

ABSTRACT AND REFERENCES

ENGINEERING TECHNOLOGICAL SYSTEMS

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.303472
DETERMINING INFRARED RADIATION INTENSITY CHARACTERISTICS FOR THE EXHAUST MANIFOLD OF GAS TURBINE ENGINE TB3-117 IN MI-8MSB-B HELICOPTER (p. 6–13)

Mykhailo Kinashchuk

National Aviation University, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7130-8470>

Ihor Kinashchuk

National Aviation University, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9622-5380>

The object of this study is the screen-exhaust device in the TV3-117 engine of the Mi-8MSB-B helicopter.

To reduce visibility in the thermal range, a system of mixing hot engine exhaust gases with ambient air is used; this technique makes it possible to reduce the infrared radiation of engines. For this purpose, a new sample of screen-exhaust device was designed for testing.

A thermal imaging survey of the helicopter was conducted. Three variants of thermal images were acquired: a helicopter without installation of a thermal visibility reduction system, a helicopter with standard exhaust shields installed, and a helicopter with newly developed shield exhaust devices installed. Based on the obtained experimental results, the characteristics of the intensity of infrared radiation were determined for three variants of research in the range of thermal waves of 3–5 μm. The study uses a comprehensive approach to solving the tasks, which includes a statistical analysis of known and promising ways to protect a helicopter from guided missiles with infrared homing heads based on reduced radiation forces and a theoretical method for calculating flow and temperature fields. The advantages of placing the section of the exhaust channel of the designed screen-exhaust device in the horizontal plane for complete shielding of infrared radiation in the lower hemisphere have been experimentally proven. The benefits of directing the flow of exhaust gases from the screen-exhaust device into the space above the helicopter propeller and dividing this flow into four separate flows were shown. The results of experimental research could be used to design new or improve existing screen-exhaust devices by the developers of military aviation.

Keywords: gas turbine engine, screen-exhaust device, thermal visibility, intensity of infrared radiation.

References

- Couch, M. B., Lindell, D. (2010). Study on Rotorcraft Safety and Survivability. Available at: <https://apps.dtic.mil/sti/pdfs/ADA547531.pdf>
- Easley, M. G. (2015). Survivability on the Island of Spice: The Development of the UH-60 Blackhawk and Its Baptism of Fire in Operation Urgent Fury. Available at: <https://apps.dtic.mil/sti/pdfs/ADA623282.pdf>
- Bashinskiy, V. G. (2013). Suggestions on decline to infra-red noticeableness of helicopte. *Systemy ozbroiennia i viyskova tekhnika*, 2 (34), 6–9. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/soivt_2013_2_4
- Bashynskiy, V., Garbuz, M., Pinchuk, A., Bohucharskyi, V. (2020) directions for development and improvement of missile attack early warning stations. *Scientific works of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification*, 3 (1), 10–19. <https://doi.org/10.37701/dndivsovt.3.2020.02>
- Yang, Z., Zhang, J., Shan, Y. (2023). Research on the Infrared Radiation Suppression of the High-Temperature Components of the

Helicopter with an Integrated Infrared Suppressor. *Aerospace*, 10 (4), 351. <https://doi.org/10.3390/aerospace10040351>

- Pan, C., Zhang, J., Shan, Y. (2011). Modeling and Analysis of Helicopter Thermal and Infrared Radiation. *Chinese Journal of Aeronautics*, 24 (5), 558–567. [https://doi.org/10.1016/s1000-9361\(11\)60065-4](https://doi.org/10.1016/s1000-9361(11)60065-4)
- Rao, A. G. (2011). Infrared Signature Modeling and Analysis of Aircraft Plume. *International Journal of Turbo and Jet Engines*, 28 (3). <https://doi.org/10.1515/tjj.2011.023>
- Yang, Z., Zhang, J., Shan, Y. (2021). Research on the influence of integrated infrared suppressor exhaust angle on exhaust plume and helicopter infrared radiation. *Aerospace Science and Technology*, 118, 107013. <https://doi.org/10.1016/j.ast.2021.107013>
- Li, Y., Yong, S., Jingzhou, Z., Zhongcheng, W. (2023). Numerical investigation of solar radiation effects on helicopter infrared radiation characteristics. *Infrared and Laser Engineering*, 52 (11), 20230146. <https://doi.org/10.3788/irla20230146>
- Cheng-xiong, P., Jing-zhou, Z., Yong, S. (2013). Effects of exhaust temperature on helicopter infrared signature. *Applied Thermal Engineering*, 51 (1-2), 529–538. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2012.09.016>
- Ponton, T., Warnes, G. (2007). Helicopter IRS Engine Integration for the «FIRST» Technology Demonstrator Programme. Volume 1: Turbo Expo 2007. <https://doi.org/10.1115/gt2007-27408>
- Paszko, M. (2017). Infrared Signature Suppression Systems in Modern Military Helicopters. *Transactions on Aerospace Research*, 2017 (3), 63–83. <https://doi.org/10.2478/tar-2017-0022>
- Rohacs, J., Jankovics, I., Gal, I., Bakunowicz, J., Mingione, G., Carozza, A. (2018). Small Aircraft Infrared Radiation Measurements Supporting the Engine Airframe Aero-thermal Integration. *Periodica Polytechnica Transportation Engineering*, 47 (1), 51–63. <https://doi.org/10.3311/pptr.11514>
- Zhou, Z., Huang, J., Wang, J. (2019). Radar/infrared integrated stealth optimization design of helicopter engine intake and exhaust system. *Aerospace Science and Technology*, 95, 105483. <https://doi.org/10.1016/j.ast.2019.105483>
- Kinashchuk, M. (2020). Numerical study of the exhaust gas flow of TV3-117 type engines in composition with a screen – exhaust device. *ScienceRise*, 4, 17–23. <https://doi.org/10.21303/2313-8416.2020.001391>
- Kinashchuk, M. (2020). Development of method of testing a set of screen-exhaust devices in the helicopter Mi-8MSB-B. *Technology Audit and Production Reserves*, 4 (1 (54)), 8–15. <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2020.210373>

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.303639

DEVSING A TECHNIQUE FOR DESCENDING THE ILLUMINATION ELEMENTS OF AERIAL VEHICLES (p. 14–24)

Vasyl Makeev

Sumy State University, Sumy, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1591-9664>

Anatolii Derevjanchuk

Sumy State University, Sumy, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6881-560X>

Andrii Vakal

Sumy State University, Sumy, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7586-7686>

Mykola Liapa

Sumy State University, Sumy, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1374-088X>

The object of this study is the process of descending illumination elements equipped with a braking device in the form of two-bladed grills rotating in different directions. The classic parachute method does not provide the necessary speed of descent, it has low illumination parameters and significant drift of illumination elements by side wind.

To solve the tasks set, mathematical dependences were obtained for calculating the aerodynamic characteristics of the descent device with the illumination element and its delivery to the ejection point. The drag and lift force coefficients during the flow around the blades of a dual-rotor impeller with different Reynolds numbers were determined by the method of numerical modeling based on the ANSYS CFX software package. The optimal geometric characteristics of the profile satisfying the condition for the necessary speed of descent of the illumination element at the given weight of the descent apparatus were determined.

Reasonable requirements for illumination parameters and an improved composition of the flare have been proposed.

A mathematical model of the movement of a body of variable mass to the point of ejection of the illumination element was built.

The new design of the descent device makes it possible to reduce the speed of descent by 10–15 % and increase the weight of the payload by 20–30 %. The proposed illumination composition provides sufficient illumination of the object for 5 minutes with a light intensity of 2–2.5 million candelas and an average diameter of the illuminated area of 2000–2500 m. The mathematical model of the movement of a variable mass body to the point of the illumination element ejection makes it possible to determine with high accuracy the gun firing settings with illumination ammunition (30–40 % more accurate) and the time of ejection of illumination elements.

Results of the current research make it possible to solve the scientific problem of ensuring the maximum efficiency of illuminating the terrain at night.

Keywords: drag force, dual-rotor impeller, descent speed, illumination time, light intensity, illumination radius.

References

- Tkachuk, P. P., Chumakevych, V. O., Droban, O. M., Fedor, B. S., Yevdokimov, P. M. (2023). Boieprypasy. Kyiv: Vyd. dim «SKIF», 266. Available at: <https://jurkniga.ua/contents/boieprypasi-pidruchnik.pdf>
- Buhaieva, L. M., Boiko, T. V., Beznosyk, Yu. O. (2017). Systemnyi analiz khimiko-tekhnologichnykh kompleksiv. Kyiv: Interservis, 254. Available at: <https://www.sworld.com.ua/doi/sahtk.pdf>
- Dmitrievskiy, A. A. (2005). Vneshnyaya ballistika. Moscow: Mashinostroenie, 607.
- Homylev, S. A., Reznik, S. B., Ershov, S. V. (2008). Chislennoe issledovanie obtekaniya turbinyh reshetok profiley: chast' 2 – issledovanie harakteristik vysokonagruzhennyh reshetok. Aviatciono-kosmicheskaya tekhnika i tehnologiya, 8 (55), 46–50. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/aktit_2008_8_12
- Makeiev, V. I., Raskoshnyi, A. F. (2023). Optimizatsiya konstruktivnykh parametriv osvituvalnykh litalnykh aparativ dlia zminshennia yikh rozsiuvannia. Zbirnyk naukovykh prats TsNDI OVT ZSU, 1 (88), 83–92.
- Tiahniy, V. H., Yemets, V. V. (2023). Osnovy aerodynamiky ta dynamiky polotu: ch. I: Aerohidrozodynamika. Kharkiv: KhNUVS, 280. Available at: <https://dspace.univd.edu.ua/items/c3726f93-7e24-4fb0-8c62-e93f90aace8b>
- Makeiev, V. I., Kolobylin, S. M., Zhytnyk, V. Ye., Liapa, M. M. (2023). Pat. No. 153331 UA. Artyleriyskiy snariad. No. u202201954; declared: 09.06.2022; published: 21.06.2023, Bul. No. 25/2023. Available at: <https://base.uip.org/searchINV/search.php?action=view-details&IdClaim=285443>
- Rusanov, A. V., Kos'yanova, A. I., Suhobryy, P. N., Horev, O. N. (2013). Gazodinamicheskoe sovershenstvovanie protochnoy chasti tsilindra vysokogo davleniya parovoy turbiny K-325-23,5. Nauka ta innovatsiyi, 9 (1), 33–40.
- Navin Kumar, B., Parammasivam, K. M., Selvaraju, P. N., Anbalagan, R. (2022). Feasibility analysis of novel aerodynamic braking system for horizontal axis wind turbines. Materials Today: Proceedings, 68, 1396–1402. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.06.444>
- Lebid, V. H., Myrhorod, Yu. I. (2006). Aerohidrozodynamika. Kharkiv: KhUPS, 350.
- Boyko, A. V., Usaty, A. P., Rudenko, A. S. (2014). Mnogokriterial'naya mnogoparametricheskaya optimizatsiya protochnoy chasti osevyh turbin s uchedom rezhimov ekspluatatsii. Kharkiv: NTU «KhPI», 220. Available at: <https://repository.kpi.kharkov.ua/server/api/core/bitstreams/0a708b9b-d194-40b9-9a83-1f92901459fa/content>
- Veisi, A. A., Shafiei Mayam, M. H. (2017). Effects of blade rotation direction in the wake region of two in-line turbines using Large Eddy Simulation. Applied Energy, 197, 375–392. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.04.013>
- Boiko, A., Govorushchenko, Y., Usaty, A. (2016). Optimization of the Axial Turbines Flow Paths. New York: Science Publishing Group, 272.
- Barbely, N. L., Komerath, N. M., Novak, L. A. (2016). A Study of Coaxial Rotor Performance and Flow Field Characteristics. AHS Technical Meeting on Aeromechanics Design for Vertical Lift. Report ARC-E-DAA-TN28910, 15. Available at: https://rotorcrafterc.nasa.gov/Publications/files/CFD_Design_Framework_Barbely.pdf
- Ahmadi-Baloutaki, M., Carriveau, R., Ting, D. S.-K. (2016). A wind tunnel study on the aerodynamic interaction of vertical axis wind turbines in array configurations. Renewable Energy, 96, 904–913. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2016.05.060>
- Simakov, N. N. (2013). Raschet obtekaniya i soprotivleniya shara v laminarnom i sil'no turbulentnom potoke. Zhurnal tehnicheckoy fiziki, 83 (4), 16–20.
- Papchenko, A., Lipovy, V., Barikin, O. (2013). Analysis of the airflow about sphere as a first approximation to determine the aerodynamic characteristics of airfoil profiles of orthogonal wind turbines. Visnyk Sums'koho derzhavnoho universytetu. Seriya Tekhnichni nauky, 1, 19–24. Available at: <http://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/31937>
- Rusanov, A. V., Ershov, S. V. (2008). Matematicheskoe modelirovanie nestatsionarnykh gazodinamicheskikh protsessov v protochnykh chastyakh turbomashin. Kharkiv: IPMash NAN Ukrainy, 275.
- Yershov, S. V., Rusanov, A. V., Yakovlev, V. A. (2006). Aerodynamic improvement of flowpath of the Hp turbine basing on computations of 3D viscous flow. Nauka ta innovatsiyi, 2 (6), 39–48. Available at: https://scinn.org.ua/sites/default/files/pdf/2006/N6/6_06_39.pdf
- Boiko, A., Usaty, A. P. (2017). Use BIarc-Curves for Contour Description of the Turbine Profiles. NTU «KhPI» Bulletin: Power and Heat Engineering Processes and Equipment, 8 (1230), 20–27. <https://doi.org/10.20998/2078-774x.2017.08.03>
- Lupoviy, V., Papchenko, A. (2014). Methods Development for Determining the Aerodynamic Characteristics of Vertical Exist of Wind Turbine. Applied Mechanics and Materials, 630, 79–84. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amm.630.79>
- Lipoviy, V., Papchenko, A. (2013). Research of workflow of vertical wind turbines by numerical simulation. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 3 (8 (63)), 39–44. Available at: <https://journals.urau.ua/eejet/article/view/14834/>
- Vion, L., Delattre, G., Falissard, F., Jacquin, L. (2011). Counter-Rotating Open Rotor (CROR): flow physics and simulation. CFM 2011 – 20th French Congress of Mechanics. Besancon, hal-03421272. Available at: <https://hal.science/hal-03421272/document>

24. Tarasov, A. I. (2012). Izbrannye lektsii po kursu «Komp'yuternye tehnologii proektirovaniya baz dannyh» na temu «Postroenie reshetki turbinykh profiley polinomami Bez'e-Bernshteyna». Kharkiv: NTU «KhPI», 27. Available at: <https://www.kpi.kharkov.ua/archive/Articles/turbine/Postroenie%20reshetki%20turbinykh%20profilей%20.pdf>
25. Boiko, A., Usaty, A. P. (2016). Integrated Mathematical Model of the Processes in the Turbine with Adjustable Steam Extraction. NTU «KhPI» Bulletin: Power and Heat Engineering Processes and Equipment, 8 (1180), 28–36. <https://doi.org/10.20998/2078-774x.2016.08.04>
26. Hmel'nik, S. I. (2010). Uravneniya Nav'e-Stoksa. Sushchestvovanie i metod poiska global'nogo resheniya. Published by Mathematics in Computer Corp., 106.
27. Majstrenko, O. V., Prokopenko, V. V., Makeev, V. I., Ivanyk, E. G. (2020). Analytical methods of calculation of powered and passive trajectory of reactive and rocket-assisted projectiles. Radio Electronics, Computer Science, Control, 2, 173–182. <https://doi.org/10.15588/1607-3274-2020-2-18>
28. Makeiev, V., Pushkariov, Y., Raskoshnyi, A., Voronko, I., Myronova, S. (2022). Considering the Meteorological Elements for the Aerial Vehicles Flight by Using «Weight» Functions. Lecture Notes in Networks and Systems, 133–144. https://doi.org/10.1007/978-3-030-94259-5_13
29. Makeev, V. I., Pushkarev, Yu. I. (2013). Choice of working parameters of a solid-fuel jet engine of unguided aircraft. Russian Aeronautics (Iz VUZ), 56 (4), 344–353. <https://doi.org/10.3103/s1068799813040041>
30. Nakaz komandira v/ch A1723 vid 15.07.2021 roku No. 173/21.

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.303792

SUBSTANTIATING THE RATIONAL SHAPE OF A DRUM-TYPE WORKING TOOL FOR SURFACE SOIL TREATMENT (p. 25–32)

Andrii Nesvidomin

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

Serhii Pylypaka

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

Zinovii Ruzhilo

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

Tetiana Volina

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

Yurii Lianno

Sumy State Pedagogical University named after A. S. Makarenko, Sumy, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-9349-0273>

Svitlana Botvinovska

Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1832-1342>

Irina Zakharova

Sumy State Pedagogical University named after A. S. Makarenko, Sumy, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9693-5550>

Lidiia Savchenko

Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9444-2031>

Oleksandr Savchenko

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

Irina Rybenko

Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7795-1689>

The working bodies of agricultural implements should minimize resistance to movement. The shape of a curved tooth, which is fixed between two cylindrical disks, has been considered in this paper. Several such sections on the shaft form a drum similar to a harrow roller or a needle harrow. When rolling, the tooth sinks into the soil, followed by its loosening. The task was to find such a shape of the tooth, which at the first stage of immersion in the soil would slide over it as much as possible with minimal deformation, and at the second stage would balance it and turn it over.

The object of the study is a drum-type working body. The work of a straight tooth with its transformation into a curved tooth was analyzed. As a result of such an analysis and subsequent search, a rational shape of a drum-type tillage working body was obtained for the purpose of reducing resistance when it is buried in the soil. The involute of a circle turned out to be such a curve. A tooth in the form of an involute of a circle has a peculiarity: at the moment of contact of the tooth with the ground, the absolute velocity vector is directed perpendicular to it. The result is explained by the fact that as the disks roll, the tooth sinks into the soil, and the point of entry remains unchanged, and the tooth itself slides practically along itself, especially in the upper layers of the soil. In known working bodies, their curvilinear form was selected experimentally. The proposed shape of the working body was obtained analytically. To reduce the resistance of the teeth entering the soil, the ratio of the tillage depth to the radius of the drum is important. The immersion of the blade to the full depth should correspond to a 30° rotation of the drum. After diving to the maximum depth, it begins to weigh the soil to the surface or loosen it. The field of application of such a tooth shape can be the improvement of the working bodies of tillage implements.

Keywords: energy intensity of penetration into the soil, tooth shape, least resistance, involute of a circle.

References

- Kozachenko, O. V., Shkrehal, O. M., Kadenko, V. M. (2021). Zabezpechennia efektyvnosti robochykh orhaniv kultyvatoriv. Kharkiv: PromArt, 238. Available at: https://repo.btu.kharkov.ua/bitstream/123456789/21300/1/zabezpechennya_efektyvnosti_rob_ochykh_orhaniv_monhraf_2021.pdf
- Mudarisov, S. G., Gabitov, I. I., Lobachevsky, Y. P., Mazitov, N. K., Rakhimov, R. S., Khamaletdinov, R. R. et al. (2019). Modeling the technological process of tillage. Soil and Tillage Research, 190, 70–77. <https://doi.org/10.1016/j.still.2018.12.004>
- Mikhailov, E., Volik, B., Tesluk, G., Konovoy, A. (2019). Method of reasoning of the construction scheme of multiple lapp on the basis of the biological prototypes. Proceedings of the Tavria State Agrotechnological University, 19 (3), 37–45. <https://doi.org/10.31388/2078-0877-19-3-37-45>
- Kozachenko, O., Sedykh, K., Volkovskiy, O. (2023). Theoretical analysis of the force interaction of the disk working body with the soil environment. Scientific Bulletin of the Tavria State Agrotechnological University, 13 (1), 1–13. <https://doi.org/10.31388/2220-8674-2023-1-6>
- Borak, K. V. (2020). Influence of degree of abrasive particle clinging to wear mechanism of soil-cultivating machines operational

- mechanisms. *Machinery & Energetics*, 11 (2), 35–40. <https://doi.org/10.31548/machenergy2020.02.035>
6. Pylypaka, S., Klendii, M., Klendii, O. (2018). Particle motion on the surface of a concave soil-tilling disk. *Acta Polytechnica*, 58 (3), 201. <https://doi.org/10.14311/ap.2018.58.0201>
 7. Pylypaka, S., Klendii, M., Kresan, T. (2022). Study of the movement of soil particles on the surface of a screw tillage working body. *Machinery & Energetics*, 13 (2). [https://doi.org/10.31548/machenergy.13\(2\).2022.62-72](https://doi.org/10.31548/machenergy.13(2).2022.62-72)
 8. Kresan, T. (2021). Movement of soil particles on surface of developable helicoid with horizontal axis of rotation with given angle of attack. *Machinery & Energetics*, 12 (2). <https://doi.org/10.31548/machenergy2021.02.067>
 9. Kobets, A., Aliiev, E., Tesliuk, H., Aliieva, O. (2023). Simulation of the process of interaction of the working bodies of tillage machines with the soil in Simcenter STAR-CCM+. *Machinery & Energetics*, 14 (1). <https://doi.org/10.31548/machinery/1.2023.09>
 10. Buslaiev, D. O., Vasylenko, M. O. (2020). Traction resistance of cultivator paws with surface hardening during operation of tillage machines. *Machinery & Energetics*, 11 (1), 177–182. <https://doi.org/10.31548/machenergy2020.01.177>
 11. Borak, K. V. (2019). Frictional interaction between soil and surface of tilling machine movable operating parts. *Machinery & Energetics*, 10 (4), 157–162. <https://doi.org/10.31548/machenergy2019.04.157>
 12. Paladiychuk, Yu., Melnik, Ju. (2021). Restoration resource of working bodies of soil treatment machines by applying wear-resistant coatings. *Machinery & Energetics*, 12 (4). <https://doi.org/10.31548/machenergy2021.04.043>
 13. Sereda, L., Kovalchuk, D. (2021). Mathematical modeling soil tilling unit in the system «soil-aggregate-energy means» for Strip-Till technology soil treatment. *Machinery & Energetics*, 12 (4). <https://doi.org/10.31548/machenergy2021.04.103>
 14. Sivak, I. M., Chovnyuk, Yu. V., Gumenyuk, Yu. O. (2019). Substantiation of basic principles of creation of high-efficiency soil-processing technology for agricultural appointment. *Machinery & Energetics*, 10 (1). <https://doi.org/10.31548/machenergy2019.01.171>
 15. Freza-rotovator KIPOR. Available at: <http://tehnika.co.ua/p/freza-rotovator-kipor.html>

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.304127

JUSTIFICATION OF PARAMETERS OF IMPACT-SPREADING FINGER SHAFT FOR GRINDER-MIXER-DRYER USING THE EXAMPLE OF EGGSHELLS (p. 33–44)

Tokhtar Abilzhanuly

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

Ruslan Iskakov

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

Daniyar Abilzhanov

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

Alexandr Gulyarenko

S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University,
Astana, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4562-367X>

Valery Khan

S. Seifullin Kazakh Agrotechnical University,
Astana, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4198-2712>

The object of the study is to determine the critical impact speed during shell destruction, study crack formation in the shell, and grind the shell. When operating a grinder-mixer-dryer, problems arise such as determining the speed of impact on the shell depending on the height of its fall, the lack of ability to determine the speed of shell fall from certain heights, which complicates planning the operation of the finger shaft. As a result of research, it was found that an auger with knives crushes and moves feed raw materials, and the impact-spreading shaft ensures partial grinding of fragile raw materials and intensive processes of mixing and drying wet feed with uniform filling of the installation hopper. The appearance of cracks on the shell when it falls from a height of 0.15 m has been experimentally recorded. Therefore, this speed of impact of the shell on a metal surface is the critical peripheral speed of the impact-spreading shaft, which ensures partial crushing of the shell. As a result of theoretical studies, an analytical expression was obtained that provides the determination of the shell impact speed depending on the height of its fall. The value of the critical peripheral speed of the fingers of the impact-spreading shaft is determined to be 1.66 m/s. The experimental results showed the effective occurrence of grinding, mixing and drying processes. Moreover, within 15 minutes of operation of the installation, the wet shell was crushed in accordance with the requirements. The uniformity reached up to 90 % within 4 to 6 minutes of its operation, and drying proceeded at a rate of 26.54 % per hour. All this proves the effectiveness of the processes of grinding, mixing and drying wet food, and also confirms the reliability of theoretical research.

Keywords: grinder-mixer-dryer, impact-spreading finger shaft, cracks, destructive speed, eggshell.

References

1. Laohavisuti, N., Boonchom, B., Boonmee, W., Chaiseeda, K., Seesamong, S. (2021). Simple recycling of biowaste eggshells to various calcium phosphates for specific industries. *Scientific Reports*, 11 (1). <https://doi.org/10.1038/s41598-021-94643-1>
2. Qiu, Y., Hou, Y., Zhang, S., Jin, L., Zhou, J., Chen, J. (2022). Study on the preparation and properties of CaCO₃ ultrafine powder derived from waste eggshell. *Environmental Technology*, 1–10. <https://doi.org/10.1080/09593330.2022.2141664>
3. Liu, H., Guo, X., Yin, Y., Song, Sh., Liu, M., He, H. (2023). Optimization of Separation Process of Eggshell and Shell Membrane. *Science and Technology of Food Industry*, 44 (12), 193–200. <https://doi.org/10.13386/j.issn1002-0306.2020090076>
4. Ahmed, T. A. E., Younes, M., Wu, L., Hincke, M. T. (2021). A Survey of Recent Patents in Engineering Technology for the Screening, Separation and Processing of Eggshell. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 9. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2021.677559>
5. Markochev, V. M. (2011). Reologicheskaya model' razrushayushchegosya tverdogo tela. *Zavodskaya laboratoriya. Diagnostika materialov*, 6, 44–47.
6. Markochev, V. M., Alymov, M. I. (2017). On The Brittle Fracture Theory By Ya. Frenkel And A. Griffith. *Chebyshevskii Sbornik*, 18 (3), 381–393. <https://doi.org/10.22405/2226-8383-2017-18-3-381-393>
7. Kochetkov, A. V., Fedotov, P. V. (2013). Nekotorye voprosy teorii udara. *Naukovedeniye*, 5, 1–15.
8. Wang, D. K., Sun, L. T., Wei, J. P. (2019). Microstructure Evolution and Fracturing Mechanism of Coal Under Thermal Shock. *Rock and Soil Mechanics*, 40 (2), 529.
9. Kachayev, A. Ye. (2011). K opredeleniyu vremeni udara i moshchnosti dezintegratora, raskhoduyemoy na izmel'cheniye pri udarnom vozdeystvii. *Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta imeni Shukhova*, 3, 1–5.
10. Glebov, L. A., Demskiy, A. B., Veden'ev, V. F., Yablokov, A. Ye. (2010). Tekhnologicheskoye oborudovaniye i potochnye linii predpriyatiy po pererabotke zerna. Moscow: DeLi print, 696.

11. Maudlin, T. (2011). How bell reasoned: A reply to Griffiths. *American Journal of Physics*, 79 (9), 966–970. <https://doi.org/10.1119/1.3606476>
12. Iskakov, R. M., Mamirbaeva, I. K., Gulyarenko, A. A., Silaev, M. Yu., Gusev, A. S. (2022). Improved Hammers for Crushers in Feed Production. *Russian Engineering Research*, 42 (10), 987–992. <https://doi.org/10.3103/s1068798x22100124>
13. Smits, M., Kronbergs, E. (2017). Determination center of percussion for hammer mill hammers. *Engineering for Rural Development*. <https://doi.org/10.22616/erdev2017.16.n072>
14. Kupchuk, I. M., Solona, O. V., Derevenko, I. A., Tverdokhlib, I. V. (2018). Verification of the Mathematical Model of the Energy Consumption Drive for Vibrating Disc Crusher. *Inmateh-Agricultural Engineering*, 55 (2), 113–120. Available at: https://www.researchgate.net/publication/328293822_Verification_of_the_mathematical_model_of_the_energy_consumption_drive_for_vibrating_disc_crusher
15. Abilzhanuly, T., Iskakov, R., Abilzhanov, D., Darkhan, O. (2023). Determination of the average size of preliminary grinded wet feed particles in hammer grinders. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (1 (121)), 34–43. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.268519>
16. Tian, H., Wang, H., Huang, T., Wang, D., Liu, F., Han, B. (2018). Design of Combination Sieve for Hammer Feed Mill to Improve Crushing Performance. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 34 (22), 45–2. <https://doi.org/10.11975/j.issn.1002-6819.2018.22.006>
17. Verma, H. R., Singh, K. K., Basha, S. M. (2018). Effect of Milling Parameters on the Concentration of Copper Content of Hammer-Milled Waste PCBs: A Case Study. *Journal of Sustainable Metallurgy*, 4 (2), 187–193. <https://doi.org/10.1007/s40831-018-0179-z>
18. Feng, F., Shi, J., Yang, J., Ma, J. (2022). Correlation between the Angle of the Guide Plate and Crushing Performance in Vertical Shaft Crushers. *Shock and Vibration*, 2022, 1–8. <https://doi.org/10.1155/2022/9991855>
19. Munkhbayar, B., Bayaraa, N., Rehman, H., Kim, J., Chung, H., Jeong, H. (2012). Grinding characteristic of multi-walled carbon nanotubes-alumina composite particle. *Journal of Wuhan University of Technology-Mater. Sci. Ed.*, 27 (6), 1009–1013. <https://doi.org/10.1007/s11595-012-0590-4>
20. Hong, S., Kim, S. (2017). Analysis of simulation result by digital filtering technique and improvement of hammer crusher. *International Journal of Mineral Processing*, 169, 168–175. <https://doi.org/10.1016/j.minpro.2017.11.004>
21. Iskakov, R. M., Iskakova, A. M., Nurushev, M. Z., Khaimuldinova, A. K., Karbayev, N. K. (2021). Method for the Production of Fat from Raw Materials and Animal Waste. *Journal of Pure and Applied Microbiology*, 15 (2), 716–724. <https://doi.org/10.22207/jpam.15.2.23>
22. Iskakov, R., Sugirbay, A. (2023). Technologies for the Rational Use of Animal Waste: A Review. *Sustainability*, 15 (3), 2278. <https://doi.org/10.3390/su15032278>
23. Al-Khasawneh, Y. (2021). Development and testing of a novel mathematical-physical model for the design of ring armor for the vertical shaft impact crushers. *Minerals Engineering*, 170, 106994. <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2021.106994>
24. Tumanov, A. M., Tumanova, M. I., Brusentsov, A. S. (2018). Obzor tekhniki, primenyayemoy dlya prigotovleniya kormov pri otkarmivanii bychkov v malykh formakh khozaystvovaniya. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 6, 117–121. Available at: <https://e.lanbook.ru/journal/issue/309771>
25. Kormotsekhi na kolesakh KIS-8, KIS-9, KIS-10. Prospekt. Novosibirskiy opytno-eksperimental'nyy zavod nestandartnogo oborudovaniya.
26. Gishchenko, M. A., Braginets, S. V., Klimenko, V. I. (2010). Kombinirovannaya mashina dlya prigotovleniya i razdachi kormov. *Sel'skiy mekhanizator*, 11, 22–23.
27. Madyshev, I. Sh., Faizrahmanov, R. N., Kamaldinov, I. N. (2017). Efficiency of feed additives in animals. *Uchenye zapiski Kazanskoy gosudarstvennoy akademii veterinarnoy meditsiny im. N.E. Baumana*, 232 (4), 105–108. Available at: <https://sciup.org/jeffektivnost-kormovyh-dobavok-v-zhivotnovodstve-142212948>
28. Nikiforov, V. Ye., Uglin, V. K., Nikitin, L. A. (2018). Tekhnologicheskaya liniya sushki semyan kormovykh trav dlya usloviy Severo-Zapada Rossii. *Agrozootekhnika*, 2 (1), 1–9.
29. Zykov, A. V., Zakharov, A. M., Yunin, V. A. (2019). Infrared Method for Drying Vegetable Raw Materials. *Journal of Advanced Research in Technical Science*, 16, 107–110. <https://doi.org/10.26160/2474-5901-2019-16-107-110>
30. Yunin, V. A., Zykov, A. V., Zakharov, A. M., Perekopsky, A. N. (2020). Research of drum installation of drum type with infrared heat source. *International Research Journal*, 6 (96), 64–68. Available at: <https://research-journal.org/wp-content/uploads/2020/06/6-1-96.pdf#page=64>
31. Targ, S. M. (2010). *Kratkiy kurs teoreticheskoy mekhaniki*. Moscow: Vysshaya shkola, 416.
32. Strelkov, S. P. (1975). *Mekhanika*. Moscow: Nauka, 560.
33. Abilzhanov, D. T., Adil'sheyev, A. S., Shabikova, G. A. (2019). Obosnovaniye parametrov podbrasyvayushchego barabana separatora listovoy chasti trav. *Vestnik Kyrgyzsko-Rossiyskogo Slavyanskogo universiteta*, 19 (12), 65–71.
34. Abilzhanuly, T., Iskakov, R., Issenov, S., Kubentaeva, G., Mamyrbayeva, I., Abilzhanov, D. et al. (2023). Development of a layer leveling technology that reduces the energy intensity of the processes of mixing and drying the fodder mass. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (7 (124)), 106–115. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.286325>
35. Abilzhanuly, T. (2007) *Kormoprigotovitel'niye mashiny dlya krest'yan'skikh khozaystv i drugih agroformirovaniy*. Astana: Kazakhskiy agrotekhnicheskii universitet imeni Seyfullina, 200.

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.304263
OPTIMIZATION OF POLYETHYLENE
ROTOMOLDED TANK DESIGN FOR STORAGE OF
LIQUID MINERAL FERTILIZERS BY THE TAGUCHI
METHOD (p. 45–56)

Vitaliy Tyukanko

M. Kozybayev North Kazakhstan University,
 Petropavlovsk, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1736-0323>

Alexandr Demyanenko

M. Kozybayev North Kazakhstan University,
 Petropavlovsk, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5698-8140>

Vladislav Semenyuk

M. Kozybayev North Kazakhstan University,
 Petropavlovsk, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8580-7326>

Antonina Dyuryagina

M. Kozybayev North Kazakhstan University,
 Petropavlovsk, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9109-8159>

Dmitriy Alyoshin

M. Kozybayev North Kazakhstan University,
 Petropavlovsk, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5985-0523>

Stanislav Brillkov

«AVAGRO» LLP, Petropavlovsk, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-9144-9872>

Sergey Litvinov

«AVAGRO» LLP, Petropavlovsk, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-3140-2802>

Yulia Byzova

M. Kozybayev North Kazakhstan University,
 Petropavlovsk, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2072-0238>

In this research, by using the finite element method, the effect of five parameters (density of a liquid mineral fertilizer (ρ), its temperature (T), tank wall thickness (L), spacing of stiffeners (K) and stiffeners height (h)) on the strength of standard polyethylene rotomolded tanks used for storage of liquid mineral fertilizers (LMF) was studied. Using the Taguchi method, it was found that these parameters are ranked according to the degree of their influence (in decreasing order) on: maximum stresses ($\rho > L > h > T > K$), maximum stresses in the tank walls ($\rho > L > K > T > h$) and deformations of the tank (for DX/DY : $\rho > L > h > T > K$ and for DZ : $\rho > L > h > K > T$). Validation of the FEM strength calculations was carried out, which showed satisfactory convergence of the calculated and experimental values. Generalized equations are derived that describe the effect of all five studied parameters on P , PW and tank deformations (along the X , Y and Z axes). On the basis of the derived equations, a nomogram has been constructed, which makes it possible to choose the optimal wall thickness that will correspond to the LMF density and storage temperature. Applying the optimal wall thickness ensures a guaranteed service life of at least 50 years, minimizing the risk of environmental accidents caused by tank failure and the release of LMF and associated toxic substances into groundwater. This research offers valuable insights for designing safer and more durable storage tanks for liquid mineral fertilizers. As an optimal design of the tank for storing the most common fertilizer UAN-32 (Urea Ammonium Nitrate, 32 % nitrogen), with a density of 1.32 g/cm³ and at storage temperatures up to 40 °C, the following values of structural parameters are recommended: $L = 10$ mm, $K = 38$ mm, and $h = 4$ mm.

Keywords: polyethylene tanks, finite element method, deformations, strength calculation, Taguchi method.

References

- Gupta, N., Ramkumar, P. L., Sangani, V. (2020). An approach toward augmenting materials, additives, processability and parameterization in rotational molding: a review. *Materials and Manufacturing Processes*, 35 (14), 1539–1556. <https://doi.org/10.1080/10426914.2020.1779934>
- Vázquez Fletes, R. C., Cisneros López, E. O., Moscoso Sánchez, F. J., Mendizábal, E., González Núñez, R., Rodrigue, D., Ortega Guidiño, P. (2020). Morphological and Mechanical Properties of Bilayers Wood-Plastic Composites and Foams Obtained by Rotational Molding. *Polymers*, 12 (3), 503. <https://doi.org/10.3390/polym12030503>
- Gnanaprakasam, P. D., Vanisree, A. J. (2022). Recurring detrimental impact of agrochemicals on the ecosystem, and a glimpse of organic farming as a possible rescue. *Environmental Science and Pollution Research*, 29 (50), 75103–75112. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-22750-1>
- Hossain, M. E., Shahrulkh, S., Hossain, S. A. (2022). Chemical Fertilizers and Pesticides: Impacts on Soil Degradation, Groundwater, and Human Health in Bangladesh. *Water Science and Technology Library*, 63–92. https://doi.org/10.1007/978-3-030-95542-7_4
- Economou-Eliopoulos, M., Megremi, I. (2021). Contamination of the Soil-Groundwater-Crop System: Environmental Risk and Opportunities. *Minerals*, 11 (7), 775. <https://doi.org/10.3390/min11070775>
- Bisht, N., Singh Chauhan, P. (2021). Excessive and Disproportionate Use of Chemicals Cause Soil Contamination and Nutritional Stress. *Soil Contamination – Threats and Sustainable Solutions*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.94593>
- Tyukanko, V., Demyanenko, A., Semenyuk, V., Dyuryagina, A., Alyoshin, D., Tarunin, R., Voropaeva, V. (2023). Development of an Ultrasonic Method for the Quality Control of Polyethylene Tanks Manufactured Using Rotational Molding Technology. *Polymers*, 15 (10), 2368. <https://doi.org/10.3390/polym15102368>
- Timoshenko, S. (1956). *Strength of Materials. Part II. Advanced Theory and Problems*. D. Van Nostrand Company.
- Klabukova, L. S. (1980). The differential operator of problems of the theory of momentless elastic shells and their solution by the variational-difference method. *USSR Computational Mathematics and Mathematical Physics*, 20 (1), 225–244. [https://doi.org/10.1016/0041-5553\(80\)90075-0](https://doi.org/10.1016/0041-5553(80)90075-0)
- Paimushin, V. N., Shalashilin, V. I. (2006). Geometrically non-linear equations in the theory of momentless shells with applications to problems on the non-classical forms of loss of stability of a cylinder. *Journal of Applied Mathematics and Mechanics*, 70 (1), 91–101. <https://doi.org/10.1016/j.jappmathmech.2006.03.006>
- Olson, L. G., Gogos, G., Pasham, V. (1999). Axisymmetric finite element models for rotational molding. *International Journal of Numerical Methods for Heat & Fluid Flow*, 9 (5), 515–542. <https://doi.org/10.1108/09615539910276836>
- Lim, K. K., Ianakiev, A. (2006). Modeling of rotational molding process: Multi-layer slip-flow model, phase-change, and warpage. *Polymer Engineering & Science*, 46 (7), 960–969. <https://doi.org/10.1002/pen.20481>
- Zhou, J., Zhu, T., Huang, S., Jiang, P., Xue, Y., Wang, J., Chen, L. (2015). Finite element analysis on contact fatigue for supporting roller in large scale rotational molding equipment. *Jiangsu Daxue Xuebao (Ziran Kexue Ban)/Journal of Jiangsu University (Natural Science Edition)*, 36, 153–158. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1671-7775.2015.02.006>
- Karamnov, E. I. (2023). Application of the finite element method to solve the problem of stability of the tank wall. *Applied research and development in priority areas of science and technology*. Available at: <http://econf.rae.ru/article/7560>
- Vijay, K., Jayapalan, S. (2022). Creep analysis of Water tank made of Polypropylene (PP) and High-Density Polyethylene (HDPE) polymer material using ANSYS Simulation. *Journal of Engineering Research*. <https://doi.org/10.36909/jer.17611>
- Edlabadkar, O., Potdar, S., Jha, H. K., Jaiswal, N. G. (2022). Structural analysis of a rotomolded water tank. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 9 (7), 236–238. Available at: <https://www.irjet.net/archives/V9/i7/IRJET-V9I741.pdf>
- Šuba, O., Bilek, O., Kubišová, M., Pata, V., Meřinská, D. (2022). Evaluation of the Flexural Rigidity of Underground Tanks Manufactured by Rotomolding. *Applied Sciences*, 12 (18), 9276. <https://doi.org/10.3390/app12189276>
- Pozhil, S. N., Menon, N. M., Waigaonkar, S. D., Chaudhari, V. (2020). An analytical model to predict the creep behaviour of linear low-density polyethylene (LLDPE) and polypropylene (PP) used in rotational moulding. *Materials Today: Proceedings*, 28, 888–892. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2019.12.318>
- Tyukanko, V., Demyanenko, A., Dyuryagina, A., Ostrovnoy, K., Lezhneva, M. (2021). Optimization of the Composition of Silicone Enamel by the Taguchi Method Using Surfactants Obtained from Oil Refining Waste. *Polymers*, 13 (21), 3619. <https://doi.org/10.3390/polym13213619>
- Bodur, A., Sahin, S., Sahin, Y., Inal, M. (2018). Modelling of the Flexural Strength of Low Flow Polypropylene Talc/Colemanite Hybrid Composite Materials with Taguchi and ANFIS Methods. *IFAC-PapersOnLine*, 51 (30), 271–276. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.11.300>

21. Chakravarty, S., Haldar, P., Nandi, T., Sutradhar, G. (2023). Fabrication and machinability studies on cupola slag reinforced aluminium metal matrix composites using Taguchi method. *Materials Today: Proceedings*. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.02.080>
22. Dyuryagina, A. N., Lutsenko, A. A., Tyukanko, V. Yu. (2019). Study of the disperse effect of polymeric surface-active substances in acrylic dispersions used for painting oil well armature. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering*, 330 (8), 37–44. <https://doi.org/10.18799/24131830/2019/8/2210>
23. Ostrovnoy, K., Dyuryagina, A., Demyanenko, A., Tyukanko, V. (2021). Optimization of titanium dioxide wetting in alkyd paint and varnish materials in the presence of surfactants. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (6 (112)), 41–50. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.237879>

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.304721
ASSESSING THE STABILITY OF PROTECTIVE STRUCTURES IN PREPARATORY MINING WORKINGS UNDER CONDITIONS OF STATIC LOAD (p. 57–68)

Daria Chepiga

Donetsk National Technical University, Luts'k, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3331-9128>

Serhii Podkopaiev

Donetsk National Technical University, Luts'k, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3258-9601>

Oleksiy Kayun

State Enterprise SELIDOVUGOL,
 Novogrodivka, Donetsk region, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-6370-585X>

Anatolii Bielikov

Ukrainian State University of Science and Technologies,
 NNI «Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering
 and Architecture», Dnipro, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5822-9682>

Yevgen Podkopayev

LLC MC ELTEKO, Kostyantynivka, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-2217-3017>

Oleksandr Kipko

Donetsk National Technical University, Luts'k, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-2093-9634>

Olha Pidhurna

Svyato-Pokrovska No. 3 Mine Limited Liability
 Company, Pokrovsk, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1844-1037>

The object of this study is the deformation processes in protective structures under the action of static load in the coal massif in order to preserve the integrity of the side rocks and the operational condition of mine workings. Under laboratory conditions, the deformation characteristics of rigid and flexible protective structures, as well as supports made of crushed rock, were studied on experimental samples. The samples were subjected to uniaxial compression. It was established that there is a functional relationship between the coefficient of transverse deformation ν and the relative change in the volume δV of protection structures, which makes it possible to estimate their bearing capacity. For rigid protection structures (coal pillars, cast strip, cement blocks, blocks of reinforced concrete bollards, bundles of wooden racks), the deformed state of the structures determines their behavior. This happens at values of $\nu=0.3-0.5$ and $\delta V \leq 0.09$. Their stability is fixed within the safe

deformation resource. An increase in the deformation energy density of such structures beyond the safe deformation resource leads to their destruction due to a change in shape. For flexible protection structures (bundles of wooden racks, rolling bundles made of wooden sleepers), which have a transverse deformation coefficient $\nu=0.02$, at a relative change in volume $\delta V \leq 0.3$, the compaction of structures is observed. Increasing their stiffness allows limiting the convergence of side rocks.

For a support made of crushed rock, at $\nu=0.25-0.32$ and a relative volume change of $0.12 \leq \delta V \leq 0.32$, its compaction and increase in resistance occur. Under such conditions, the convergence of side rocks is limited. In order to preserve the integrity of the lateral and operational condition of preparatory workings in the excavation areas of coal mines, it is advisable to use flexible protective structures made of wood or supports made of crushed rock.

Keywords: coal massif, preparatory workings, protective structures, lateral rocks, static load.

References

1. Zhukov, V. E. (2001). Ob odnoy strategicheskoy oshibke v razreshenii problemy razrabotki krutykh plastov. *Ugol' Ukrainy*, 7, 6–10.
2. Iordanov, I., Buleha, I., Bachurina, Y., Boichenko, H., Dovgal, V., Kayun, O. et al. (2021). Experimental research on the haulage drifts stability in steeply dipping seams. *Mining of Mineral Deposits*, 15 (4), 56–67. <https://doi.org/10.33271/mining15.04.056>
3. Sakhno, I. G., Sakhno, S. V., Kamenets, V. I. (2022). Stress environment around head entries with pillarless gobside entry retaining through numerical simulation incorporating the two type of filling wall. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1049 (1), 012011. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1049/1/012011>
4. Nehrii, S., Nehrii, T., Zolotarova, O., Aben, K., Yussupov, K. (2021). Determination of the parameters of local reinforced zones under the protection means. *E3S Web of Conferences*, 280, 08018. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202128008018>
5. Galvin, J. M. (2016). *Ground Engineering - Principles and Practices for Underground Coal Mining*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-25005-2>
6. Bachurin, L., Iordanov, I., Kohtieva, O., Dovgal, V., Boichenko, H., Bachurina, Y. et al. (2021). Estimation of stability of roadways surrounding rocks in a coal-rock stratum considering a deformation characteristics of secondary support structures. *JOURNAL of Donetsk Mining Institute*, 1, 64–74. <https://doi.org/10.31474/1999-981x-2021-1-64-74>
7. Petlovanyi, M., Malashkevych, D., Sai, K., Zubko, S. (2020). Research into balance of rocks and underground cavities formation in the coal mine flowsheet when mining thin seams. *Mining of Mineral Deposits*, 14 (4), 66–81. <https://doi.org/10.33271/mining14.04.066>
8. Chepiga, D., Bessarab, I., Hnatiuk, V., Tkachuk, O., Kipko, O., Podkopaiev, S. (2023). Deformation as a process to transform shape and volume of protective structures of the development mine workings during coal-rock mass off-loading. *Mining of Mineral Deposits*, 17 (4), 1–11. <https://doi.org/10.33271/mining17.04.001>
9. Tkachuk, O., Chepiga, D., Pakhomov, S., Volkov, S., Liashok, Y., Bachurina, Y. et al. (2023). Evaluation of the effectiveness of secondary support of haulage drifts based on a comparative analysis of the deformation characteristics of protective structures. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (1 (122)), 73–81. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.272454>
10. Nasonov, I. D. (1978). *Modelirovanie gornyh protsessov*. Moscow: Nedra, 256.
11. Stupnik, M., Kalinichenko, V., Pysmennyi, S., Fedko, M., Kalinichenko, O. (2016). Method of simulating rock mass stability in laboratory conditions using equivalent materials. *Mining of Mineral Deposits*, 10 (3), 46–51. <https://doi.org/10.15407/mining10.03.046>

12. Podkopaiev, S., Gogo, V., Yefremov, I., Kipko, O., Iordanov, I., Simonova, Y. (2019). Phenomena of stability of the coal seam roof with a yielding support. *Mining of Mineral Deposits*, 13 (4), 28–41. <https://doi.org/10.33271/mining13.04.028>
13. Erasov, V. S., Oreshko, E. I. (2018). Poisson Ratio And Poisson Force. *Aviation Materials and Technologies*, 4, 79–86. <https://doi.org/10.18577/2071-9140-2018-0-4-79-86>
14. Doroshenko, S., Saenko, I., Nevzorov, A. (2016). Determination of soil Poisson's ratio based on numerical simulation of laboratory test. *PNRPU Construction and Architecture Bulletin*, 7 (2), 60–68. <https://doi.org/10.15593/2224-9826/2016.2.06>
15. Iordanov, I., Novikova, Y., Simonova, Y., Yefremov, O., Podkopayev, Y., Korol, A. (2020). Experimental characteristics for deformation properties of backfill mass. *Mining of Mineral Deposits*, 14 (3), 119–127. <https://doi.org/10.33271/mining14.03.119>
16. Meshkov, Yu. Ya. (2001). The Concept of a Critical Density of Energy in Models of Fracture of Solids. *Uspehi Fiziki Metallov*, 2 (1), 7–50. <https://doi.org/10.15407/ufm.02.01.007>
17. Stupishin, L. Yu. (2011). Variatsionniy kriteriy kriticheskikh urovney vnutrenney energii deformiruemogo tela. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*, 8, 21–23.
18. Stupishin, L. (2014). Variational Criteria for Critical Levels of Internal Energy of a Deformable Solids. *Applied Mechanics and Materials*, 578-579, 1584–1587. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amm.578-579.1584>
19. Dekking, F. M., Kraaikamp, C., Lopuhaä, H. P., Meester, L. E. (2005). A Modern Introduction to Probability and Statistics. In Springer Texts in Statistics. Springer London. <https://doi.org/10.1007/1-84628-168-7>
20. Erasov, V. S., Oreshko, E. I. (2016). Deformation and destruction as processes of change of volume, the areas of a surface and the linear sizes in loaded bodies. *Proceedings of VIAM*, 8. <https://doi.org/10.18577/2307-6046-2016-0-8-11-11>
21. Podkopayev, Y. (2021). Evaluation of stability of rolling straps of steel coal layers with the way of protection by wooden fire. *Scientific Papers of DONNTU Series: «The Mining and Geology»*, 1 (25)–2 (26), 52–63. [https://doi.org/10.31474/2073-9575-2021-1\(25\)-2\(26\)-52-63](https://doi.org/10.31474/2073-9575-2021-1(25)-2(26)-52-63)

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.306181
REVEALING THE INFLUENCE OF WIND VORTEX SHEDDING ON THE STRESSED-STRAINED STATE OF STEEL TOWER STRUCTURES WITH SOLID CROSS-SECTION (p. 69–79)

Valerii Nuzhnyi

Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0400-3204>

Serhiy Bilyk

Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8783-5892>

This work investigated the effect of vortex shedding during the action of wind on tower structures with a solid cross-section. Failure to take into account this influence, together with the manifestation of the phenomena of physical wear of structures during long-term operation, can lead to building accidents. The object of the research are tower structures with a solid cross-section, which are widely used in modern infrastructure – advertising pylons with a transparent advertising structure with a height of about 12, 22, 25 m, and a flagpole with a height of 48 m. The most frequent manifestations of oscillations according to the first natural frequency and shape have

been considered, which occur even with moderate winds and when a large number of oscillation cycles occur. In this work, the number of oscillating cycles per year was determined and estimated based on the archive of meteorological observations. It was found that the number of oscillating cycles due to the action of wind excitation for the example of the structures under study is from 2.6 to 14.4 million per year, which requires the mandatory limitation of stresses in the parts of structures during the design to enable their durability. The magnitude of forces from vortex shedding for the studied structures ranges from 2.9 to 43.5 % of the forces caused by the influence of the frontal wind, depending on the height of the structure. Thus, it was found that the influence of vortex shedding is very insignificant for structures up to 12–15 m high and increases for structures 20 m and higher. Rational forms of the cross-sections of structures were established to reduce the influence of vortex shedding – these are cross-sections of a circular and a cross-section close to it. In a general formulation, these are sections for which peak stresses relative to forces in one plane fall into the neutral zone for stresses from forces in another plane. Recommendations have been also given on the simultaneous consideration of forces from the action of frontal wind on the structure and vortex shedding since both manifestations of wind action on tower structures cannot be separated.

Keywords: tower structures, wind dynamics, vortex shedding, endurance calculation, natural frequency.

References

1. Bilyk, S., Tonkacheiev, H., Bilyk, A., Tonkacheiev, V. (2020). Tall von-Mises trusses' skew-symmetric deformation. *Strength of Materials and Theory of Structures*, 105, 114–126. <https://doi.org/10.32347/2410-2547.2020.105.114-126>
2. Bilyk, S., Tonkacheiev, V. (2018). Determining sloped-load limits inside von Mises truss with elastic support. *Materiali in Tehnologije*, 52 (2), 105–109. <https://doi.org/10.17222/mit.2016.083>
3. Bilyk, S., Bilyk, A., Tonkacheiev, V. (2022). The stability of low-pitched von Mises trusses with horizontal elastic supports. *Strength of Materials and Theory of Structures*, 108, 131–144. <https://doi.org/10.32347/2410-2547.2022.108.131-144>
4. Shugaylo, O., Bilyk, S. (2022). Impact of Changes in Process Conditions for Operation of Steel Support Structures of Nuclear Power Plant Equipment and Piping on Their Seismic Resistance. *Nuclear and Radiation Safety*, 1 (93), 62–70. [https://doi.org/10.32918/nrs.2021.1\(93\).07](https://doi.org/10.32918/nrs.2021.1(93).07)
5. Shugaylo, O., Bilyk, S. (2023). Development of Safety Assessment Methods for Steel Support Structures of Nuclear Power Plant Equipment and Piping under Seismic Loads. *Nuclear and Radiation Safety*, 1 (97), 20–29. [https://doi.org/10.32918/nrs.2023.1\(97\).03](https://doi.org/10.32918/nrs.2023.1(97).03)
6. Shugaylo, O., Bilyk, S. (2022). Research of the Stress-Strain State for Steel Support Structures of Nuclear Power Plant Components under Seismic Loads. *Nuclear and Radiation Safety*, 3 (95), 15–26. [https://doi.org/10.32918/nrs.2022.3\(95\).02](https://doi.org/10.32918/nrs.2022.3(95).02)
7. Giosan, I., Eng, P. (2007). Vortex Shedding Induced Loads on Free Standing Structures. *Structural Vortex Shedding Response Estimation Methodology and Finite Element Simulation*. Available at: https://www.fem.unicamp.br/~phoenics/EM974/PROJETOS/PROJETOS%20SEM-13/G1%20CYLINDER%20VORTEX%20SHEDDING/RefBibliograficas/Outras/vortex_shedding.pdf
8. Youssef, M., Tödter, S., Neugebauer, J., el Moctar, O., Schellin, T. E. (2020). Experimental Investigation of Tip Vortex Influence on VIV of a Circular Cylinder at High Reynolds Numbers. Volume 6A: *Ocean Engineering*. <https://doi.org/10.1115/omae2020-19133>
9. Qin, W., Shi, J., Yang, X., Xie, J., Zuo, S. (2022). Characteristics of wind loads on Twin-Tower structure in comparison with single tower. *Engineering Structures*, 251, 112780. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2021.112780>

10. Jeyamohan, K., Bandara, C. S., Jayasinghe, J. A. S. C. (2022). Vortex Shedding-Induced Fatigue Analysis for High-Mast Lighting Towers. 12th International Conference on Structural Engineering and Construction Management, 83–94. https://doi.org/10.1007/978-981-19-2886-4_6
11. Li, Z., Wang, Z., Li, J., Liu, S. (2023). Experimental Study on Vortex-Induced Vibration of Steel Tubes in Transmission Towers at Various Inflow Conditions. Buildings, 13 (1), 252. <https://doi.org/10.3390/buildings13010252>
12. Mendis, P., Fernando, S., Holmes, J., Gunawardena, T., Abu-Zidan, Y., Dias, P. (2018). Wind induced fatigue analysis of Lotus Tower Mast. Conference: Australasian Wind Engineering Society Workshop. Victoria. Available at: https://www.researchgate.net/publication/324245003_Wind_induced_fatigue_analysis_of_Lotus_Tower_Mast
13. Vieira, D., Barros, R. (2017). Tubular steel lattice telecommunication towers, subjected to wind loading and vortex shedding. Proceedings of the 6th International Conference on Computational Methods in Structural Dynamics and Earthquake Engineering (COMPdyn 2015). <https://doi.org/10.7712/120117.5635.20402>
14. Nunez-Casado, C., Lopez-Garcia, O., De Las Heras, E. G., Cuerva-Tejero, A., Gallego-Castillo, C. (2017). Assembly strategies of wind turbine towers for minimum fatigue damage. Wind and Structures, 25 (6), 569–588. <https://doi.org/10.12989/was.2017.25.6.569>
15. Rakočević, M., Popović, S. (2018). Calculation procedure for determining wind action from vortex-induced vibration with verification of fatigue strength of steel structures. GRADEVINAR, 70 (2018) 9, 793–809. <https://doi.org/10.14256/jce.2125.2017>
16. Krishnappa, L., Sander, A., Thoben, K.-D. (2022). Aerodynamic Devices to Reduce/Suppress Vortex Induced Vibrations on a Wind Turbine Tower: A Review. Journal of Physics: Conference Series, 2265 (3), 032053. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2265/3/032053>
17. Wang, D., Zhao, Z., Liu, Y., Ma, Y., Liu, H., Chen, M. (2023). Study on vortex induced resonance mechanism between tower and blade of large wind turbine. Taiyangneng Xuebao/Acta Energetica Sinica, 44 (10), 306–312. <https://doi.org/10.19912/j.0254-0096.tynxb.2022-0844>
18. Arhiv pogodi. Available at: <https://meteopost.com/>

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.303791
FORECASTING THE CUTTING FORCE IN END MILLING (p. 80–87)

Yuri Petrakov

National Technical University of Ukraine
 «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0525-4769>

Olexander Ohrimenko

National Technical University of Ukraine
 «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5446-6987>

Maksym Gladskiy

National Technical University of Ukraine
 «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4547-7131>

The object of this study is the process of end milling, taking into account the discontinuity of the process, simultaneous cutting with several flutes arranged in a spiral, tool runout, and feedback in the elastic machining system, in particular, for the depth of cutting. The subject of the study is the cutting force and identification of its empirical model. During identification, the cutting force coefficient is automatically determined when matching the theoretical and experimental oscillograms of the cutting force component. The reported results related to forecasting the cutting force at end milling are based

on a mechanistic approach and involve the process modeling method for forecasting. The simulation uses an algorithm for representing the interaction of the cutter flutes workpiece engagement, based on the scan of the cutter according to the rotation angle coordinate. The algorithm makes it possible to identify empirical coefficients and exponents of the cutting force model based on experimental oscillograms of cutting force components. The built model is implemented in an application program and owing to the representation of the machining system in the form of a closed structural diagram, it allows predicting the elastic displacement, which will determine the actual cutting depth. The developed program under an interactive mode using digital files of experimental cutting force components makes it possible to perform model identification and predict cutting force components with an error of 4.6 %. The adequacy of the algorithms was confirmed by measuring the profile of the machined surface in the places where the cutting mode changed with the feed stopped. The developed simulation algorithm makes it possible to take into account the simultaneous cutting by several flutes arranged in a spiral, the runout of the tool, and the feedback in the elastic machining system, in particular, the depth of cutting.

Keywords: cutting force, end milling, digital simulation, empirical model identification.

References

1. CNC Machining For Aerospace Industry: Complete Guide To Know. Available at: <https://waykenrm.com/blogs/cnc-machining-for-aerospace-industry/>
2. Joshi, S. N., Bolar, G. (2020). Influence of End Mill Geometry on Milling Force and Surface Integrity While Machining Low Rigidity Parts. Journal of The Institution of Engineers (India): Series C, 102 (6), 1503–1511. <https://doi.org/10.1007/s40032-020-00608-0>
3. Altintas, Y. (2012). Manufacturing Automation. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/cbo9780511843723>
4. Perez, H., Diez, E., Marquez, J. J., Vizan, A. (2013). An enhanced method for cutting force estimation in peripheral milling. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 69 (5-8), 1731–1741. <https://doi.org/10.1007/s00170-013-5153-0>
5. Liu, S., Jin, S. (2020). Predicting milling force variation in time and space domain for multi-toothed face milling. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 108 (7-8), 2269–2283. <https://doi.org/10.1007/s00170-020-05319-5>
6. Janota, M., Kolar, P., Sulitka, M. (2019). Operational method for identification of specific cutting force during milling. MM Science Journal, 2019 (04), 3250–3257. https://doi.org/10.17973/mmsj.2019_11_2019078
7. Duan, Z., Li, C., Ding, W., Zhang, Y., Yang, M., Gao, T., Cao, H. et al. (2021). Milling Force Model for Aviation Aluminum Alloy: Academic Insight and Perspective Analysis. Chinese Journal of Mechanical Engineering, 34 (1). <https://doi.org/10.1186/s10033-021-00536-9>
8. Kaneko, K., Shimizu, J., Shirase, K. (2022). A Voxel-Based End Milling Simulation Method to Analyze the Elastic Deformation of a Workpiece. Journal of Manufacturing Science and Engineering, 145 (1). <https://doi.org/10.1115/1.4055794>
9. Denkena, B., Dahlmann, D., Boujnah, H. (2017). Tool Deflection Control by a Sensory Spindle Slide for Milling Machine Tools. Procedia CIRP, 62, 329–334. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.06.059>
10. Petrakov, Y., Romanov, Y. (2023). Ensuring accuracy of contour milling on CNC machines. Mechanics and Advanced Technologies, 7 (1), 51–60. <https://doi.org/10.20535/2521-1943.2023.7.1.276162>
11. Nishida, I., Okumura, R., Sato, R., Shirase, K. (2018). Cutting Force and Finish Surface Simulation of End Milling Operation in Consideration of Static Tool Deflection by Using Voxel Model. Procedia CIRP, 77, 574–577. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2018.08.218>

12. Petrakov, Y., Ohrimenko, O., Sikailo, M. (2023). Ensuring the stability of machining when using end mills. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (1 (125)), 73–80. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.287009>
13. Mamedov, A., Layegh K., S. E., Lazoglu, I. (2013). Machining Forces and Tool Deflections in Micro Milling. *Procedia CIRP*, 8, 147–151. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2013.06.080>
14. Kaneko, K., Inui, M., Nishida, I. (2023). Fast simulation of machining error induced by elastic deformation of tool system in end milling. *Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing*, 17 (3), JAMDSM0035–JAMDSM0035. <https://doi.org/10.1299/jamdsm.2023jamdsm0035>
15. Zhou, L., Yang, C., Peng, F., Yan, R., Deng, B., Liu, M. (2018). Prediction of flexible cutting forces and tool deflections for general micro end mill considering tool run-out and deflection feedback. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 96 (1-4), 1415–1428. <https://doi.org/10.1007/s00170-018-1693-7>
16. Petrakov, Y., Okhrimenko, O., Sikailo, M., Myhovich, A. (2023). Cutting Forces Simulation for End Milling. *Journal of Engineering Sciences*, 10 (2), A27–A33. [https://doi.org/10.21272/jes.2023.10\(2\).a4](https://doi.org/10.21272/jes.2023.10(2).a4)
17. Cai, H., Mao, X., Li, B., Luo, B. (2014). Estimation of FRFs of machine tools in output-only modal analysis. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 77 (1-4), 117–130. <https://doi.org/10.1007/s00170-014-6439-6>
18. Machining handbook: the companion for every machining professional. Available at: <https://www.hoffmann-group.com/GB/en/houk/know-how/machining-handbook/e/61245/>
19. Saffar, R. J., Razfar, M. R. (2010). Simulation of end milling operation for predicting cutting forces to minimize tool deflection by genetic algorithm. *Machining Science and Technology*, 14 (1), 81–101. <https://doi.org/10.1080/10910340903586483>

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.304807
DETERMINING THE INFLUENCE OF COMPACTION METHODS ON THE PHYSICAL-MECHANICAL PROPERTIES OF ASPHALT CONCRETE SAMPLES (p. 88–95)

Serhiy Chuguyenko

Kharkiv National Automobile and Highway University, Kharkiv, Ukraine
 «RADIAL Engineering» LLC, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6802-5587>

Rami Hamad

«RADIAL Engineering» LLC, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-5071-8087>

Denys Kipnis

State Enterprise «Dorcentr», Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3387-6581>

Maksym Minchenko

«RADIAL Engineering» LLC, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-2593-702X>

The object of this study is the compaction methods of asphalt mixtures under laboratory conditions.

The experience of determining the physical properties of coarse-grained asphalt concretes taken from the layers of the road pavement structure shows that their values do not correspond to those of the samples obtained by laboratory compaction using the pressing method. In 90 % of cases, the density of cores exceeds the density of laboratory samples while the indicators of void content and water saturation are significantly lower than for laboratory samples. The compressive strength indicators of asphalt concrete are almost

independent of compaction methods and are not very informative. All of the above leads to the conclusion that the methods of laboratory compaction by pressing do not meet modern requirements.

Low values of water saturation and void content of cores and laboratory samples compacted with a gyrator allow us to argue about outdated approaches to the design of grain compositions of asphalt concrete. Low-informative indicators of compressive strength indicate the need to use other mechanical characteristics that will make it possible to predict the properties of asphalt concrete in the pavement, for example, rutting resistance. As a summary, template solutions in the design of asphalt concrete warehouses and physical and mechanical characteristics are necessary only to establish compliance with the requirements of regulatory documents.

The current work shows that it is almost impossible to predict the properties of asphalt concrete based on laboratory samples obtained by pressing.

All this leads to the need to change the regulatory framework, which is possible by using regulatory documents of the countries in the European Union and the United States of America.

Keywords: compaction method, rutting resistance, compressive strength, void content, water saturation of asphalt concrete.

References

1. Hu, W., Jia, X., Huang, B., Park, H. (2017). Evaluation of compactability of asphalt mixture utilizing asphalt vibratory compactor. *Construction and Building Materials*, 139, 419–429. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.02.070>
2. Tarefder, R. A., Ahmad, M. (2016). Effect of compaction procedure on air void structure of asphalt concrete. *Measurement*, 90, 151–157. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2016.04.054>
3. Huber, G. History of asphalt mix design in North America, Part 1. Available at: <http://asphaltmagazine.com/history-of-asphalt-mix-design-in-north-america-part-1/>
4. EN 12697-30:2018. Bituminous mixtures – Test methods – Part 30: Specimen preparation by impact compactor. Available at: <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/cen/9728dcfe-4137-454b-8765-63a37932df62/en-12697-30-2018>
5. ASTM D6926-04. Standard Practice for Preparation of Bituminous Specimens using Marshall Apparatus.
6. Duriez, M., Arrambide, J. (1964). *Nouveaux traite des materiaux des constructions*. Vol. 3. Paris: Dunod, 1543.
7. Zhdaniuk, V., Volovyk, O., Kostin, D., Lisovin, S. (2021). An investigation of the effect of thermoplastic additives in asphalt concrete mixtures on the properties of different types of asphalt concrete. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (6 (110)), 61–70. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.227806>
8. Pyrig, Y., Galkin, A., Oksak, S., Ilin, I., Shyika, Y. (2022). Influence of Rejuvenator on the Properties of Bitumen and Asphalt Concrete. *Key Engineering Materials*, 938, 225–233. <https://doi.org/10.4028/p-b11x6t>
9. Tipton, R. A. (1993). A study of California kneading compactors ability to optimise angular aggregate particle orientation and interlock of large stone asphalt mixes in Montana. Montana State University. Available at: <https://studylib.net/doc/13510379/a-study-of-california-kneading-compactors-ability-to-opti>
10. Abo-Qudais, S., Qudah, M. (2007). Effect of compaction method on bituminous mixtures voids distribution and magnitude. *Advanced Characterisation of Pavement and Soil Engineering Materials – Proceedings of the International Conference on Advanced Characterisation of Pavement and Soil Engineering Materials*, 817–829. Available at: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84858063707&partnerID=40&md5=40ae177e7e9176c66547ee641cddb97>
11. Harman, T., Bukowski, J. R., Moutier, F., Huber, G., McGennis, R. (2002). History and Future Challenges of Gyratory Compaction:

- 1939 to 2001. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1789 (1), 200–207. <https://doi.org/10.3141/1789-22>
12. Development and Performance Prediction of Idaho Superpave Mixes (2004). National Institute for Advanced Transportation Technology. Available at: https://www.webpages.uidaho.edu/niatt/research/Final_Reports/KLK464-N06-08.pdf
13. Bi, Y., Huang, J., Pei, J., Zhang, J., Guo, F., Li, R. (2021). Compaction characteristics assessment of Hot-Mix asphalt mixture using Superpave gyratory compaction and Stribeck curve method. *Construction and Building Materials*, 285, 122874. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.122874>
14. EN 12697-31:2019. Bituminous mixtures – Test methods – Part 31: Specimen preparation by gyratory compactor. Available at: <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/cen/ab0e065c-37a0-4f6e-8f6e-e7465859eaa1/en-12697-31-2019>
15. Oliveira, M. F., Bessa, I. S., Vasconcelos, R. R., Vasconcelos, K. L., Bernucci, L. L. B. (2021). A new approach to laboratory roller compaction method and its influence on surface texture and permanent deformation of asphalt mixtures. *International Journal of Pavement Engineering*, 23 (11), 3867–3878. <https://doi.org/10.1080/10298436.2021.1924377>
16. Doyle, J. D., Howard, I. L. (2011). *Linear Asphalt Compactor. Operator's manual*. Oak Ridge National Laboratory.
17. Muniandy, R., Jakarni, F. M., Hassim, S., Mahmud, A. R. (2007). Development of Criteria for Slab Compaction of Laboratory Roller Compactor (Turamesin). *American Journal of Applied Sciences*, 4 (11), 908–911. <https://doi.org/10.3844/ajassp.2007.908.911>
18. Bijleveld, F. R., Miller, S. R., de Bondt, A. H., Dorée, A. G. (2015). Aligning laboratory and field compaction practices for asphalt – the influence of compaction temperature on mechanical properties. *International Journal of Pavement Engineering*, 17 (8), 727–740. <https://doi.org/10.1080/10298436.2015.1019494>
19. Zhao, X., Niu, D., Zhang, P., Niu, Y., Xia, H., Liu, P. (2022). Macro-meso multiscale analysis of asphalt concrete in different laboratory compaction methods and field compaction. *Construction and Building Materials*, 361, 129607. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.129607>
20. EN 12697-33:2003+A1:2007. Bituminous mixtures – Test methods for hot mix asphalt – Part 33: Specimen prepared by roller compactor. Available at: <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/cen/8c67ff09-b50c-4a37-bdb5-3ac26b6fcf4a/en-12697-33-2003a1-2007>
21. Mozghovyi, V. V., Onyshchenko, A. M., Olkhovyi, B. Y., Oproshchenko, I. O., Kutsman, O. M., Baran, S. A., Riznichenko, O. S. (2016). The assessment of durability of asphalt pavement asphalt through the test for resistance to permanent deformation accumulation. *Visnyk Natsionalnoho transportnoho universytetu*, 34, 283–293. Available at: http://publications.ntu.edu.ua/visnyk/34_2016/283-293.pdf
22. Zolotaryov, V., Ilin, Y., Kipnis, D., Ekimov, V. (2022). The problem of optimizing laboratory compaction of asphalt concrete mixtures. *Avtoshliakhovyk Ukrainy*, 2 (270), 47–55. <https://doi.org/10.33868/0365-8392-2022-2-270-47-55>
23. EN 12697-22:2020. Bituminous mixtures – Test methods – Part 22: Wheel tracking. Available at: <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/cen/4442b66e-a324-4503-880a-ee4342064693/en-12697-22-2020>

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.303472

ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ІНТЕНСИВНОСТІ ІНФРАЧЕРВОНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ ВИХЛОПНОГО ТРАКТУ ГАЗОТУРБІННОГО ДВИГУНА ТВ3-117 ВЕРТОЛЬОТА МІ-8МСБ-Б (с. 6–13)

М. І. Кінащук, І. Ф. Кінащук

Об'єктом дослідження є екранно-вихлопний пристрій у складі двигуна ТВ3-117 вертольота Мі-8МСБ-Б.

Для зменшення помітності в тепловому діапазоні застосовується система змішування гарячих вихлопних газів двигуна з навколишнім повітрям, цей спосіб дозволяє зменшити інфрачервоне випромінювання двигунів. З цієї метою був створений новий зразок екранно-вихлопного пристрою для проведення випробовувань.

Проведено дослідження тепловізійного обстеження вертольота. Отримано три варіанти тепловізійних зображень: вертоліт без встановлення системи зменшення теплової видимості, вертоліт із встановленими стандартними екранно-вихлопними пристроями та вертоліт із встановленими екранно-вихлопними пристроями нової розробки. На основі отриманих експериментальних результатів визначено характеристики інтенсивності інфрачервоного випромінювання для трьох варіантів досліджень в діапазоні теплових хвиль 3–5 мкм. У дослідженні застосовано комплексний підхід до вирішення поставлених завдань, що включає статистичний аналіз відомих і перспективних способів захисту вертольота від керованих ракет з інфрачервоними головками самонаведення на основі знижених радіаційних сил і теоретичний метод розрахунку полів потоку і температури. Експериментально доведено переваги розміщення секції вихлопного каналу спроектованого екранно-вихлопного пристрою в горизонтальній площині для повного екранування інфрачервоного випромінювання в нижній півкулі. Показано переваги направлення потоку вихлопних газів від екранно-вихлопного пристрою в простір над гвинтом вертольота та поділ цього потоку на чотири окремі потоки. Результати експериментальних досліджень можуть бути використані при розробці нових або вдосконаленні існуючих екранно-вихлопних пристроїв розробниками військової авіації.

Ключові слова: газотурбінний двигун, екранно-вихлопний пристрій, тепла помітність, інтенсивність інфрачервоного випромінювання.

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.303639

РОЗРОБКА СПОСОБУ СПУСКУ ОСВІТЛЮВАЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ (с. 14–24)

В. І. Макеєв, А. Й. Дерев'янчук, А. О. Вакал, М. М. Ляпа

Об'єктом дослідження є процес спуску освітлювальних елементів, оснащених гальмівним пристроєм у вигляді двох лопатевих решіток, що обертаються в різному напрямку. Класичний парашутний спосіб не забезпечує необхідної швидкості спуску, має низькі параметри освітлення і значний знос освітлювальних елементів боковим вітром.

Для вирішення поставлених задач отримано математичні залежності для розрахунку аеродинамічних характеристик спускного апарата з освітлювальним елементом та його доставки до точки викидання. Методом чисельного моделювання визначено коефіцієнти лобового опору та піднімальної сили при обтіканні лопатей двороторної крильчатки з різними числами Рейнольдса на базі програмного комплексу ANSYS CFX. Визначено оптимальні геометричні характеристики профілю, що задовольняють умови необхідної швидкості опускання освітлювального елемента при заданій вазі спускного апарата.

Обґрунтовані вимоги до параметрів освітленості та запропоновано покращений склад освітлювального факела.

Розроблена математична модель руху тіла змінної маси до точки викидання освітлювального елемента.

Нова конструкція спускного апарата дозволяє знизити швидкість зниження на 10–15 % і збільшити вагу корисного навантаження на 20–30 %. Запропонований освітлювальний склад забезпечує достатнє освітлення об'єкта протягом 5 хвилин з силою світла 2–2,5 млн. кандел і середнім діаметром освітленої місцевості 2000–2500 м. Математична модель руху тіла змінної маси до точки викидання освітлювального елемента дозволяє визначати з високою точністю установки для стрільби освітлювальними боеприпасами (на 30–40 % точніше) і час викидання освітлювальних елементів.

Результати дослідження дозволяють вирішити наукову проблему із забезпечення максимальної ефективності освітлення місцевості вночі.

Ключові слова: сила опору, двороторна крильчатка, швидкість опускання, час освітлення, сила світла, радіус освітлення.

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.303792

ОБґРУНТУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНОЇ ФОРМИ РОБОЧОГО ОРГАНУ БАРАБАННОГО ТИПУ ДЛЯ ПОВЕРХНЕВОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ (с. 25–32)

А. В. Несвідоміч, С. Ф. Пилипака, З. В. Ружи́ло, Т. М. Во́ліна, Ю. О. Лянно́й, С. І. Ботвіно́вська, І. О. Захарова, Л. Г. Савченко, О. С. Савченко, І. О. Рибенко

Робочі органи сільськогосподарських знарядь мають мінімізувати опір переміщенню. Розглянуто форму криволінійного зуба, який закріплений між двома циліндричними дисками. Декілька таких секцій на валу утворюють барабан, подібний до борончастого котка або голчастої борони. При перекочуванні зуб занурюється в ґрунт з наступним його розпушуванням. Проблема полягала в тому, щоб знайти таку форму зуба, яка б на першому етапі занурення в ґрунт максимально ковзала по ньому з мінімальною його деформацією, а на другому – виважувала його і перевертала.

Об'єктом дослідження є робочий орган барабанного типу. Було проаналізовано роботу прямолінійного зуба з його трансформацією у криволінійний. В результаті такого аналізу і подальшого пошуку було отримано раціональну форму ґрунтообробного робочого органу барабанного типу на предмет зменшення опору при його заглибленні у ґрунт. Такою кривою виявилася евольвента кола. Для зуба у формі евольвенти кола є особливість: в момент контакту зуба із ґрунтом вектор абсолютної швидкості спрямований

перпендикулярно до нього. Отриманий результат пояснюється тим, що по мірі перекочування дисків зуб занурюється в ґрунт, причому точка входу залишається незмінною, а сам зуб ковзає практично сам вздовж себе, особливо у верхніх шарах ґрунту. У відомих робочих органах їх криволінійна форма була підібрана експериментальним шляхом. Пропонована ж форма робочого органу отримана аналітично. Для зменшення опору входження зуба у ґрунт важливе значення має співвідношення глибини обробітку до радіуса барабана. Занурення леза на всю глибину має відповідати 30° повороту барабана. Після занурення на максимальну глибину він починає виважувати ґрунт на поверхню або розпушувати його. Сферою застосування такої форми зуба може бути удосконалення робочих органів ґрунтообробних знарядь.

Ключові слова: енергомісткість входження в ґрунт, форма зуба, найменший опір, евольвента кола.

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.304127

ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ УДАРНО-РОЗКИДАЮЧОГО ПАЛЬЦЕВОГО ВАЛУ ДЛЯ ПОДРІБНЮВАЧА-ЗМІШУВАЧА-СУШАРКИ НА ПРИКЛАДІ ЯЄЧНОЇ ШКАРАЛУПИ (с. 33–44)

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

Об'єктом дослідження є визначення критичної швидкості удару при руйнуванні шкаралупи, визначення тріщиноутворення у шкаралупі та подрібнення шкаралупи. При роботі подрібнювача-змішувача-сушарки зустрічаються такі проблеми як визначення швидкості удару по шкаралупі залежно від висоти її падіння, відсутність можливості визначення швидкості падіння шкаралупи з певних висот, що ускладнює планування роботи пальцевого валу. В результаті досліджень було встановлено, що шнек з ножами подрібнює та переміщує кормову сировину, а ударно-розкидаючий вал забезпечує часткове подрібнення крихкої сировини та інтенсивний перебіг процесів змішування та сушіння вологих кормів з рівномірним заповненням бункера установки. Дослідним шляхом зафіксовано появу тріщин на шкаралупі при її падінні з висоти 0,15 м. Тому дана швидкість удару шкаралупи об металеву поверхню є критичною окружною швидкістю ударно-розкидаючого валу, що забезпечує часткове подрібнення шкаралупи. В результаті теоретичних досліджень отримано аналітичний вираз, що дозволяє визначити швидкість удару шкаралупи залежно від висоти її падіння. Визначено значення критичної окружної швидкості пальців ударно-розкидаючого валу, що дорівнює 1,66 м/с. Результати експериментів показали ефективний перебіг процесів подрібнення, змішування та сушіння. При цьому за 15 хвилин роботи установки волога шкаралупа була подрібнена відповідно до вимог. Однорідність досягла до 90 % за 4–6 хвилин її роботи, а сушіння протікало зі швидкістю 26,54 % на годину. Все це доводить ефективність перебігу процесів подрібнення, змішування та сушіння вологих кормів, а також підтверджує достовірність теоретичних досліджень.

Ключові слова: подрібнювач-змішувач-сушарка, ударно-розкидаючий пальцевий вал, тріщини, руйнівна швидкість, яєчна шкаралупа.

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.304263

ОПТИМІЗАЦІЯ КОНСТРУКЦІЇ ПОЛІЕТИЛЕНОВИХ РОТОФОРМОВАНИХ ЄМНОСТЕЙ ДЛЯ ЗБЕРІГАННЯ РІДКИХ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ МЕТОДОМ ТАГУТІ (с. 45–56)

Vitaliy Tyukanko, Alexandr Demyanenko, Vladislav Semenyuk, Antonina Dyuryagina, Dmitriy Alyoshin, Stanislav Brilkov, Sergey Litvinov, Yulia Byzova

У дослідженні методом скінченних елементів визначено вплив п'яти параметрів (щільність рідкого мінерального добрива (ρ), його температура (T), товщина стінок ємності (L), відстань між ребрами жорсткості (K) та висота ребер жорсткості (h)) на міцність стандартних поліетиленових ротоформованих ємностей, що використовуються для зберігання рідких мінеральних добрив (РМД). За допомогою методу Тагуті встановлено, що дані параметри ранжуються за ступенем їх впливу (в порядку убутання) на: максимальні напруження ($\rho > L > h > T > K$), максимальні напруження в стінках ємності ($\rho > L > K > T > h$) та деформації ємності (для DX/DY : $\rho > L > h > T > K$ та для DZ : $\rho > L > h > K > T$). Проведено перевірку розрахунків на міцність методом МСЕ, що показали задовільну збіжність розрахункових та експериментальних значень. Отримані узагальнені рівняння, що описують вплив всіх п'яти досліджуваних параметрів на P , PW та деформації ємності (за всіма X , Y і Z). На основі отриманих рівнянь побудована номограма, що дозволяє вибрати оптимальну товщину стінок, яка відповідатиме щільності РМД та температурі їх зберігання. Застосування оптимальної товщини стінок забезпечує гарантований термін служби не менше 50 років, зводячи до мінімуму ризик екологічних аварій, викликаних руйнуванням ємностей і потраплянням в ґрунтові води РМД та супутніх токсичних речовин. Дослідження дає цінну інформацію для розробки більш безпечних та довговічних ємностей для зберігання рідких мінеральних добрив. В якості оптимальної конструкції ємності для зберігання найбільш поширеного добрива UAN-32 (карбамідно-аміачна суміш, 32 % азоту) щільністю $1,32 \text{ г/см}^3$ та за температури зберігання до 40°C рекомендуються наступні значення конструктивних параметрів: $L = 10 \text{ мм}$, $K = 38 \text{ мм}$ та $h = 4 \text{ мм}$.

Ключові слова: поліетиленові ємності, метод скінченних елементів, деформації, розрахунок на міцність, метод Тагуті.

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.304721

ОЦІНКА СТІЙКОСТІ ОХОРОННИХ СПОРУД ПІДГОТОВЧИХ ГІРНИЧИХ ВИРОБОК В УМОВАХ СТАТИЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ (с. 57–68)

Д. А. Чепіга, С. В. Подкопаєв, О. П. Каюн, А. С. Беліков, Є. С. Подкопаєв, О. Е. Кіпко, О. Ю. Підгурна

Об'єктом дослідження є деформаційні процеси охоронних споруд при дії статичного навантаження у вуглепородному масиві для збереження цілісності бічних порід та експлуатаційного стану гірничих виробок. В лабораторних умовах на експериментальних зразках досліджувались деформаційні характеристики жорстких та піддатливих охоронних споруд, а також опори із подрібненої породи. Зразки піддавались однобічному стисненню. Встановлено, що між коефіцієнтом поперечної деформації ν і відносною зміною об'єму δV охоронних споруд існує функціональна залежність, яка дозволяє оцінити їх несучу здатність. Для жорстких охоронних споруд (цілики вугілля, літа полоса, цементні блоки, блоки залізобетонних тумб, куці із дерев'яних стійок) деформований стан конструкцій визначає їх поведінку. Це відбувається при значеннях $\nu = 0.3\text{--}0.5$ та $\delta V \leq 0.09$. В межах безпечного деформаційного ресурсу фіксується

їх стійкість. Збільшення щільності енергії деформації таких конструкцій за межами безпечного деформаційного ресурсу призводить до їх руйнування за рахунок формозміни. Для піддатливих охоронних споруд (дерев'яні костри, накатні костри з дерев'яних шпал), які мають коефіцієнт поперечної деформації $\nu=0.02$, при відносній зміні об'єму $\delta V \leq 0.3$ фіксується ущільнення конструкцій. Збільшення їх жорсткості дозволяє обмежити конвергенцію бічних порід.

Для опори із подрібненої породи при $\nu=0.25-0.32$ і відносною зміною об'єму $0.12 \leq \delta V \leq 0.32$ відбувається її ущільнення та зростання опірності. В таких умовах обмежується конвергенція бічних порід. Для збереження цілісності бічних та експлуатаційного стану підготовчих виробок на виймкових дільницях вугільних шахт, доцільно використання піддатливих охоронних споруд із дерева або опор із подрібненої породи.

Ключові слова: вуглепородний масив, підготовчі виробки, охоронні споруди, бічні породи, статичне навантаження.

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.306181

ВИЯВЛЕННЯ ВПЛИВУ ВИХРОВОГО ВІТРОВОГО ЗБУДЖЕННЯ НА НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНИЙ СТАН СТАЛЕВИХ БАШТОВИХ СПОРУД СУЦІЛЬНОГО ПЕРЕРІЗУ (с. 69–79)

В. В. Нужний, С. І. Білик

В роботі досліджувався вплив вихрового збудження при дії вітру на баштові споруди суцільностінчастого перерізу. Не врахування цього впливу разом з проявом явищ фізичного зносу конструкцій при тривалій експлуатації може призводити до аварій споруд. Об'єктом дослідження є баштові споруди із суцільним перерізом, що широко застосовуються в сучасній інфраструктурі – рекламні пілони з світлопрозорою рекламною конструкцією висотами близько 12, 22, 25 м та флагшток висотою 48 м. Розглянуті найбільш часті за проявами коливання за першою власною частотою та формою коливань, які виникають вже при помірних вітрах і відбувається велика кількість коливальних циклів. В цій роботі була визначена та оцінена кількість коливальних циклів на рік на основі архіву метеоспостережень. Виявлено, що кількість коливальних циклів від дії вітрового збудження для прикладу досліджуваних споруд складає від 2,6 до 14,4 млн. на рік, що потребує при проектуванні обов'язкового обмеження напружень в деталях споруд за умов забезпечення їх витривалості. Величина зусиль від вихрового збудження для досліджуваних конструкцій складає від 2,9 до 43,5 % від зусиль, викликаних впливом фронтального вітру залежно від висоти споруди. Таким чином, виявлено, що вплив вихрового збудження дуже не значний для споруд висотою до 12–15 м і зростає для споруд висотою від 20 м і вище. Були встановлені раціональні форми поперечних перерізів споруд для зменшення впливу вихрового збудження – це перерізи круглого та близького до нього перерізу. У загальному формулюванні це такі перерізи, для яких пікові напруження відносно зусиль в одній площині, перепадають на нейтральну зону для напружень від зусиль в іншій площині. Також надані рекомендації щодо одночасного врахування зусиль від дії фронтального вітру на споруду та вихрових зривів, оскільки обидва прояви дії вітру на баштові конструкції не можна відокремлювати.

Ключові слова: баштові споруди, вітрова динаміка, вихрове збудження, розрахунок на витривалість, власна частота.

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.303791

ПРОГНОЗУВАННЯ СИЛИ РІЗАННЯ ПРИ КІНЦЕВОМУ ФРЕЗЕРУВАННІ (с. 80–87)

Ю. В. Петраков, О. А. Охріменко, М. М. Гладський

Об'єктом дослідження є процес кінцевого фрезерування з урахуванням переривчастості процесу, одночасного різання декількома лезами, що розташовані за спіраллю, биття інструменту та зворотних зв'язків в пружній обробній системі, зокрема за глибиною різання. Предметом дослідження є сила різання та ідентифікація її емпіричної моделі. При ідентифікації автоматично визначається коефіцієнт сили різання при узгодженні теоретичної та експериментальної осцилограм складової сили різання. Представлені результати прогнозування сили різання при кінцевому фрезеруванні, що базуються на механістичному підході і використовують для прогнозування метод моделювання процесу. Моделювання використовує алгоритм представлення взаємодії лез фрези з заготовкою, що ґрунтується на розгортці фрези за координатою кута повороту. Алгоритм дозволяє ідентифікувати емпіричні коефіцієнти і показники ступеня моделі сили різання за експериментальними осцилограмами складових сили різання. Створена модель втілена в прикладну програму і завдяки представленню обробної системи у вигляді замкненої структурної схеми дозволяє передбачувати пружний зсув, що визначатиме фактичну глибину різання. Створена програма в інтерактивному режимі з використанням цифрових файлів експериментальних складових сили різання дозволяє виконувати ідентифікацію моделі і прогнозувати складові сили різання з похибкою 4,6 %. Адекватність алгоритмів підтверджена вимірами профілю обробленої поверхні в місцях зміни режиму різання з зупинкою подачі. Розроблений алгоритм моделювання дозволяє урахувувати одночасне різання декількома лезами, що розташовані за спіраллю, биття інструменту та зворотні зв'язки в пружній обробній системі, зокрема за глибиною різання.

Ключові слова: сила різання, кінцеве фрезерування, цифрове моделювання, ідентифікація емпіричної моделі.

DOI: 10.15587/1729-4061.2024.304807

ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ МЕТОДІВ УЩІЛЬНЕННЯ НА ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ АСФАЛЬТОБЕТОННИХ ЗРАЗКІВ (с. 88–95)

С. А. Чугуєнко, Р. Хамад, Д. В. Кіппіс, М. С. Мінченко

Об'єкт дослідження – методи ущільнення асфальтобетонних сумішей в лабораторних умовах.

Досвід визначення фізичних властивостей крупнозернистих асфальтобетонів відібраних з шарів конструкції дорожнього одягу показує, що їх значення не відповідають таким для зразків отриманих лабораторним ущільненням методом пресування. У 90 % випадків показник щільності кернів перевищує щільність лабораторних зразків, а показники залишкової пористості та водонасичення значно нижче ніж для лабораторних зразків. Показники міцності асфальтобетонів при стисканні майже не залежать від методів ущільнення та малоінформативні. Усе вище наведене настановує на висновок про невідповідність методів лабораторного ущільнення пресуванням сучасним вимогам.

Низькі значення водонасичення та залишкової пористості кернів і лабораторних зразків ущільнених гіратором дають змогу говорити про застарілі підходи до проектування зернових складів асфальтобетонів. Малоінформативні показники міцності при стисканні свідчать про необхідність використання інших механічних характеристик, що дозволять прогнозувати властивості асфальтобетонів у покритті, наприклад колієстійкість. Як підсумок, шаблонні рішення при проектуванні складів асфальтобетонів та фізико-механічні характеристики які необхідні тільки для встановлення відповідності вимогам нормативних документів.

В роботі показано, що прогнозування властивостей асфальтобетонів за лабораторними зразками отриманими шляхом пресування майже неможливе.

Все це призводить до необхідності зміни нормативної бази, що можливе шляхом використання нормативних документів країн Європейського Союзу та Сполучених Штатів Америки.

Ключові слова: метод ущільнення, колієстійкість, міцність при стисканні, залишкова пористість, водонасичення асфальтобетону.