Poltava State Agrarian University, Poltava, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8580-657X>

Olena Ivankova

Poltava State Agrarian University, Poltava, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1825-0262>

Oleksandr Gorbenko

Poltava State Agrarian University, Poltava, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2473-0801>

Anton Kelemesh

Poltava State Agrarian University, Poltava, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9429-8570>

This paper reports a study into the durability of tillage equipment working bodies. It has been established that the quality of surface layers during plastic deformation depends on a series of factors. These factors include the degree of hardening, the thickness of the hardened layer, the size and nature of the distribution of residual stresses.

The study has shown that the technology to restore working bodies that involves vibration oscillations provides for higher durability.

Investigation of deformed samples demonstrates that when exposed to vibration treatment, the microstructure is more fine-grained and even; the hardness of the treated surface of a ploughshare blade increases by 22–35 %. This contributes to hardening the machined surface.

It has been established that the tillage equipment working body wear is a random process, which is predetermined by changes in the structural dimensions and shape of cutting elements. An analysis of the wear distribution density of cutting elements has revealed its compliance with the law of normal distribution.

It should be noted that the most influential geometric parameter of a working body affecting the part's resource is the wear depth. This parameter determines the residual thickness of the ploughshare wall.

Data from surface-layer studies at hardening make it possible to note a decrease in the limiting state of the examined parameters. In particular, the wear of a ploughshare tip was 17 % less than the limiting state.

The study of durability has shown that the amount of tillage equipment working body wear is 1.28 times less when using vibrational plastic deformation. Accordingly, when restoring ploughshares, in order to increase the working bodies' resource, it is more expedient to use a method that implies the welding of tires made from steel 45 involving sormite surfacing and vibration treatment.

Keywords: increased durability, tillage equipment working bodies, surface hardening, plastic deformation.

References

- Babitskiy, L., Moskalevich, V., Mischuk, S. (2019). Justification of ways to increase the durability of tillage working bodies. E3S Web of Conferences, 126, 00059. doi: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201912600059>
- Leonov, O. A., Shkaruba, N. Z., Vergazova, Y. G., Golinitzkiy, P. V. (2020). Improving the selection methodology rational ways to restore parts when repairing machines. Journal of Physics: Conference Series, 1679, 042057. doi: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1679/4/042057>
- Dudnikov, A., Gorbenko, O., Kelemesh, A., Drozhchana, O. (2020). Improving the technological process of restoring the tillage machine working parts. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2 (1 (104)), 72–77. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.198962>
- Strebkov, S., Slobodyuk, A., Bondarev, A., Sakhnov, A. (2019). Strengthening of cultivator paws with electrospark doping. Engineering for Rural Development. doi: <https://doi.org/10.22616/erdev2019.18.n178>
- Shyamsunder, L., Khaled, B., Rajan, S. D., Goldberg, R. K., Carney, K. S., DuBois, P., Blankenhorn, G. (2020). Implementing deformation, damage, and failure in an orthotropic plastic material model. Journal of Composite Materials, 54 (4), 463–484. doi: <https://doi.org/10.1177/0021998319865006>
- Kies, F., Wilms, M. B., Pirch, N., Pradeep, K. G., Schleifenbaum, J. H., Haase, C. (2020). Defect formation and prevention in directed energy deposition of high-manganese steels and the effect on mechanical properties. Materials Science and Engineering: A, 772, 138688. doi: <https://doi.org/10.1016/j.msea.2019.138688>
- Chen, J., Gou, G., Zhu, Z., Gao, W. (2020). Rail surfacing repairing technique with self-shielded flux-cored wires. International Journal of Modern Physics B, 34 (01n03), 2040056. doi: <https://doi.org/10.1142/s0217979220400561>
- Goryushkin, V. F., Bendre, Y. V., Kozyrev, N. A., Kryukov, R. E., Shurupov, V. M. (2019). Development of new flux cored wires based on the tungsten oxide for improvement of drill bits wear resistance. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 377, 012025. doi: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/377/1/012025>
- Babichev, A. P., Babichev, I. A. (2008). Osnovy vibratsionnoy tekhnologii. Rostov-na-Donu: Izdatel'skiy tsentr DGTU, 694.
- Todorov, I. T. (2020). Reconditioning of belt conveyor details by vibrating arc overlaying process. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 977, 012013. doi: <https://doi.org/10.1088/1757-899x/977/1/012013>
- Rafiei, M. H., Gu, Y., El-Awady, J. A. (2020). Machine Learning of Dislocation-Induced Stress Fields and Interaction Forces. JOM, 72 (12), 4380–4392. doi: <https://doi.org/10.1007/s11837-020-04389-w>
- Zhang, C., Song, K., Cheng, C., Zhou, Y., Mi, X., Li, Z., Yuan, P. (2020). Effect of large plastic deformation caused by cold-drawing on microstructure and properties of directional solidification Cu-4 mass % Ag alloy. Transactions of Materials and Heat Treatment, 41 (12), 49–56. doi: <https://doi.org/10.13289/j.issn.1009-6264.2020-0380>
- Golubina, S. A., Sidorov, V. N. (2020). Development of methods for increasing the technical and economic efficiency of the application of hardening technologies for flat working bodies of tillage machines. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 971, 052054. doi: <https://doi.org/10.1088/1757-899x/971/5/052054>
- Sokovikov, M. A., Simonov, M. Y., Chudinov, V. V., Oborin, V. A., Uvarov, S. V., Naimark, O. B. (2020). Studying the effect of a defective alloy structure on the localized shear fracture under different types of dynamic loading. Mechanics, Resource and Diagnostics of Materials and Structures (MRDMS-2020): Proceeding of the 14th International Conference on Mechanics, Resource and Diagnostics of Materials and Structures. doi: <https://doi.org/10.1063/5.00366679>
- Dudnikov, A., Dudnikov, I., Kelemesh, A., Gorbenko, O. (2018). Influence of the hardening treatment of a machine parts' material on wear-resistance. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 3 (1 (93)), 6–11. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.130999>
- Pasyuta, A. G. (2015). Estimation of structure of the workhardened layer of cutting element of cultivator paw. Vibratsiyi v tekhnitsi ta tekhnolohiyakh, 3 (79), 96–98.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.230002

DETERMINING CHANGES IN THE TEMPERATURE FIELD OF A GRAPHITIZED HOLLOW ELECTRODE DURING METAL PROCESSING PERIODS IN LADLE-FURNACE (p. 109–115)

Volodymyr Ruban

National Metallurgical Academy of Ukraine, Dnipro, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6617-296X>

Oleksandr Stoianov

National Metallurgical Academy of Ukraine, Dnipro, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7136-7403>

Kostiantyn Niziaiev

National Metallurgical Academy of Ukraine, Dnipro, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9260-0964>

Yevhen Synehin

National Metallurgical Academy of Ukraine, Dnipro, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9983-3971>

This paper reports an analysis of the process of heating a graphitized hollow electrode (GHE) during steel processing in ladle-furnace. The results of the numerical modeling of electrode operation are given. The data on the temperature field of the electrode were obtained when electricity was supplied and during periods without electrical loading. Values of the Joule heat released at electrode operation during the periods of metal heating in ladle-furnace were calculated; they amounted to 1.11–1.15 MW/m³. Coefficients of the heat transfer by convection have been calculated for the inner and outer GHE surface: 1.60 and 1.80, and 5–17 W/(m²·°C), respectively. Values of the electrode temperature gradient in the high-temperature zone were obtained, which, for the first heating period, reached 8,286 °C/m, for the third – to 6,571 °C/m. It was established that during the cooling periods of the electrode, the temperature gradient is significantly reduced and amounts to the inner surface of 379 °C/m; to the outer surface – 3,613 °C/m; the vertical plane to the end of the electrode – 1,469 °C/m. The directions to improve the installation's thermal work and reduce its resource intensity during out-of-furnace processing of steel have been defined.

It has been determined that during the periods of electrode operation with current supply, significant values of the temperature gradient are observed, which are concentrated in the end part. During the periods of operation without current supply, a locally overheated zone forms, taking the shape of a torus flattened along the axis, which is created as a result of the accumulation of heat from the preceding period. The data have been acquired on the effect exerted by the gas supply through a hollow electrode on the parameters of formation of the high-temperature GHE regions. It has been shown that the supply of neutral gas through a graphitized hollow electrode at a flow rate of 0.05 m³/min shifts the high-temperature zone to the periphery by 3.5–4.2 mm, as well as reduces its height by 1.0–1.2 mm.

The study reported here could make it possible to calculate expedient gas and material consumption for controlling the oxidation of metal and slag, to reduce the consumption of graphitized electrodes, to bring down energy- and resource costs for metal production.

Keywords: numerical modeling, ladle-furnace, graphitized hollow electrode, temperature gradient, boundary conditions.

References

1. Kamenev, A. A., Kozhuhov, A. A., Semin, A. E. (2018). Issledovanie protsessy proizvodki zhidkoy stali v stalerazlivochnom kovshe inertnym gazom. XV mezhdunarodnyy kongress staleplavil'schikov. Moscow: Natsional'nyy issledovatel'skiy tekhnologicheskiy universitet «MISiS», 279–282.
2. Kolokol'tsev, V. M., Yachikov, I. M., Sarychev, L. V. (2006). Puti snizheniya rashoda grafitirovannykh elektrodov v dugovykh pechah. Liteynye protsessy, 6, 51–56.
3. Grudnitskiy, O. M., Ishakov, R. A., Korobov, V. K. (2011). Ways of reduction of graphitized electrodes at electroarc steel-smelting furnaces. Litiy i Metallurgiya, 1 (59), 100–101.
4. Yachikov, I. M., Portnova, I. V., Bystrov, M. V. (2018). Modelirovanie teplovogo sostoyaniya grafitirovannykh elektrodov pri isparitel'nom ohlazhdenii. Sovremennye nauchnye dostizheniya metallurgicheskoy teplotekhniki i ih realizatsiya v promyshlennosti: sbornik dokladov II Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Ekaterinburg, 203–208.
5. Grudnitskiy, O. M., Korobov, V. M., Ishakov, R. A. (2006). Osobennosti ekspluatatsii grafitirovannykh elektrodov na elektrodugovykh staleplavil'nykh pechah. VII Mezhdunar. konf. «Teplo- i massoobmennyye protsessy v metallurgicheskikh sistemah». Mariupol', 36–37.
6. Mokhov, V. A., Yachikov, I. M. (2013). Simulation of the thermal state of graphitized electrodes in an arc furnace with allowance for evaporation cooling. Russian metallurgy (Metally), 2013 (6), 465–470. doi: <https://doi.org/10.1134/s0036029513060116>
7. Yachikov, I. M., Portnova, I. V., Bystrov, M. V. (2017). Use of evaporative cooling graphitized electrodes to reduce the consumption of their in the small-capacity arc furnaces. Materialy XVII Mezhdunarodnoy konferentsii: Sovremennyye problemy elektrometallurgii stali. Stariy Oskol, 191–198.
8. Zhan, D. P., Zhang, H. S., Jiang, Z. H., Gong, W., Li, H. B., Chen, Z. P. (2011). Influence of Hollow Electrode Ar-CO₂ Injection on Carbon Content in Ladle Furnace. Advanced Materials Research, 250-253, 3864–3867. doi: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amr.250-253.3864>
9. Zhan, D. P., Zhang, H. S., Jiang, Z. H., Gong, W., Chen, Z. P. (2011). Influence of Electrode Argon-Hydrogen Co-injection on Carbon Content in A Alternating Current Ladle Furnace. Advanced Materials Research, 239-242, 2361–2364. doi: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amr.239-242.2361>
10. Neuschütz, D., Hahn, I., Spirine, D., Storsberg, L. (1999) Power increase and metallurgical effects during arc heating of liquid steel due to the addition of molecular gases. Steel Research, 70 (8-9), 309–313. doi: <https://doi.org/10.1002/srin.199905645>
11. Neuschütz, D., Spirin, D. (2003). Nitrogen Removal and Arc Voltage Increase in EAF Steelmaking by Methane Injection into the Arc. Steel Research International, 74 (1), 19–25. doi: <https://doi.org/10.1002/srin.200300156>
12. Rumyantsev, V. D. (2006). Teoriya teplo- i massoobmena. Dnepropetrovsk: Porogi, 532.
13. Yachikov, I. M., Portnova, I. V., Bystrov, M. V. (2018). Modelirovanie teplovogo sostoyaniya grafitirovannogo elektroda pri podache gaza v osevoy kanal. XV Mezhdunarodnyy kongress staleplavil'schikov. Moscow: MISiS, 180–186.
14. Velychko, O. H., Stoianov, O. M., Boichenko, B. M., Niziaiev, K. H. (2016). Tekhnolohiyi pidvyschennia yakosti stali. Dnipropetrovsk: Seredniak T.K., 196.

АНОТАЦІЇ

ENGINEERING TECHNOLOGICAL SYSTEMS

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.227139

РОЗРОБКА ЕФЕКТИВНИХ СКЛАДІВ ФІБРОБЕТОНУ, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ В ТРАНСПОРТНИХ СПОРУДАХ (с. 6–11)

Nizami Ahmadov, Irade Shirinzade

Розглянуто можливість отримання фібробетону з високими деформативними властивостями шляхом регулювання мікроструктури та використання його при проектуванні транспортних споруд. Було встановлено, що для створення транспортних споруд з високими експлуатаційними показниками необхідна модифікація фібробетонних сумішей комплексними добавками, тобто збільшення міцності фібробетону на мікрорівні. Для отримання більш щільної структури бетонної матриці були використані комплексні добавки – ультрадисперсна добавка (мікросиліка) і повітровтягуюча добавка Master Air 200B. Експериментально доведено, що використання таких добавок знижує водоцементне співвідношення і ще більше зміцнює структуру бетонної матриці.

Був проведений розрахунок розвантажувальної конструкції на споруджуваній залізничній лінії від станції Карадаг (Азербайджанська Республіка) до нафтогазопереробного і нафтохімічного комплексу SOCAR з використанням фібробетону, модифікованого комплексними добавками. Був проведений аналіз результатів розрахунку розвантажувальної конструкції з фібробетону і зіставлені дані результатів розрахунку розвантажувальної конструкції з фібробетону і розвантажувальної конструкції зі звичайного бетону. В результаті порівняння було встановлено, що в даній конструкції використання фібробетону призводить до зменшення діаметра перетину робочої арматури плити – діаметр перетину робочої арматури плити покриття зменшується з $\varnothing 2 \times 32$ мм відповідно до $\varnothing 32$ мм у верхньому і $\varnothing 25$ мм в нижньому ряду. Також збільшується тріщиностійкість в порівнянні зі звичайним бетоном. Таким чином, для створення споруд з високими транспортно-експлуатаційними показниками необхідна модифікація фібробетонних сумішей комплексними добавками.

Ключові слова: фібробетон, мікросиліка, мікроструктура бетону, тріщиностійкість, деформативні властивості, довговічність, розвантажувальна конструкція.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.227039

ВИЗНАЧЕННЯ ДИСИПАТИВНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ МАТЕРІАЛУ ГНУЧКОГО ТРУБОПРОВОДУ ПІД ЧАС РОЗТЯГУ В ПОПЕРЕЧНОМУ НАПРЯМКУ З УРАХУВАННЯМ ЙОГО СТРУКТУРНИХ ЕЛЕМЕНТІВ (с. 12–20)

С. Ю. Назаренко, Р. І. Коваленко, А. Ф. Гаврилюк, С. А. Виноградов, Б. І. Кривошей, С. О. Павленко, І. В. Бойков, В. А. Музичук, П. М. Калінін

Представлені експериментальні дослідження з визначення дисипативних властивостей напірного пожежного рукава типу «Т» із внутрішнім діаметром 77 мм в умовах статичного навантаження з урахуванням структурних елементів рукава в поперечному напрямку. Для проведення відповідних досліджень експериментальні зразки було відокремлено від різних частин рукава. Дослідження були проведені як на зовнішньому тканинному армуючому каркасі, так і на внутрішньому гідроізолюючому гумовому шарі напірного пожежного рукава. Проведено низку натурних експериментів на розтяг з зразками в умовах статичних циклів навантаження-розвантаження. Випробування склалися з 7 циклів, які проводилися із двохвилинним інтервалом, для матеріалу рукава. Результати проведених досліджень показали, що при перших двох-трьох циклах матеріал демонструють прояв короткочасної повзучості, яка стабілізується на 4–7 режимах. Результати експериментальних досліджень були апроксимовані поліноміальними лініями трендів. Під час деформування зразків отримано криві, які в умовах циклічного навантаження-розвантаження формували петлі гістерезису. При аналізі відповідних кривих було встановлено, що: по-перше, при перших двох трьох циклах навантаження-розвантаження зменшується площа петель гістерезису. По-друге, кут нахил петель гістерезису при кожному наступному циклі навантаження-розвантаження також зменшувався.

Встановлено, що коефіцієнти дисипації матеріалу рукава при розтягу у поперечному напрямку при перших трьох режимах випробувань значно зменшується в діапазоні від 0,49 до 0,37. При наступних випробуваннях (цикл 4–7) коефіцієнти дисипації стабілізуються на рівні 0,18 для армуючого каркасу та 0,316 для гумового шару.

Ключові слова: деформація, напірний пожежний рукав, гістерезис, дисипативні властивості, експериментальне визначення, армуючий каркас, гідроізолюючий гумовий шар.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.227691

МОДЕЛЮВАННЯ СПРЯЖЕНИХ ПОВЕРХОНЬ З НЕОБХІДНИМИ ПАРАМЕТРАМИ (с. 21–26)

Н. П. Ісмаїлова, В. М. Богач, Б. В. Лебедев, Н. В. Олійник, С. Ю. Манаков

Запропоноване удосконалення методів кругового і гвинтового перетворення, для використання при проектуванні різального інструменту і зубчастих зачеплень, що містять складні спряжені поверхні. Удосконалення методів спирається на розробку математичного фундаменту і створення на цій основі комп'ютерної підпрограми в системі MATLAB.

В процесі дослідження на базі удосконалення методів виконане формування початкової гвинтової криволінійної поверхні і осі криволінійної, що утворює, з урахуванням виключення інтерференції на стадії проектування.

Комплексне рішення такої задачі є важливим для виготовлення виробів методом обкатки. Внаслідок цього при виготовленні початкової інструментальної поверхні різального інструменту враховується умова спряженості між точками виробу і інструменту.

В результаті при проектуванні зубчастих передач і різального інструменту запропонованими вдосконаленими методами здійснюється параметричне задання криволінійної поверхні, представлені двовимірними масивами, що характеризують її координати. Для уникнення

інтерференції на стадії проектування необхідно проаналізувати перетини осі криволінійної твірної з горизонтальними площинами. Це дозволить при обробці виробу уникнути підрізування, заклинювання, небезпечної концентрації напруги. Також підвищується точність і надійність широкого класу виробів при експлуатації в машинах та механізмах і інших кінематичних пар.

Запропоноване вдосконалення методів кругового і гвинтового перетворення для моделювання криволінійних спряжених поверхонь, що виключають інтерференцію на стадії проектування, представляє практичний інтерес в машинобудуванні.

Ключові слова: спряжені поверхні, інтерференція, зубчасте зачеплення, геометричні параметри, круговий та гвинтовий методи.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.229184

ОПТИМІЗАЦІЯ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ОПОРНОЇ КОТУШКИ ДЛЯ ПОДРІБНЕННЯ ГРУДОК (с. 27–36)

Timur Nurimbetov, Sukhrob Umarov, Zulfiya Khafizova, Sarsengaliy Bayjanov, Orinbay Nazarbaev, Rahima Mirkurbanova, Akmal Durmanov

Сільськогосподарські землі відіграють важливу роль у забезпеченні продовольчої безпеки та зайнятості населення в сільській місцевості. Протягом багатьох років планова економіка Узбекистану передбачала вирощування водоемних культур, що призвело до зниження продуктивності земель і підвищення врожайності. В умовах ринкової економіки нові інноваційні технології користуються великим попитом не тільки в сільському господарстві, а й в інших галузях.

Метою дослідження було обґрунтування параметрів фронтального схилу оранки, що забезпечують якісне виконання технологічного процесу відповідно до агротехнічних вимог при мінімальних енерговитратах без борозенної оранки, агротехнічних та енергетичних показників змінних фронтальних вил.

При виконанні поставлених в дослідженні завдань були досягнуті наступні результати: а – вологість $V=16-17\%$ і умови навантаження з 3 мм, 4 мм, 5 мм пружними стрижнями; б – вологість $V=13-14\%$ і діаметр пружних стрижнів 3 мм, 4 мм, 5 мм; в – вологість $V=9-10\%$ і діаметр пружних стрижнів 3 мм, 4 мм, 5 мм.

Випробування проводилися на грудках різної вологості: 9–10 %, 13–14 % і 16–17 %. Швидкість установки становила 1,0 м/с. Рекомендована технологія полягала в руйнуванні фрагментів ґрунту вологістю 16–17 % при вертикальному навантаженні 400 Н 3, 4 і 5 мм пружними стрижнями на 86,6, 81,5, 75,1 % відповідно, а при вертикальному навантаженні 1000 Н – 94,4, 89,2, 81,2 % відповідно.

Ключові слова: механіка обробки ґрунту, опорна катушка для подрібнення грудок, пружні стрижні, формування посівного ложа.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.227629

РОЗРОБКА ЛАЗЕРНОГО 3D-СКАНЕРА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА З ВИКОРИСТАННЯМ ПІНХОЛ-ПРОЕКЦІЇ (с. 37–43)

Lateef AbdZaid Qudr

Тривимірна (3D) інформація про захоплення та реконструкцію об'єкта, що існує в його середовищі, є великою проблемою. У даній роботі обговорюються методи лазерного 3D-сканування, які дозволяють отримати високу щільність точок даних точним і швидким методом. На основі аналізу попередніх розробок пропонується розроблена економічно ефективна система, заснована на концепції пінхол-проекції і комерційних апаратних компонентах з урахуванням поточної досягнутої точності. Була розроблена система автоматичного сканування лазерної лінії для виконання 3D-реконструкції на близькій відстані для домашніх/офісних об'єктів з високою точністю і роздільною здатністю. Система змінює напрямок площини лазера за допомогою мікроконтролера для автоматичного сканування та отримання безперервних лазерних смуг для 3D-реконструкції об'єктів. Параметри системи були відкалібровані за допомогою вбудованого інструментарію калібрування камери Matlab для визначення фокусної відстані камери і обмежень оптичного центру. Було визначено рівняння пінхол-проекції для оптимізації рівняння осі обертання прототипу. Розроблений лазерний 3D-сканер навколишнього середовища з пінхол-проекцією довів ефективність системи на близьких стаціонарних об'єктах з високою роздільною здатністю і точністю при похибці вимірювання в діапазоні (0,05–0,25) мм. Для відображення реконструкції 3D-об'єкта і виконання калібрування камери була використана обробка 3D-хмари точок в інструментарії комп'ютерного зору Matlab, що підвищує ефективність і значно спрощує метод калібрування. Похибка калібрування є основним джерелом похибок у вимірах, встановлено, що на похибки фактичних вимірювань впливають кілька параметрів навколишнього середовища. Представлена платформа може бути оснащена системою меншого енергоспоживання, а також компактними меншими габаритами.

Ключові слова: тривимірні лазерні сканери, візуалізація, калібрування камери, пінхол-проекція, 3D-реконструкція.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.230256

ВСТАНОВЛЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ПРОЦЕСУ ПРОКОЛУ ҐРУНТУ РОБОЧИМ ОРГАНОМ З АСИМЕТРИЧНИМ НАКОНЕЧНИКОМ (с. 44–51)

С. В. Кравець, В. М. Супонев, С. П. Балесний, В. О. Шевченко, О. В. Єфіменко, В. М. Рагулін

Наявність аналітичних залежностей, які описують процес статичного проколу ґрунту робочим органом з конічним асиметричним наконечником, потрібно для створення установок з можливістю керування траєкторією проколу ґрунту.

У роботі розглянуті особливості процесу взаємодії асиметричного конічного наконечника з ґрунтом. Отримані аналітичні залежності для визначення його реакції при статичному проколі, для відхилення траєкторії руху головки від прямої, для встановлення розміру зони ущільнення ґрунту і величини руйнуючої сили, яка діє на прилегли комунікації та інші підземні об'єкти.

Встановлено, що з збільшенням величини зміщення вершини конусу, наприклад, від своєї вісі з 0,02 м до 0,08 м при діаметрі свердловини 0,2 м, величина опору проколу ґрунту збільшується майже в чотири рази. Найбільший опір досягається при проколюванні твердого супіску. Встановлено, що з ростом величини зміщення вершини конусу наконечника відхилення траєкторії збільшується. Найбільшого відхилення від

прямої траєкторії руху проколююча головка досягає при більш загостреному конусі та більшому асиметричному відхиленні його вершини та, наприклад, в твердому супіску може скласти до 0,17 м при довжині прольоту 10 м.

Визначено, що розмір зони руйнування ґрунту може бути більшим майже ніж у 1,8 рази порівняно з наконечником у вигляді симетричного конусу та досягати від 8 до 12 діаметрів свердловини залежно від типу ґрунту. Максимальний тиск на прилеглі об'єкти може досягати з 0,06 МПа в тугопластичній глині до 0,09 МПа в твердому супіску.

Отримані розрахункові залежності для визначення силових та технологічних параметрів залежно від геометричних розмірів асиметричного наконечника робочого обладнання можуть бути використані при створенні установок з керуванням статичним проколом для найбільш поширених ґрунтових умов.

Ключові слова: безтраншейні технології, прокол ґрунту, інженерні комунікації, робочий орган, керування рухом.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.230226

ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ЗМІНИ ФАЗИ ВПОРСКУВАННЯ ГАЗУ НА ПОКАЗНИКИ ДИЗЕЛЯ, ЩО ПРАЦЮЄ ЗА ГАЗОДИЗЕЛЬНИМ ЦИКЛОМ (с. 52–60)

С. В. Ковбасенко, А. В. Голик, В. В. Сімоненко

Проведено дослідження паливно-економічних, енергетичних та екологічних показників дизеля, що працює за газодизельним циклом. Встановлено, що фаза впорскування здійснює суттєвий вплив на показники дизеля, зокрема на викиди шкідливих речовин з відпрацьованими газами. Дослідження фази впорскування газу проводилися для частот обертання колінчастого валу $n = 1300 \text{ хв}^{-1}$ та $n = 1600 \text{ хв}^{-1}$. За цих частот обертання колінчастого валу виміри здійснювались за трьох різних значень фази впорскування. Визначено, що для кожної частоти обертання колінчастого валу дизеля доцільні значення фази впорскування стисненого природного газу різні. Це пояснюється часовими обмеженнями подавання стисненого природного газу до циліндрів.

Проведено стендові моторні випробування, в результаті яких здійснювався аналіз впливу зміни фази впорскування газу на показники дизеля, що працює за газодизельним циклом. Також визначалися показники роботи дизеля за дизельним циклом та газодизельним циклами. В результаті проведеного аналізу визначено вплив зміни фази впорскування на концентрації оксиду вуглецю, вуглеводнів, оксидів азоту та димність відпрацьованих газів за різних швидкісних та навантажувальних режимів роботи дизеля. Цей вплив проявляється в незначному зменшенні концентрації оксиду вуглецю та вуглеводнів, в зростанні концентрації оксидів азоту (до 30 %) та значному зниженні димності відпрацьованих газів (до 90 %). Підтверджено поліпшення екологічних показників дизеля при переведенні його на роботу за газодизельним циклом на 10–16 % при подібних паливно-економічних та енергетичних показниках.

Таким чином, є підстави стверджувати про важливість вибору та встановлення доцільного значення фази впорскування стисненого природного газу в залежності від швидкісного та навантажувального режимів роботи дизеля за роботи за газодизельним циклом.

Ключові слова: газодизельний цикл, стиснений природний газ, фаза впорскування газу, відпрацьовані гази.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.230113

РОЗРОБКА МОДЕЛІ ТЕЧІЇ ПОВІТРЯ З ЧАСТИНКАМИ ПИЛУ ВО ВПУСКНІЙ СИСТЕМІ ДВИГУНА ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ ДОРОЖНЬОГО ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ (с. 61–69)

О. В. Сарасв, О. Е. Хрулев

Розглянуто механізм несправності автомобільних двигунів внутрішнього згоряння, який описує прискорений локальний знос деталей в окремих циліндрах в результаті нерівномірного розподілу у впускній системі частинок пилу, що проходять через повітряний фільтр.

З метою отримання кількісних даних про вплив конструкції впускної системи на перерозподіл пилу по циліндрах двигуна виконано математичне моделювання двофазної течії повітря з частинками пилу в типових елементах впускної системи.

Для вирішення завдання використовувався програмний комплекс ANSYS. Була розроблена методика моделювання, у якій для визначення граничних умов для пилу спочатку виконувався розрахунок течії повітря, після чого проводився розрахунок течії повітря з частинками. Розрахунки проводилися в діапазоні швидкостей повітря 5–20 м/с для розгалуження каналів з кутами відводів 45°, 90° і 135° для найбільш характерних розмірів частинок 5–30 мкм. Розрахунковим шляхом встановлено, що частинки пилу за інерцією відхиляються від лінії струму повітря і можуть проскакувати бічний відвід тим сильніше, чим більше розмір частинки, кут відведення та швидкість повітря.

Порівняння результатів моделювання з досвідченими даними підтвердило, що у впускній системі деяких двигунів шляхом нерівномірного розподілу часток виникає локальний абразивний знос в одному або декількох циліндрах, який може значно знизити ресурс. Показана необхідність врахування центрифугування і перерозподілу пилу у впускних системах при проектуванні, модернізації, проведенні експертних досліджень з визначення причин несправностей, пов'язаних з порушенням умов експлуатації, а також для уточнення регламентів обслуговування вже існуючих двигунів.

Ключові слова: двигун внутрішнього згоряння, впускний колектор, двофазне течія, частинки пилу, центрифугування.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.227075

ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ 3D-ДРУКУ ЗА ТЕХНОЛОГІЄЮ ПОШАРОВОГО НАПЛАВЛЕННЯ ПЛАСТИКА ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ВИРОБУ З ПОТРІБНИМИ КОНСТРУКТИВНИМИ ПАРАМЕТРАМИ (с. 70–80)

О. О. Вамболь, А. В. Кондратьєв, С. М. Пургіна, М. А. Шевцова

Масове використання FDM-технології гальмується через певну складність, пов'язану з вибором параметрів 3D-друку для створення виробу з необхідними характеристиками. В даній статті представлено дослідження впливу параметрів 3D-друку (температура, швидкість друку, висота шару) на механічні параметри (міцність, модуль пружності), а також на точність друку і шорсткість поверхні зразка на основі термопласту (PLA). Для дослідження були виготовлені кілька партій зразків за стандартами ASTM D638 і ASTM D695, на яких були проведені випробування на

розтягнення, визначення геометричної точності і шорсткості. На підставі отриманих експериментальних даних було проведено регресійний аналіз і побудовані функціональні залежності міцності, модуля пружності, точності друку і шорсткості поверхні від параметрів 3D-друку (температура, швидкість, товщина шару). Крім того, на підставі отриманої математичної моделі методом нелінійного програмування були визначені параметри друкування, що забезпечують необхідні властивості конструкції. Отримані в роботі аналітичні залежності мають досить високий коефіцієнт детермінації в розглянутому діапазоні параметрів. Використання цих функціональних залежностей на етапі проектування конструкції дозволяє оцінити можливість виготовлення конструкції з необхідними властивостями, скоротити час на відпрацювання процесу її друкування і дати рекомендації щодо технологічних параметрів 3D-друку. Представлені рекомендації можна використовувати для виготовлення виробів з PLA-пластика різного призначення з потрібними властивостями.

Ключові слова: 3D-друк, параметри процесу, FDM-технологія, міцність на розтягнення, точність виготовлення, PLA, товщина шару.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.227120

РОЗРОБКА КІНЕМАТИЧНОГО МОДУЛЯ ІЗ ЗАОКРУГЛЕННЯМ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ КОМБІНОВАНОГО РАДІАЛЬНО-ПОЗДОВЖНОГО ВИДАВЛЮВАННЯ ІСТРУМЕНТОМ СКЛАДНОЇ КОНФІГУРАЦІЇ (с. 81–89)

Н. С. Грудкіна, І. С. Алієв, О. Є. Марков, Ю. В. Савченко, Л. П. Суховірська, Л. В. Таган

Складні за формою деталі із суцільних або порожнистих заготовок доцільно виготовляти способами поперечного і комбінованого радіально-поздовжного видавлювання. Наявність варіації технологічних режимів, конфігурації інструменту (у вигляді фасок та заокруглень перехідних ділянок матриць) на виробництві вимагає наявності адекватної попередньої оцінки силового режиму та особливостей формоутворення деталі. Запропоновано криволінійний кінематичний модуль трапецеїдальної форми для моделювання процесів радіально-поздовжного видавлювання із наявністю заокруглення матриці. Враховуючи неможливість використання для заданого кінематично можливого поля швидкостей межі у вигляді чверті кола, запропоновано використання наближених кривих вигляду $z_1(r)$ та $z_2(r)$. З огляду на найменше відхилення довжини дуги наближеної кривої $z_1(r)$ та площі криволінійної трапеції, що обмежена нею, відносно чверті кола (не перевищує 0,8 % за будь-яких співвідношень), рекомендовано використання саме цієї заміни. Проведено розрахунки величини приведенного тиску деформування всередині кінематичного модуля із заокругленням із урахуванням потужностей сил зрізу на межі із суміжними кінематичними модулями. У якості прикладу проаналізовано вбудованість розробленого модуля із заокругленням у розрахункову схему радіального видавлювання. Виявлено суттєвий вплив умов тертя на силовий режим та відповідне оптимальне значення радіуса заокруглення. Розроблений кінематичний модуль дозволяє розширити можливості енергетичного методу для моделювання процесів холодного видавлювання із складною формою інструменту за новими схемами деформування. Це сприятиме виробленню рекомендацій щодо оптимальної конфігурації інструменту та більш активному впровадженню даних процесів на виробництві.

Ключові слова: моделювання процесів комбінованого видавлювання, конфігурація інструменту, кінематичний модуль, енергетичний метод.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.226479

ВПЛИВ ФОРМОУТВОРЕННЯ НА ТОЧНІСТЬ ШЛІФУВАННЯ ТОРЦІВ ПРИ КОМПЕНСАЦІЇ ВЕРСТАТНИХ ПОХИБОК (с. 90–96)

А. В. Рудик, В. М. Чуприна, В. А. Рудик

Відомі декілька загальних методів корекції похибок положення верстатних ланок. Задачу отримання оптимальної технологічної точності можна розв'язати сумісним рішенням векторних рівнянь, варіацією функції формоутворення, або із використанням матриці передатних коефіцієнтів.

Однак відсутній взаємний зв'язок між різноманітними методами розрахунку для випадку шліфування плоских поверхонь. Методи слід спростити та перевірити для подовженої функції формоутворення при врахуванні розмірів ланок.

Робота присвячена дослідженню точності шліфування плоских поверхонь, зокрема виявленню і зменшенню долі технологічних помилок, що входять до загальної. Обґрунтований зміст матриць варіації та передатних коефіцієнтів. Проведені порівняння кутів орієнтації шліфувальної бабки відносно станини верстату показали близькі результати для усіх методів. Ці кути прийнято у якості верстатних похибок. Похибка розрахунків не перебільшує 1,5 %. Досліди узгоджуються з розрахунками.

Різні знаки передатних коефіцієнтів для кутів орієнтації шліфувальних бабок у матриці дозволяють взаємно компенсувати загальний вплив. Розрахунки довели, що на точність обробки торця більшою мірою впливає зміна кута орієнтації у вертикальній площині.

Перевірений вплив на точність окремих спряжень ланок верстату. Розрахунки показують, що похибка базування деталі у вікні барабану має найбільші абсолютні значення та випадковий характер, що потребує більш точного базування. Застосований матеріал як теоретичних, так і експериментальних досліджень. Математична модель дозволяє визначити міру розсіювання торцевої поверхні навколо базової площини через дисперсію.

Виміряна траєкторія несе діагностичну інформацію про джерела похибок складання верстату. Задача розрахунку точності торцево-шліфувального верстата може бути вирішена аналогічно для інших моделей верстатів.

Ключові слова: формоутворення, шліфування, торець, корекція, точність, похибка, дисперсія, матриця, профілограма, ланка.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.230293

РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ФОРМУВАННЯ ДІАГНОСТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЛОКОМОТИВІВ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДУ ГОЛОВНИХ КОМПОНЕНТ (с. 97–103)

Б. Є. Боднар, О. Б. Очкасов

Характерним для сучасних діагностичних систем є те, що потік діагностичної інформації вимагає значних обчислювальних ресурсів для обробки. З метою підвищення надійності об'єкта діагностування і скорочення експлуатаційних витрат необхідно удосконалити методи аналізу результатів діагностування. Запропонована методика формування діагностичних ознак вузлів локомотивів заснована на використанні методу го-

ловних компонент. Особливістю запропонованого підходу є зниження розмірності вхідної множини діагностичних ознак з метою виділення наборів взаємопов'язаних діагностичних параметрів. На підставі виділення наборів взаємопов'язаних діагностичних ознак запропоновано створення нових латентних діагностичних параметрів. Латентний діагностичний параметр містить в собі інформацію яка поєднує дані декількох вхідних діагностичних ознак. Результатом застосування методу є набір латентних діагностичних параметрів, які не корелюють між собою. Отримані діагностичні параметри відображають поведінку об'єкта діагностування з різних технічних сторін. При визначенні достатньої кількості латентних діагностичних параметрів використано метод «кам'яного схилу».

Наведені результати застосування запропонованого підходу при обробці результатів діагностування гідравлічних передач тепловозів на випробувальному стенді після проведення капітального ремонту.

В результаті застосування методики запропоновано для оцінки технічного стану гідравлічної передачі тепловоза при стендових випробуваннях використовувати три латентні діагностичні параметри. Визначені параметри містять 90 % вхідної інформації і відображають втрати в передачі, навантаження на вході і виході передачі.

Розмірність вхідної множини з 14 діагностичних параметрів скорочена до 3 латентних параметрів.

Ключові слова: метод головних компонент, інформативність параметра, латентний діагностичний параметр, гідравлічна передача.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.228606

ВПЛИВ ВІБРАЦІЙНОЇ ОБРОБКИ НА ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ҐРУНТООБРОБНИХ МАШИН (с. 71–75)

А. А. Дудніков, О. В. Іванкова, О. В. Горбенко, А. О. Келемеш

Досліджена довговічність робочих органів ґрунтообробної техніки. Встановлено, що якість поверхневих шарів під час пластичного деформування залежить від цілого ряду показників. Цими показниками є: ступінь зміцнення, товщина зміцненого шару, величина і характер розподілу залишкових напружень.

Проведені дослідження дозволяють констатувати, що технологія відновлення робочих органів з використанням вібраційних коливань забезпечує більш високу зносостійкість. Дослідження деформованих зразків свідчать, що при вібраційній обробці мікроструктура більш дрібнозерниста і рівномірна; на 22–35 % зростає твердість обробленої поверхні леза лемеша. Це сприяє зміцненню обробленої поверхні. Встановлено, що зношування поверхонь робочих органів ґрунтообробної техніки є випадковим процесом, що обумовлений змінами конструктивних розмірів і форми ріжучих елементів. Аналіз щільності розподілу зносу ріжучих елементів показав підпорядкованість закону нормального розподілу.

Слід відмітити, що найбільш впливовим геометричним параметром робочого органу, що впливає на ресурс деталі, є глибина зносу. Даний параметр визначає залишкову товщину стінки лемешу.

Дані досліджень поверхневого шару при зміцненні дозволяють констатувати зменшення граничного стану досліджуваних параметрів. Зокрема знос носка лемешів склав на 17 % менше граничного стану.

Проведені дослідження зносостійкості показали, що величина зносу робочих органів ґрунтообробної техніки в 1,28 рази менше при використанні вібраційного пластичного деформування. Відповідно при відновленні лемешів для підвищення ресурсу робочих органів більш доцільніше використовувати метод, суть якого полягає в приварюванні шин зі сталі 45 з наплавленням сормайтотом і вібраційною обробкою.

Ключові слова: підвищення довговічності, ґрунтообробні робочі органи, зміцнення поверхні, пластичне деформування.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.230002

ВСТАНОВЛЕННЯ ЗМІН ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ ГРАФІТОВАНОГО ПОРОЖНИСТОГО ЕЛЕКТРОДА ЗА ПЕРІОДАМИ ОБРОБКИ МЕТАЛУ НА УСТАНОВЦІ «КІВШ-ПІЧ» (с. 109–115)

В. О. Рубан, О. М. Стоянов, К. Г. Нізяєв, Є. В. Синегін

Виконано аналіз процесу нагріву графітованого порожнистого електрода (ГПЕ) при обробці сталі на установці «ківш-піч». Наведені результати чисельного моделювання роботи електрода. Отримані дані температурного поля електрода при подачі електроенергії і в періодах без електронавантаження. Розраховані значення Джоулевої теплоти, що виділяється в процесі роботи електрода в періоди нагріву металу на установці «ківш-піч», які склали 1,11–1,15 МВт/м³. Виконаний розрахунок коефіцієнтів тепловіддачі конвекцією для внутрішньої і зовнішньої поверхні ГПЕ значення якого, відповідно, склали 1,60 і 1,80 та 5–17 Вт/(м²·°C). Отримані значення температурного градієнту електрода в високотемпературній зоні, які для першого періоду нагріву досягали 8286 °C/м, а третього до 6571 °C/м. Встановлено, що в періоди охолодження електрода градієнт температур суттєво знижується і становить до внутрішньої поверхні 379 °C/м; до зовнішньої поверхні 3613 °C/м; і вертикальній площині до торця електрода 1469 °C/м. Визначені напрямки покращення теплової роботи установки і зниження ресурсовитрат при позапічній обробці сталі.

Визначено, що в періоди експлуатації електрода з подачею струму відзначається істотні значення градієнту температур, які зосереджені в торцевій частині. В періоди експлуатації без подачі струму спостерігається утворення локально перегрітої зони, що має форму сплющеного уздовж осі тора, яка сформувалася в результаті акумуляції тепла попереднього періоду. Отримані дані, щодо впливу подачі газу через порожнистий електрод на параметри формування високотемпературних областей ГПЕ. Показано, що подача нейтрального газу через графітований порожнистий електрод з витратами 0,05 м³/хв зміщує високотемпературну зону до периферії на 3,5–4,2 мм, а також зменшує її висоту на 1,0–1,2 мм.

Проведені дослідження дозволять виконати розрахунки доцільних витрат газу і матеріалу для регулювання окисленості металу і шлаку, зменшити витрати графітованого електрода, знизити енерго- і ресурсовитрати на виробництво металу.

Ключові слова: чисельне моделювання, установка «ківш-піч», графітований порожнистий електрод, градієнт температур, граничні умови.