



MECHANICS

DOI: 10.15587/2706-5448.2021.235397

RESEARCH OF ANSYS AUTODYN CAPABILITIES IN EVALUATING THE LANDMINE BLAST RESISTANCE OF SPECIALIZED ARMORED VEHICLES

pages 6–15

Sergii Shlyk, PhD, Associate Professor, Department of Manufacturing Engineering, Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University, Kremenchuk, Ukraine, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9422-1637>, e-mail: svshlyk@gmail.com

The object of research is the processes of pulse explosive loading in an explicit formulation for simulation of complex nonlinear dynamics of solids, gases, and their interactions. One of the most problematic areas of modern studies of nonlinear dynamic loads of materials using a numerical analysis is that such studies usually do not take into account the characteristic transition of the stationary deformation zone of the loaded material to the unsteady one and the front pressure and shockwave velocity variation by time.

The work is aimed at developing a mathematical model of a pulsed load of materials by a shockwave, developing a mathematical apparatus for calculating the parameters of a shockwave, creating analytical dependences of the interaction of a shockwave with a loaded surface. A study of dynamic explosive loading using software based on an explicit method for solving the equations of continuum mechanics is proposed.

In this work, the stress-state equation at a point of the material under pulsed load conditions was further developed, methods for determining the principal stresses and the invariant of the stress tensor, taking into account the pulsed nature of the load, were established. The character of the behavior of the shockwave formed as a result of the detonation of the explosive has been established. Analytical dependences of the interaction of a shockwave with a loaded surface are compiled. A mathematical apparatus has been developed for calculating such parameters of the shockwave as the detonation front pressure and its change in time and the velocity of the shockwave at the moment when it reaches the surface.

Mathematical dependences have been developed and proposed, which, in contrast to the existing ones, make it possible to determine the current values of stresses and strains passing through the points of the actual stress curve, as well as the intensity of stresses and strains under pulse loading of metals.

On the basis of theoretical and experimental studies of the parameters of body material deformation under the action of explosive loading, the mechanisms of destruction of the KrAZ «Shrek» and KrAZ «Fiona» specialized armored vehicles body were clarified to establish the compliance of the declared landmine resistance of vehicles with the STANAG 4569 standardization agreement.

Keywords: anti-vehicle mines, pulse explosive loading, armored vehicles, mathematical model of deformation, finite element method.

References

1. Gulzhan, A. K., Ursign, H., Yeonju, J., Pascal, R. (2018). *Global mapping and analysis of anti-vehicle mine incidents in 2017*. Geneva: GICHD–SIPRI. Available at: https://www.sipri.org/sites/default/files/2018-05/global_mapping_and_analysis_of_anti-vehicle_mine_incidents_in_2017.pdf
2. NATO AEP-55 STANAG 4569 – Protection Levels for Occupants of Logistic and Light Armoured Vehicles. Available at: <http://ballistics.com.au/technical/industry-ballistic-stab-resistant-standards/#stanag>
3. Trotsko, O., Shlyk, S. (2018). *Development of the Sheet Blanks Forming Mathematical model for Calculation Using Simulation in ANSYS Software*. 2018 IEEE International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT), 169–172. doi: <http://doi.org/10.1109/stc-csit.2018.8526614>
4. Fiserova, D. (2006). *Numerical Analyses of Buried Mine Explosions with Emphasis on Effect of Soil Properties on Loading*. Cranfield. Available at: <https://dspace.lib.cranfield.ac.uk/bitstream/handle/1826/1209/darina%20fiserova.pdf>
5. Banadaki, M. M. D. (2010). *Stress-wave induced Fracture in Rock due to Explosive Action*. Toronto. Available at: https://tspace.library.utoronto.ca/bitstream/1807/27567/1/DehghanBanadaki_Mahdi_201011_PhD_Thesis.pdf
6. Vorobyov, V., Pomazan, M., Shlyk, S., Vorobyova, L. (2017). Simulation of dynamic fracture of the borehole bottom taking into consideration stress concentrator. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (1 (87)), 53–62. doi: <http://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.101444>
7. Laine, L., Ranestad, O., Sandvik, A., Snekkevik, A. (2002). Numerical Simulation of Anti-Tank Mine Detonations. *Shock Compression of Condensed Matter*, 431–434. doi: <http://doi.org/10.1063/1.1483570>
8. Aubram, D., Rackwitz, F., Wriggers, P., Savidis, S. A. (2015). An ALE method for penetration into sand utilizing optimization-based mesh motion. *Computers and Geotechnics*, 65, 241–249. doi: <http://doi.org/10.1016/j.compgeo.2014.12.012>
9. Kurtoglu, I. (2017). *A Review of S-ALE Solver for Blast Simulations*. 11th European LS-DYNA Conference. Available at: https://www.researchgate.net/profile/Ilker-Kurtoglu/publication/320727967_A_Review_of_S-ALE_Solver_for_Blast_Simulations/links/59f80a9aa6fdcc075ec7cbd9/A-Review-of-S-ALE-Solver-for-Blast-Simulations.pdf
10. Dragobetskii, V., Shapoval, A., Mos'pan, D., Trotsko, O., Lotous, V. (2015). Excavator bucket teeth strengthening using a plastic explosive deformation. *Metallurgical and Mining Industry*, 4, 363–368.
11. Zaidi, A. M. A., Koslan, F. S., Othman, Z., Manar, G. (2013). Appropriate Coupling Solvers for the Numerical Simulation of Rolled Homogeneous Armor Plate Response Subjected to Blast Loading. *Advances in Mechanical Engineering*, 5, 637564. doi: <http://doi.org/10.1155/2013/637564>
12. Neuberger, A., Peles, S., Rittel, D. (2009). Springback of circular clamped armor steel plates subjected to spherical air-blast loading. *International Journal of Impact Engineering*, 36 (1), 53–60. doi: <http://doi.org/10.1016/j.ijimpeng.2008.04.008>
13. Laine, L., Sandvik, A. (2001). Derivation of mechanical properties for sand. *4th Asia-Pacific Conference on Shock and Impact Loads on Structures Singapore*, 361–368.
14. Dragobetskii, V., Shapoval, A., Naumova, O., Shlyk S., Mospan, D., Sikulskiy, V. (2017). The Technology of Production of a Copper – Aluminum – Copper Composite to Produce Current Lead Buses of the High – Voltage Plants. *IEEE International Conference on Modern Electrical and Energy Systems*, 400–403. doi: <http://doi.org/10.1109/mees.2017.8248944>
15. Dragobetskii, V., Zagirnyak, V., Shlyk, S., Shapoval, A., Naumova, O. (2019). Application of explosion treatment methods

for production Items of powder materials. *Przegląd Elektrotechniczny*, 95 (5), 39–42.

16. Dragobetskii, V., Zagirnyak, M., Naumova, O., Shlyk, S., Shapoval, A. (2018). Method of Determination of Technological Durability of Plastically Deformed Sheet Parts of Vehicles. *International Journal of Engineering & Technology*, 7 (4.3), 92–99. doi: <http://doi.org/10.14419/ijet.v7i4.3.19558>

DOI: 10.15587/2706-5448.2021.232050

IMPROVEMENT OF MIXING PROCESSES IN DIESEL ENGINES

pages 16–18

Ludmila Knaub, Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Engineering Mechanics, Military Academy, Odessa, Ukraine, e-mail: knaub1udmila@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0969-4702>

The object of research is gas-dynamic vortex processes in heterogeneous polydisperse flows. One of the most problematic issues in engine building is the completeness of combustion and the rate of fuel burnout in the given coordinates on the allotted hourly interval in the combustion chamber. These indicators, in turn, determine stringent requirements for used fuels in terms of thermophysical parameters that affect sawing, evaporation and mixing with an oxidizer. In the course of the study, methods of mathematical modeling have been used based on the theory of similarity. Methods have been developed for preparing a combustible mixture for detonation-free combustion of a cheap alternative fuel. A method for assessing the quality of spraying low cetane fuel is proposed. A mathematical model is obtained for calculating the change in the parameters of the quality of atomization and the differential characteristics of fuel injection. This is necessary for theoretical studies of gas-dynamic processes in additional power systems for diesel engines in an unsteady three-dimensional flow with variable parameters of a polydisperse flow of a combustible mixture. It has been proven that with a decrease in the camshaft rotational speed, the injection speed will be insufficient to achieve the required spray quality due to a decrease in the speed. This made it possible to redesign the additional system using a separate dual fuel supply. Research samples of an additional power supply system for the ЯМЗ–24 OH diesel engine (Yaroslavl Motor Plant, Russia) have been developed. Comparative tests of the engine operation on stable gas condensate with the main fuel equipment and an additional system have been carried out. Oscillograms of the tests were obtained and analyzed.

The research results provided the basis for the use of low cetane cheap gas condensate in diesel engines. This will improve the economic, power and environmental performance of the engines. Compared to standard cetane fuels, the price of fuel will decrease by 40 %, engine power will increase by 20 %, and the environmental performance of exhaust gases will decrease by 10–30 %.

Keywords: additional power supply system, fuel equipment, alternative fuel, atomization quality, induction period, combustion efficiency.

References

1. Marchenko, A. P., Parsadanov, I. V., Lal, A. G. (2019). Scope and definition of reserves improve the efficiency of combustion in the opposite two-stroke diesel engine with opposite moving pistons. *Internal Combustion Engines*, 1, 21–26. doi: <http://doi.org/10.20998/0419-8719.2019.1.04>
2. Weigand, P., Bikas, G. (2018). Prediction of Mixture Formation in Diesel Engines. *MTZ Worldwide*, 79 (7-8), 76–81. doi: <http://doi.org/10.1007/s38313-018-0056-y>
3. Cernat, A., Pana, C., Negurescu, N., Lazaroiu, G., Nutu, C. (2020). The Influence of Hydrogen on Vaporization, Mixture Formation and Combustion of Diesel Fuel at an Automotive Diesel Engine. *Sustainability*, 13 (1), 202. doi: <http://doi.org/10.3390/su13010202>
4. Kryshchuk, S., Panchuk, M., Kozak, F., Dolishnii, B., Myktyi, I., Skalatska, O. (2018). Fuel economy raising of alternative fuel converted diesel engines. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (8 (94)), 6–13. doi: <http://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.139358>
5. Hazar, H., Temizer, I. (2013). Analysis of methanol and organometallic MnO₂ fuels as alternative fuels in a diesel engine. *International Journal of Sustainable Engineering*, 7 (1), 34–40. doi: <http://doi.org/10.1080/19397038.2013.774069>
6. Rahman, M., Rasul, M., Hassan, N., Hyde, J. (2016). Prospects of Biodiesel Production from Macadamia Oil as an Alternative Fuel for Diesel Engines. *Energies*, 9 (6), 403. doi: <http://doi.org/10.3390/en9060403>
7. Arjomandi, M., Xue, Y. (2007). An investigation of the effect of hot end plugs on efficiency of the vortex tube. *Journal of Engineering and Technology*, 2 (3), 211–217.
8. Abdelghany, S. T., Kandil, H. A. (2018). Effect of Geometrical Parameters on the Coefficient of Performance of the Ranque-Hilsch Vortex Tube. *OALib*, 5 (2), 1–17. doi: <http://doi.org/10.4236/oalib.1104347>
9. Knaub, L. V. (2017). Low power vortex separator heterogeneous mixtures. *Ahrarnyi Visnyk Prychornomoria*, 80, 128–137.
10. Knaub, L. V. (2003). *Gazodinamicheskie protsessy v vikhrevykh apparatakh*. Odessa: Astroprint, 279.

DOI: 10.15587/2706-5448.2021.235403

THE INFLUENCE OF THE RIGIDITY OF MINING SECURITY STRUCTURES ON THE STABILITY OF SIDE ROCKS IN THE COAL-ROCK MASSIF

pages 19–22

Anton Korol, Engineer, Limited Liability Company DTEK, Dobropolye, Ukraine, e-mail: akorol2017@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6667-425X>

The object of research is the processes of controlling the state of side rocks to prevent the collapse of the stratified rock strata in the coal-rock massif containing the workings. The studies carried out made it possible to establish the influence of the rigidity of the guard structures of mine workings on the stability of side rocks in the coal-rock massif. It is proved that as a result of the action of an external compressive load on the supporting lateral rocks, the structure, in the form of a model of bunches made of wooden posts, increases its rigidity until the destruction of the security structure. After that, there is an increase in the convergence of side rocks and their destruction. The change in the stiffness of the crushed rock in the filling massif model, which is used to support the lateral rocks, occurs as a result of the compaction of the original material. This is due to repackaging of crushed rock fractions of different sizes and its additional grinding. As a result of this interaction of the side rocks with the filling massif, the integrity of the roof and soil is ensured and convergence is limited. To assess the stability of side rocks, it is proposed to use a dimensionless stress concentration factor k .

This coefficient takes into account the rigidity of the guard structures of the mine workings and the flexural rigidity of the side rocks. It was found that when the values of the coefficient k are close to zero ($k \rightarrow 0$), there is a loss of stability of the guard structures of mine workings and the destruction of side rocks in the coal-rock massif. The preservation of the integrity of the side rocks and the stability of security structures is ensured at values of $k > 0.1$, which corresponds to the parameters of the pliable supporting structures. Most favorably on the condition of side rocks in the coal-rock massif is influenced by the method of backing up the mined-out space of crushed rock. The use of this method excludes the collapse of side rocks. When solving the problem of stability of mine workings at the stage of making technical decisions, it is necessary to predetermine the issues of rigidity of security structures with deformation characteristics of side rocks.

Keywords: side rocks, protective structure, deformation characteristics, mine workings, crushed rock, filling massif.

References

1. Podkopaev, 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. doi: <http://doi.org/10.33271/mining13.04.028>
2. Shashenko, A. N., Pustovoytenko, V. P., Sdvizhkova, E. A. (2016). *Geomekhanika*. Kyiv: Noviy druk, 528.
3. Viktorov, S. D., Goncharov, S. A., Iofis, M. A., Zakalinskiy, V. M. (2019). *Mekhanika sdvizheniya i razrusheniya gornykh porod*. Moscow: RAN, 360.
4. Podkopaev, S. V., Gavrish, N. N., Deglin, B. M., Kamenets, V. I. (2012). *Laboratorniy praktikum po kursu «Mekhanika gornykh porod»*. Donetsk: DonNTU, 48.
5. Borsch-Komponiets, V. I. (2013). *Prakticheskaya mekhanika gornykh porod*. Moscow: Gornaya kniga, 322.
6. Pysarenko, H. S., Kvitka, O. L., Umanskiy, E. S.; Pysarenko, H. S. (Ed.) (1993). *Opir materialiv*. Kyiv: Vyshcha shkola, 655.
7. Reddy, J. N. (2007). *Theory and Analysis of Elastic Plates and Shell*. CRC Press, Taylor & Francis Group, 547.
8. Kochetkov, V. T., Kochetkov, M. V., Pavlenko, A. D. (2004). *So-protivilenie materialov*. Saint Petersburg: BKHV, 544.
9. Eleseev, V. V. (2003). *Mekhanika uprugikh tel*. Saint Petersburg: SPbGPU, 366.
10. Beadford, A., Liechti, K. M. (2020). *Mechanics of Materials*. Springer, 1023. doi: <http://doi.org/10.1007/978-3-030-22082-2>

MATERIALS SCIENCE

DOI: 10.15587/2706-5448.2021.235405

USE OF PULSED SPRAY AIRFLOW FOR ELECTRIC ARC SPRAYING OF DIFFERENT TYPES OF WIRES

pages 23–27

Vyacheslav Royanov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Automation and Mechanization of Welding Production, State Higher Educational Institution «Priazovskiy State Technical University», Mariupol, Ukraine, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5379-9096>

Irina Zakharova, PhD, Associate Professor, Department of Automation and Mechanization of Welding Production, State Higher Educational Institution «Priazovskiy State Technical University», Mariupol, Ukraine, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3492-0134>

The object of research is the control of the process of formation of a spraying air flow and the transfer of particles of liquid metal from electrodes during arc spraying. One of the problem areas of the arc spraying process is the oxidation of the sprayed metal particles by the oxygen of the air flow during their transportation to the sprayed surface. This leads to the formation of a sufficiently large amount of oxides of chemical elements, which significantly deteriorate the adhesion strength and burn out alloying elements that are necessary to obtain a wear-resistant and corrosion-resistant coating. The suitability and durability of coatings during use depends on the strength of adhesion to the substrate.

In the course of the study, methods were used to determine the adhesion strength of the coating to the base – the Steffens method and methods for studying the microstructure of coatings were taken as the basis. The data was processed and dependencies were plotted.

The proposed method makes it possible to improve the quality of the resulting coating in terms of such an indicator as improvements in chemical composition. And also to influ-

ence the chemical composition by controlling the process of transfer of molten metal using a pulsating air flow.

The obtained results of approbation of the method allow us to consider it effective, as evidenced by the quality of the obtained coatings. This is due to the fact that the correctness of the formulation and solution of the problem provided adequate results. In contrast to the existing methods, the proposed one makes it possible to significantly influence the amount of harmful oxygen involved in the formation of a sprayed coating, which makes it possible to obtain a sprayed layer with the required performance characteristics. And also allows to improve its quality without significant capital costs. In addition, the issues of resource and energy saving are being addressed, since the burnout of chemical elements decreases and the air consumption during arc metallization decreases. To solve this problem, a simple design of the pulsator is proposed, which provides the ability to control the spray flow by adjusting the level of overlapping of the holes.

Keywords: pulsating spray flow, sprayed surface, adhesion strength, wear-resistant and corrosion-resistant coating.

References

1. Korzh, V. N., Vorona, T. V., Lopata, A. V. (2014). Kombinyrovannyye metody ynzhenery poverkhnosti. *Kompleksne zabezpechennia yakosti tekhnologichnykh protsesiv ta system*. Chernihiv: ChNTU, 159–163.
2. Chernovol, M. Y., Vorona, T. V., Lopata, A. V. (2015). Increase in wear resistance of gas-thermal coatings from iron-carbon alloys using electric contact treatment. *Tekhnika v silskohospodarskomu vyrobnytstvi, haluzeve mashynobuduvannia, avtomatyzatsiia*, 28, 230–236.
3. Chernovol, M. I. et. al. (2015). Strukturno-fazovye prevrascheniya v gazotermicheskikh stalnykh pokrytyakh v protsesse ikh napyleniya i posleduyushchie elektrokontaktnye obrabotki. *Problema tertya ta znoshuvannya*, 2 (67), 99–109.
4. Markov, D., Kelly, D. (2002). Establishment of a new class of wear: adhesion initiated catastrophic wear. *International Journal of Applied Mechanics and Engineering*, 7 (3), 887–901.

5. Elleuch, K., Fouvry, S. (2005). Experimental and modelling aspects of abrasive wear of a A357 aluminium alloy under gross slip fretting conditions. *Wear*, 258 (1-4), 40–49. doi: <http://doi.org/10.1016/j.wear.2004.04.010>
6. Belzunce, F. J., Higuera, V., Poveda, S., Carriles, A. (2002). High Temperature Oxidation of HFPD Thermal-Sprayed MCrAlY Coatings in Simulated Gas Turbine Environments. *Journal of Thermal Spray Technology*, 11 (4), 461–467. doi: <http://doi.org/10.1361/105996302770348592>
7. Fagoaga, I., Barykin, G., De Juan, J., Soroa, T., Vaquero, C., Coddet, C. (Ed.) (1999). The High Frequency Pulse Detonation (HFPD) Spray Process. *Proc. United Thermal Spray Conf.* ASM International. Düsseldorf, 282–287.
8. *Product Data Sheet Sulzer Metco SmartArc Advanced Electric Wire Arc Thermal Spray System*. Available at: https://www.oerlikon.com/ecoma/files/DSE-0055.6_SmartArc_EN.pdf?download=true
9. Crawmer, D. E.; Davis, J. R. (Ed.) (2004). *Thermal spray process. In Handbook of Thermal Spray Technology*. ASM: Novelty, 54–73.
10. Nowak, W., Naumenko, D., Mor, G., Mor, F., Mack, D. E., Vassen, R. et. al. (2014). Effect of processing parameters on MCrAlY bondcoat roughness and lifetime of APS–TBC systems. *Surface and Coatings Technology*, 260, 82–89. doi: <http://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2014.06.075>
11. Curry, N., Markocsan, N., Li, X.-H., Tricoire, A., Dorfman, M. (2010). Next Generation Thermal Barrier Coatings for the Gas Turbine Industry. *Journal of Thermal Spray Technology*, 20 (1-2), 108–115. doi: <http://doi.org/10.1007/s11666-010-9593-x>
12. Hardwicke, C. U., Lau, Y.-C. (2013). Advances in Thermal Spray Coatings for Gas Turbines and Energy Generation: A Review. *Journal of Thermal Spray Technology*, 22 (5), 564–576. doi: <http://doi.org/10.1007/s11666-013-9904-0>
13. Tejero-Martin, D., Rezvani Rad, M., McDonald, A., Hussain, T. (2019). Beyond Traditional Coatings: A Review on Thermal-Sprayed Functional and Smart Coatings. *Journal of Thermal Spray Technology*, 28 (4), 598–644. doi: <http://doi.org/10.1007/s11666-019-00857-1>
14. Meghwal, A., Anupam, A., Murty, B. S., Berndt, C. C., Kottada, R. S., Ang, A. S. M. (2020). Thermal Spray High-Entropy Alloy Coatings: A Review. *Journal of Thermal Spray Technology*, 29 (5), 857–893. doi: <http://doi.org/10.1007/s11666-020-01047-0>
15. Royanov, V. A., Zakharova, I. V., Kryuchkov, N. (2017). Izuchenie vliyaniya konstruktsiy raspylyayushchego ustroystva na kachestvo napylenogo sloya. *Universitetskaya nauka-2017*. Mariupol: GVUZ «PGTU», 2, 86–87.
16. Royanov, V. A., Zakharova, I. V., Kryuchkov, N. S., Pugachev, E. V. (2019). Snizhenie vozdeystviya kisloroda na zhidkii metall elektrodov pri elektrodugovom napylenii pulsiruyusheĭ raspylyayusheĭ strueĭ vozdukh. *World science*, 5 (45), 13–21. doi: http://doi.org/10.31435/rsglobal_ws/31052019/6508
17. Royanov, V., Zakharova, I., Lavrova, E. (2017). Development of properties of spray flow and nature of pressure distribution in electric arc metalization. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (5 (90)), 41–49. doi: <http://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.118252>

DOI: 10.15587/2706-5448.2021.235421

ANALYSIS OF CUTTING FORCES DURING GRINDING OF TITANIUM ALLOY AND CORROSION-RESISTANT STEEL BY DIAMOND, ELECTROCORUNDUM AND CUBIC BORON NITRID WHEELS

pages 27–33

Vladimir Lebedev, Doctor of Technical Sciences, Professor,
Department of Materials Science and Materials Technology,

Odessa Polytechnic State University, Odessa, Ukraine, e-mail:
wlebedev29@rambler.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2891-9708>

Tatiana Chumachenko, PhD, Associate Professor, Department of Materials Science and Materials Technology, Odessa Polytechnic State University, Odessa, Ukraine, e-mail: chumachenko-1981.28@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6149-4786>

Alla Bessalova, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Construction Organization and Labor Protection, Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture, Odessa, Ukraine, e-mail: bessalova.a.v2015@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3713-0610>

Tatiana Nikolaeva, Postgraduate Student, Department of Materials Science and Materials Technology, Odessa Polytechnic State University, Odessa, Ukraine, e-mail: god.very.love.me@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2670-3401>

Yevhen Omelchenko, Postgraduate Student, Department of Materials Science and Materials Technology, Odessa Polytechnic State University, Odessa, Ukraine, e-mail: qwer77712@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3036-3641>

The object of research is the process of circular and surface grinding of titanium alloy and corrosion-resistant steel, namely, the cutting forces arising from mechanical processing. One of the most problematic areas in work is the selection of the required grinding modes, material and grinding wheel grain size.

In the course of the experiment, we used samples of VT8 titanium alloy and 12X18N9T steel, on which the grinding process was studied with wheels made of various materials (electrocorundum, cubic boron nitride (CBN), diamond). The values of the cutting forces P_y and P_z were obtained in the latitude of permissible modes, which are most often used in circular and flat grinding, and can reach maximum values, respectively, $P_y=27$ N, $P_z=15.5$ N. The data were obtained at a low wheel speed from electrocorundum, about 15 m/s and grain size 8. By reducing the grain size of the wheel, we get the effect of increasing the energy consumption of the grinding process, due to the increase in the values of the cutting forces. If we compare the cutting forces arising from grinding with different wheels, then the following can be noted. Compared to electrocorundum wheels, when using CBN wheels, the cutting forces are reduced by 20–25 %, and when grinding with diamond wheels (despite the high wear of the diamond wheel), the effect of cutting forces is reduced by 25–30 %. This is due to the fact that cutting conditions are the most favorable for diamond and CBN grains, which makes it possible to use more intense cutting conditions.

The results of the study allow predicting the performance of the grinding wheel, reducing the energy consumption of production, and also adjusting the processing mode of the part to obtain the necessary quality indicators of the surface layer and the geometric dimensions of the part.

Keywords: titanium alloy VT8, cutting forces, technical strength, structural strength, reduction of energy consumption for grinding.

References

1. Lakhtin, Yu. M., Leonteva, V. P. (2011). *Materialovedenie*. Moscow: EKOLIT, 528.
2. Kravchenko, B. A., Kravchenko, A. B. (2002). *Fizicheskie aspekty teorii protsessy rezaniya metallov*. Samara: Samar. gos. tekhn. un-t, 167.
3. Kolachev, B. A., Egorova, Yu. B., Belova, S. B. (2008). O svyazi temperatury $(\alpha+\beta) \leftrightarrow \beta$ perekhoda promyshlennykh titanovykh splavov s ikh khimicheskim sostavom. *Metallovedenie i termicheskaya obrabotka metallov*, 8 (638), 10–14.
4. Lazoglu, I., Ehsan Layegh Khavidaki, S., Mamedov, A.; Davim, J. (Ed.) (2014). *Mechanics of Titanium Machining. Machining of Titanium Alloys*. Berlin, Heidelberg: Springer, 57–78. doi: http://doi.org/10.1007/978-3-662-43902-9_3
5. Xing, H., Sun, J., Richter S., Schwedt, A. (Eds.) (2008). Deformation defects in a metastable β titanium alloy. *EMC 2008 14th European Microscopy Congress 1–5 September 2008, Aachen, Germany*. Berlin, Heidelberg: Springer, 675–676. doi: http://doi.org/10.1007/978-3-540-85226-1_338
6. Ezugwu, E. O., Wang, Z. M. (1997). Titanium alloys and their machinability – a review. *Journal of Materials Processing Technology*, 68 (3), 262–274. doi: [http://doi.org/10.1016/s0924-0136\(96\)00030-1](http://doi.org/10.1016/s0924-0136(96)00030-1)
7. De Mello, A., de Silva, R. B., Machado, Á. R., Gelamo, R. V., Diniz, A. E., de Oliveira, R. F. M. (2017). Surface Grinding of Ti-6Al-4V Alloy with SiC Abrasive Wheel at Various Cutting Conditions. *Procedia Manufacturing*, 10, 590–600. doi: <http://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.057>
8. Alimov, A. I. (2017). *Sovershenstvovanie tekhnologii izgotovleniya kolets iz titanovogo splava VT8 putem opredeleniya ratsionalnykh rezhimov deformirovaniya*. Moscow, 165.
9. Turley, D. M. (1985). Factors affecting surface finish when grinding titanium and a titanium alloy (Ti-6Al-4V). *Wear*, 104 (4), 323–335. doi: [http://doi.org/10.1016/0043-1648\(85\)90040-7](http://doi.org/10.1016/0043-1648(85)90040-7)
10. Chen, Y. (2015). *A study of the cutting forces and vibration characteristics in titanium machining*. Available at: <http://unswworks.unsw.edu.au/fapi/datastream/unsworks:37124/SOURCE02?view=true>
11. Frolenkova, O. V. (2020). *Zabezpechennia yakisnykh kharakterystyk napylenoho termobariernoho sharu elborovym shlifuvanniam*. Odessa, 140.

ELECTRICAL ENGINEERING AND INDUSTRIAL ELECTRONICS

DOI: 10.15587/2706-5448.2021.232821

ESTIMATION OF VOLTAGE WAVEFORM AT TOP OF TRANSMISSION LINE TOWER STRUCK BY LIGHTNING OF NEGATIVE AND POSITIVE POLARITY

pages 34–39

Yevgeniy Trotsenko, PhD, Associate Professor, Department of Theoretical Electrical Engineering, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine, e-mail: y.trotsenko@kpi.ua, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9379-0061>

Mandar Madhukar Dixit, Assistant Professor, Department of Electrical Engineering, Vishwaniketan Institute of Management Entrepreneurship and Engineering Technology, Khalapur, Maharashtra, India, e-mail: mmdixit@vishwaniketan.edu.in, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1959-7815>

Volodymyr Brzhezitsky, Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Theoretical Electrical Engineering, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine, e-mail: v.brzhezitsky@kpi.ua, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9768-7544>

Yaroslav Haran, PhD, Assistant, Department of Theoretical Electrical Engineering, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine, e-mail: y.garan@kpi.ua, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3242-9218>

The object of research is a circuit that simulates a lightning strike to a tower of 220 kV power transmission line, taking into consideration the reflection of a current wave from 10 nearest towers. Computation of the voltage arising at the top of the struck tower is necessary further to determine

the lightning performance of transmission line by various methods. The lightning current has several maxima, in the case of a positive impulse polarity and, accordingly, several minima, in the case of a negative polarity, which are generally being called peaks. In addition, the lightning current impulse has a non-constant steepness in the entire area of current rise up to the first peak. The approximation of the real lightning current by simplified mathematical expressions cannot take into account all its real features. For a more detailed study of transient processes caused by thunderstorm activity, there is a need to use oscillograms of real lightning currents when modeling.

The problem of determining the voltage at the top of the stricken transmission line tower was solved using circuit simulation. For an in-depth study of how the shape of the lightning current impulse affects the shape of the voltage at the top of the tower struck, digitized oscillograms of real lightning currents were used. The simulation was carried out for 7 negative lightning impulses with the first peak varying from –33.380 kA to –74.188 kA. In the case of positive lightning, 3 oscillograms were used with the first peak varying from +38.461 kA to +41.012 kA.

The article shows that the shape of the front of the lightning current impulse and the amplitude of the first peak of the lightning current have a decisive effect on the maximum voltage value at the top of a power transmission line tower struck by lightning. The maximum voltage occurs precisely at the front of the current wave before the first peak of the lightning current. Therefore, the back flashover of the insulation from the tower to the phase conductor is most likely at a moment in time at the front of the current wave. By the time the maximum current is reached, the voltage at the top of the tower will be reduced by several tens of percent, compared to the maximum voltage at the tower, which occurs much earlier at the front of the current wave.

The conducted research contributes to the development of methods for calculating the lightning performance of

power lines and extends the scope of application of circuit simulation programs.

Keywords: lightning flash, lightning performance, power line, wave reflection, oscillograms of real lightning currents.

References

- Hashimoto, S., Baba, Y., Nagaoka, N., Ametani, A., Itamoto, N. (2010). An equivalent circuit of a transmission-line tower struck by lightning. *2010 30th International Conference on Lightning Protection (ICLP)*. doi: <http://doi.org/10.1109/iclp.2010.7845761>
- Melo, M. O. B. C., Fonseca, L. C. A., Fontana, E., Naidu, S. R. (1997). Lightning Performance of Compact Transmission Lines. *International Conference on Power Systems Transients (IPST'97)*. Seattle, 319–324.
- Mohajeryami, S., Doostan, M. (2016). Including surge arresters in the lightning performance analysis of 132kV transmission line. *2016 IEEE/PES Transmission and Distribution Conference and Exposition (T&D)*. doi: <http://doi.org/10.1109/tdc.2016.7519906>
- Fekete, K., Nikolovski, S., Knezevic, G., Stojkov, M., Kovac, Z. (2010). Simulation of lightning transients on 110 kV overhead-cable transmission line using ATP-EMTP. *Melecon 2010 – 2010 15th IEEE Mediterranean Electrotechnical Conference*. doi: <http://doi.org/10.1109/melcon.2010.5475950>
- Kizilcay, M., Neumann, C. (2007). Backflashover Analysis for 110-kV Lines at Multi-Circuit Overhead Line Towers. *International Conference on Power Systems Transients (IPST'07)*, 1–6.
- Asif, M., Lee, H.-Y., Park, K.-H., Shakeel, A., Lee, B.-W. (2019). Assessment of Overvoltage and Insulation Coordination in Mixed HVDC Transmission Lines Exposed to Lightning Strikes. *Energies*, 12 (21), 4217. doi: <http://doi.org/10.3390/en12214217>
- Berger, K. (1967). Novel observations on lightning discharges: Results of research on Mount San Salvatore. *Journal of the Franklin Institute*, 283 (6), 478–525. doi: [http://doi.org/10.1016/0016-0032\(67\)90598-4](http://doi.org/10.1016/0016-0032(67)90598-4)
- Barker, P. P., Mancao, R. T., Kvaltine, D. J., Parrish, D. E. (1993). Characteristics of lightning surges measured at metal oxide distribution arresters. *IEEE Transactions on Power Delivery*, 8 (1), 301–310. doi: <http://doi.org/10.1109/61.180350>
- Narita, T., Yamada, T., Mochizuki, A., Zaima, E., Ishii, M. (2000). Observation of current waveshapes of lightning strokes on transmission towers. *IEEE Transactions on Power Delivery*, 15 (1), 429–435. doi: <http://doi.org/10.1109/61.847285>
- Trotsenko, Y., Brzhezitsky, V., Mykhailenko, V. (2020). Estimation of Discharge Current Sharing Between Surge Arresters with Different Protective Characteristics Connected in Parallel. *2020 IEEE 7th International Conference on Energy Smart Systems (ESS)*. Kyiv, 73–78. doi: <http://doi.org/10.1109/ess50319.2020.9160296>
- Trotsenko, Y., Dixit, M. M., Brzhezitsky, V., Haran, Y. (2021). Alternative evaluation of voltage at top of transmission line tower stricken by lightning. *Technology Audit and Production Reserves*, 2 (1 (58)), 33–39. doi: <http://doi.org/10.15587/2706-5448.2021.228659>
- Halkude, S. A., Ankad, P. P. (2014). Analysis and Design of Transmission Line Tower 220 kV: A Parametric Study. *International Journal of Engineering Research & Technology*, 3 (8), 1343–1348.
- Micro-Cap 12. *Electronic Circuit Analysis Program. Reference Manual* (2018). Sunnyvale: Spectrum Software, 1098. Available at: <http://www.spectrum-soft.com/download/rm12.pdf>
- Rohatgi, A. (2020). *WebPlotDigitizer. Version 4.4*. Pacifica. Available at: <https://automeris.io/WebPlotDigitizer>
- Moselhy, A. H., Abdel-Aziz, A. M., Gilany, M., Emam, A. (2020). Impact of First Tower Earthing Resistance on Fast Front Back-Flashover in a 66 kV Transmission System. *Energies*, 13 (18), 4663. doi: <http://doi.org/10.3390/en13184663>

DOI: 10.15587/2706-5448.2021.233852

DEVELOPMENT OF THE METHOD OF STRUCTURAL-PARAMETRIC SYNTHESIS OF THE SUBSYSTEM OF INTERFERENCE OF SPECIAL PURPOSE RADIO COMMUNICATION SYSTEMS

pages 40–44

Andrii Shyshatskyi, PhD, Senior Researcher, Research Department of Electronic Warfare Development, Central Scientific Research Institute Armament and Military Equipment of the Armed Forces of Ukraine, Kyiv, Ukraine, e-mail: ierikon13@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6731-6390>

Vitalii Hasan, Institute for Support of Troops (Forces) and Information Technologies, The National Defense University of Ukraine named after Ivan Cherniakhovskiy, Kyiv, Ukraine, e-mail: vitaliyhasan@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2566-9144>

Anatolii Hasan, Institute for Support of Troops (Forces) and Information Technologies, The National Defense University of Ukraine named after Ivan Cherniakhovskiy, Kyiv, Ukraine, e-mail: gasan212085@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0501-6119>

Serhii Kravchuk, Institute for Support of Troops (Forces) and Information Technologies, The National Defense University of Ukraine named after Ivan Cherniakhovskiy, Kyiv, Ukraine, e-mail: sergeykravchuk@ukr.net, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6042-154X>

Yuriy Shidlovsky, Institute for Support of Troops (Forces) and Information Technologies, The National Defense University of Ukraine named after Ivan Cherniakhovskiy, Kyiv, Ukraine, e-mail: yurishidlovski@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1746-1703>

Andrii Opalak, Institute for Support of Troops (Forces) and Information Technologies, The National Defense University of Ukraine named after Ivan Cherniakhovskiy, Kyiv, Ukraine, e-mail: sapsan1100@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5597-4182>

Oleksandr Modlinskyi, Institute for Support of Troops (Forces) and Information Technologies, The National Defense University of Ukraine named after Ivan Cherniakhovskiy, Kyiv, Ukraine, e-mail: Gastello1799@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8289-265X>

Oleksii Kobylinskyi, Institute for Support of Troops (Forces) and Information Technologies, The National Defense University of Ukraine named after Ivan Cherniakhovskiy, Kyiv, Ukraine, e-mail: Gastello1799@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1311-7120>

Ihor Bezstrochnyi, Institute for Support of Troops (Forces) and Information Technologies, The National Defense University of Ukraine named after Ivan Cherniakhovskiy, Kyiv, Ukraine, e-mail: Gastello1799@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8507-7095>

Yaroslav Onbinskyi, *The Command-and-Staff Institute of the Troops (Forces) Combat Use, The National Defense University of Ukraine named after Ivan Cherniakhovskyi, Kyiv, Ukraine, e-mail: super.kozak1978@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1009-3709>*

The object of research is the military radio communication system. One of the most problematic areas in the management of military radio resources is the interference of military radio systems and facilities. A number of works have been devoted to the research of ways to increase the noise immunity of military radio communication systems and facilities. However, the known works contain some results of research by scientists aimed at increasing the noise immunity of military radio systems and facilities and do not have a comprehensive approach. In this article, the problem of developing a method of structural-parametric synthesis of the noise protection subsystem of special purpose radio communication systems is solved.

The scientific problem is solved by formalizing the problem of structural-parametric synthesis of the noise protection subsystem of military radio communication systems, starting with its mathematical description and synthesis of the quantitative and qualitative structure of the noise protection subsystem. In the course of the research, the authors used the main provisions of the queuing theory, the theory of automation, the theory of complex technical systems and general scientific methods of cognition, namely analysis and synthesis. The novelty of this technique is the synthesis of the structure of the military radio system and the parameters of the radio system in the context of electronic conflict. This technique is multi-criteria, in which the parameters are different in importance. The basis of this technique is the principle of nonlinear scheme of A. Voronin compromises. This technique allows to:

- to synthesize the structure of the radio communication system in the conditions of electronic conflict;
- to determine the optimal number of radio communication devices to ensure management tasks in the conditions of electronic conflict;
- to substantiate a set of mechanisms to increase the noise immunity of the noise protection subsystem in the conditions of electronic conflict.

The results of the research should be used at the stage of planning and operational management of the structure and parameters of military radio communication systems.

Keywords: military radio communication system, hierarchical decomposition, functional structure of networks, electronic suppression, destabilizing factors.

References

1. Shishatskiy, A. V., Bashkirov, O. M., Kostina, O. M. (2015). Development of integrated communication systems and data transfer for the needs of the Armed Forces. *Weapons and military equipment*, 1 (5), 35–39.
2. Romanenko, I. O., Shyshatskiy, A. V., Zhyvotovskiy, R. M., Petruk, S. M. (2017). The concept of the organization of interaction of elements of military radio communication systems. *Science and Technology of the Air Force of the Armed Forces of Ukraine*, 1, 97–100.
3. Romanenko, I., Zhyvotovskiy, R., Petruk, S., Shishatskiy, A., Voloshin, O. (2017). Mathematical model of load distribution in telecommunication networks of special purpose. *Information Processing Systems*, 3, 61–71. doi: <http://doi.org/10.30748/soi.2017.149.13>
4. Zhuk, O. V., Romaniuk, V. A., Sova, O. Ya. (2008). Systema upravlinnia taktychnymy sensornymy merezhamy. *Zbirnyk naukovykh prats VITI NTUU «KPI»*, 2, 88–96.
5. Sokolov, K. O., Hudyma, O. P., Tkachenko, V. A., Shyiatyi, O. B. (2015). Main directions of creation of IT infrastructure of the Ministry of Defense of Ukraine. *Zbirnyk naukovykh prats Tsentrui voienno-stratehichnykh doslidzhen*, 3 (6), 26–30.
6. Kuvshynov, O. V. (2009). Adaptivne upravlinnia zasobamy zavadozakhystu viiskovykh system radioviazku. *Zbirnyk naukovykh prats VIKNU*, 17, 125–130.
7. Shaheen, E. M., Samir, M. (2013). Jamming Impact on the Performance of MIMO Space Time Block Coding Systems over Multi-path Fading Channel. *REV Journal on Electronics and Communications*, 3 (1-2), 68–72. doi: <http://doi.org/10.21553/rev-jec.56>
8. Abdukhalil, T., Yadgarova, N. (2018). Study of the Application of Noise Immunity in Radio Communication Systems for Special Courses. *Bioprocess Engineering*, 2 (2), 20–23. doi: <http://doi.org/10.11648/j.be.20180202.11>
9. Makarenko, S. I. (2017). Prospects and Problems of Development of Communication Networks of Special Purpose. *Systems of Control, Communication and Security*, 2, 18–68. Available at: <http://scs.intelgr.com/archive/2017-02/02-Makarenko.pdf>
10. Khan, M. N., Jamil, M. (2016). Adaptive hybrid free space optical/radio frequency communication system. *Telecommunication Systems*, 65 (1), 117–126. doi: <http://doi.org/10.1007/s11235-016-0217-8>
11. Adrat, M., Ascheid, G. (2015). Special Issue on Recent Innovations in Wireless Software-Defined Radio Systems. *Journal of Signal Processing Systems*, 78 (3), 239–241. doi: <http://doi.org/10.1007/s11265-014-0968-y>
12. Oshmarin, D. V. (2010). Raspredelenie kanalnykh resursov v setyakh kognitivnogo radio na osnove teorii igr. *Biznesinformatika*, 4 (14), 38–45.
13. Redi, J., Ramanathan, R. (2011). The DARPA WNaN network architecture. *Proc. of the Military Communications Conference (MILCOM'2011)*, 2258–2263. doi: <http://doi.org/10.1109/milcom.2011.6127657>
14. Voronin, A. N., Ziatdinov, Yu. K., Kozlov, A. I. (1999). *Vektornaya optimizatsiya dinamicheskikh sistem*. Kyiv: Tekhnika, 284.

DOI: 10.15587/2706-5448.2021.233947

DEVELOPING OF THE METHOD FOR OPTIMIZING THE PERFORMANCE OF ARCHITECTURE-INDEPENDENT HARDWARE PLATFORMS

pages 45–49

Liubomyr Duda, *Postgraduate Student, Department of Robotics and Specialized Computer Systems, Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine, e-mail: lyubomir-duda@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3218-3086>*

The object of research is the Raspberry Pi single-board computer. The work examines the optimization of architecture-independent hardware platforms using its example. The research is based on an integrated scientific approach based on a system-analytical, structural-functional, empirical and typological approach. It is emphasized that the entire Raspberry Pi line uses APM-architecture processors. The genesis of Raspberry Pi is given, the parameters of the last build are determined. It is noted that the latest version is

dated November 2020. It is equipped with wireless WiFi and Bluetooth modules (2×USB 3.0 and 1×USB 2.0 ports type A, 5.0, BLE), which expand the boundaries of mini-PC application in the field of Ethernet technologies and has a frequency of 1.8 GHz. The appearance of one of the popular Raspberry Pi B+boards has been formed, with the separation of the main blocks. The basic principles of improving the performance of the Raspberry Pi single board computer are determined, each of which is based on a specific mechanism. The first is the addition of ZRAM as a compressed random access memory block device. The principle of ZRAM operation is described, the mechanism for activating ZRAM on the Raspberry Pi is given. To improve the performance of the Raspberry Pi single board computer, the use of an NVMe disk is justified. It is emphasized that the NVMe disk is reliable and has a high data transfer rate. Connecting it to the Raspberry Pi single board computer is the optimal solution to improve performance. The tuning sequence is presented, the numerical result of the NVMe disk operation based on the Raspberry Pi single-board computer is proposed. It is proposed, as a principle to improve performance, the installation of an ICE Tower CPU based on Raspberry Pi. It is noted that the ICE Tower CPU is a cooling system that is designed to cool the Raspberry Pi. The principles of tuning ICE Tower CPU and the result of fluctuations in temperature components using the rpi-monitor are described. As part of the study, performance improvements were obtained from 26 % to 34 %, which is mainly in line with the expected theoretical improvement of 34 %.

Keywords: Raspberry Pi single-board computer, ARM architecture, bandwidth, architecture-independent platform, ICE Tower CPU.

References

1. Babich, O., Boyko, Y., Galin, V., Chuprinsky, O. (2019). Design of intellectual information systems on the basis of MC Raspberry Pi. *Electronics and Information Technologies*, 11, 61–72. doi: <http://doi.org/10.30970/eli.11.6>
2. Sitsylitsyn, Y. (2019). Analysis of the use of Raspberry single-circuit computers in the teaching of distributed and parallel computing. *Scientific Papers of Berdiansk State Pedagogical University. Series: Pedagogical Sciences*, 1, 92–99. doi: <http://doi.org/10.31494/2412-9208-2019-1-1-92-99>
3. Yatskiv, N. H., Byk, A. B., Mukomela, P. M., Bondar, V. M. (2020). Vykorystannia prymanok dlia vyvavlennia atak na prystroi *Internet-rechei. Kiberbezpeka ta kompiuterno-infhevrovani tekhnolohii (KBKIT – 2020)*. Ternopil, 26–28.
4. Lindqvist, U., Neumann, P. G. (2017). The future of the internet of things. *Communications of the ACM*, 60 (2), 26–30. doi: <http://doi.org/10.1145/3029589>
5. Franczak, T., Nkansah, A., Marrinan, T., Papka, M. E. (2017). A Path from Serial Execution to Hybrid Parallelization for Learning HPC. *Workshop on Education for High-Performance Computing ser. EduHPC '17*. Denver.
6. Giacaman, N., Kalra, S., Sinnen, O. (2015). The active classroom: Students and instructors parallel programming in parallel. *IEEE International Parallel and Distributed Processing Symposium Workshop*. Piscataway, 739–745. doi: <http://doi.org/10.1109/ipdpsw.2015.24>
7. Liu, J. (2016). 20 years of teaching parallel processing to computer science seniors. *Workshop on Education for High-Performance Computing (EduHPC)*. doi: <http://doi.org/10.1109/eduhpc.2016.006>
8. Langmead, B. (2013). Practical software for big genomics data. *IEEE 3rd International Conference on Computational Advances in Bio and medical Sciences (ICCBBS)*. Orlando. doi: <http://doi.org/10.1109/iccbbs.2013.6629241>
9. Papavasiliou, A., Oren, S. S., Rountree, B. (2015). Applying High Performance Computing to Transmission-Constrained Stochastic Unit Commitment for Renewable Energy Integration. *IEEE Transactions on Power Systems*, 30 (3), 1109–1120. doi: <http://doi.org/10.1109/tpwrs.2014.2341354>
10. Mahajan, S., Adagale, A. M., Sahare, C. (2016). Intrusion detection system using raspberry pi honeypot in network security. *International Journal of Engineering Science and Computing*, 6 (3), 2792–2795.
11. Razali, M. F., Razali, M. N., Mansor, F. Z., Muruti, G., Jamil, N. (2018). IoT Honeypot: A Review from Researcher's Perspective. *2018 IEEE Conference on Application, Information and Network Security (AINS)*. Langkawi. doi: <http://doi.org/10.1109/ains.2018.8631494>
12. *Obzor plat Raspberry Pi*. Available at: <https://3d-diy.ru/wiki/arduino-platy/obzor-plat-raspberry-pi/>
13. *Chto takoe diski NVMe i stoit li ikh pokupat* (2019). Available at: <https://guidepc.ru/articles/chto-takoe-diski-nvme-i-stoit-li-ih-pokupat/>

TECHNOLOGY AND SYSTEM OF POWER SUPPLY

DOI: 10.15587/2706-5448.2021.231279

STUDY OF THE INFLUENCE OF THE HOUSING ON THE COOLING EFFICIENCY OF THE PIEZOCERAMIC ELECTROACOUSTIC LANGEVIN-TYPE TRANSDUCER

pages 50–55

Liudmyla Perchevska, Postgraduate Student, Department of Acoustic and Multimedia Electronic Systems, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine, e-mail: 4888814@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0117-5163>

Oleksandr Drozdenko, PhD, Associate Professor, Department of Acoustic and Multimedia Electronic Systems, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine, e-mail: doi70219-ames@ill.kpi.ua, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6647-1428>

Kateryna Drozdenko, PhD, Department of Acoustic and Multimedia Electronic Systems, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine, e-mail: dks75537-ames@ill.kpi.ua, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7653-600X>

Oleksandr Leiko, Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Acoustic and Multimedia Electronic Systems, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine, e-mail: log40413-ames@ill.kpi.ua, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5588-6449>

The object of research is thermal processes in Langevin-type piezoceramic electroacoustic transducers (PET), taking into account the housing. The piezoceramic electroacoustic transducers heat up during operation. Overheating of the

converter leads to negative consequences, accompanied by a change in the parameters, characteristics of the device, as well as the failure of the converter. Or limitation on the duration and mode of operation, output power, current, amplitude and speed of oscillation of the converter.

The paper investigates the effect of the housing on the temperature field of a Langevin-type PET by the finite element method, using modeling in SolidWorks. The results of temperature reduction of such cooling methods are shown:

- filling the housing cavity with electrical insulating liquid, gas, a mixture of thermal paste;
- use of holes in the housing;
- changing the shape of the rear cover to have radiator side fins, vertical radiator fins, cylindrical radiator fins;
- heat-resistant layer;
- use of active air cooling at three different speeds.

The most efficient 53 % and a uniform temperature field were found when filling with a mixture of thermal paste, but this solution is accompanied by additional experiments and a preparatory stage with the mixture. The cooling efficiency of 47 % was provided by active cooling – blowing with air, and this method requires additional equipment. Filling with insulating liquid gave a cooling efficiency of 27 % – an optimal result that does not require expensive investments. Slow blowing of the housing or adding only holes resulted in a decrease in the maximum heating temperature from 10 to 20 %, therefore, if the PET design allows the presence of holes, then it is necessary to rationally place them. Changing the shape of the back plate, heat-absorbing element, filling the housing with gas gave an efficiency decrease in the maximum temperature by 6–8 % compared to a closed housing with air.

The research results make it possible to choose the optimal option for reducing the heating temperature of the Langevin-type PET to increase its efficiency and long-term trouble-free operation.

Keywords: piezoceramic electroacoustic transducer, Langevin-type transducer, rod transducer, transducer heating, transducer thermal field.

References

1. Peng, Z., Zhang, D., Zhang, X., Yao, G. (2020). Ultrasonic-assisted transducer for electrosurgical electrodes. *Procedia CIRP*, 89, 245–249. doi: <http://doi.org/10.1016/j.procir.2019.11.004>
2. Harkness, P., Cardoni, A., Russell, J., Lucas, M. (2010). Designing a Hollow Langevin Transducer for Ultrasonic Coring. *Applied Mechanics and Materials*, 24–25, 65–70. doi: <http://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amm.24-25.65>
3. Bogush, M. V., Bogush, O. M., Pikalev, E. M. (2013). Analiz temperaturnykh napryazheniy v elementakh gidroakusticheskikh antenn. *Priroda*, 10 (160), 38–42.
4. Arata, D. (2006). *Why Ultrasonic Cleaning Systems Fail – And How to Prevent It*. Available at: <https://www.ptonline.com/articles/why-ultrasonic-cleaning-systems-fail-and-how-to-prevent-it>
5. Hmelev, G., Barsukov, V., Ilchenko, E. (2013). Study of the effect of temperature on the parameters of ultrasonic oscillatory systems. *Polzunovskiy Almanac*, 1, 54–58.
6. Ilg, J., Rupitsch, S. J., Lerch, R. (2013). Impedance-Based Temperature Sensing With Piezoceramic Devices. *IEEE Sensors Journal*, 13 (6), 2442–2449. doi: <http://doi.org/10.1109/jsen.2013.2256121>
7. Rathod, V. T. (2019). A Review of Electric Impedance Matching Techniques for Piezoelectric Sensors, Actuators and Transducers. *Electronics*, 8 (2), 169. doi: <http://doi.org/10.3390/electronics8020169>
8. Panich, A. A., Karyukov, E. V., Svirskaya, S. N., Skrylev, A. V., Malykhin, A. Yu. (2012). *Vozможность комплексного исследования температурной зависимости электрофизических параметров пьезокерамических материалов. Актуальные проблемы пьезоэлектрического приборостроения*. Rostov-na-Donu, 27–31.
9. Huang, F., Zheng, D.-Y., Hu, S.-M., Peng, G.-G. (2015). The Influence of Environment Temperature on the Degradation of Lead Zirconate Titanate Ceramic. *Proceedings of the 2015 International Conference on Material Science and Applications*. Suzhou, 3, 723–727. doi: <http://doi.org/10.2991/icmsa-15.2015.132>
10. Lee, H., Zhang, S., Bar-Cohen, Y., Sherit, S. (2014). High Temperature, High Power Piezoelectric Composite Transducers. *Sensors*, 14 (8), 14526–14552. doi: <http://doi.org/10.3390/s140814526>
11. Liao, X., Qiu, Z., Jiang, T., Sadiq, M., Huang, Z., Demore, C., Cochran, S. (2015). Functional Piezocrystal Characterisation under Varying Conditions. *Materials*, 8 (12), 8304–8326. doi: <http://doi.org/10.3390/ma8125456>
12. Georges Sabat, R., Mukherjee, B. K., Ren, W., Yang, G. (2007). Temperature dependence of the complete material coefficients matrix of soft and hard doped piezoelectric lead zirconate titanate ceramics. *Journal of Applied Physics*, 101 (6), 064111. doi: <http://doi.org/10.1063/1.2560441>
13. Cao, H. C., Evans, A. G. (1992). Non-Linear Constitutive Properties of Piezoelectric Ceramics. *MRS Proceedings*, 276, 39–49. doi: <http://doi.org/10.1557/proc-276-39>
14. Li, T., Chen, Y. H., Ma, J. (2007). Frequency dependence of piezoelectric vibration velocity. *Sensors and Actuators A: Physical*, 138 (2), 404–410. doi: <http://doi.org/10.1016/j.sna.2007.05.024>
15. Uchino, K. (2017). *Manufacturing Methods for Piezoelectric Ceramic Materials. Advanced Piezoelectric Materials*. Elsevier, 385–421. doi: <http://doi.org/10.1016/b978-0-08-102135-4.00010-2>
16. Lu, X., Hu, J., Peng, H., Wang, Y. (2017). A new topological structure for the Langevin-type ultrasonic transducer. *Ultrasonics*, 75, 1–8. doi: <http://doi.org/10.1016/j.ultras.2016.11.008>
17. Karafi, M. R., Khorasani, F. (2019). Evaluation of mechanical and electric power losses in a typical piezoelectric ultrasonic transducer. *Sensors and Actuators A: Physical*, 288, 156–164. doi: <http://doi.org/10.1016/j.sna.2018.12.044>
18. Vasiljev, P., Mazeika, D., Borodinas, S. (2012). Minimizing heat generation in a piezoelectric Langevin transducer. *IEEE International Ultrasonics Symposium*, 2714–2717. doi: <http://doi.org/10.1109/ultsym.2012.0680>
19. Butler, J. L., Butler, A. L., Butler, S. C. (2012). Thermal model for piezoelectric transducers (L). *The Journal of the Acoustical Society of America*, 132 (4), 2161–2164. doi: <http://doi.org/10.1121/1.4748583>
20. Dong, X., Yuan, T., Hu, M., Shekhani, H., Maida, Y., Tou, T., Uchino, K. (2016). Driving frequency optimization of a piezoelectric transducer and the power supply development. *Review of Scientific Instruments*, 87 (10), 105003. doi: <http://doi.org/10.1063/1.4963920>
21. Su, Y. H., Liu, Y. P., Vasic, D., Costa, F., Wu, W. J., Lee, C. K. (2013). Power enhancement of piezoelectric transformer by adding thermal dissipation layers. *ICAST 2013 – 24th International Conference on Adaptive Structures and Technologies*, 239–249.
22. Robert, A. J., Sheehan, J. F. (2002). Pat. No. 6434244 B1 US. *Electroacoustic Converter*. MPK: B06B1/0618. published: 13.08.2002.
23. Peshkovsky, S., Peshkovsky, L. (2015). Pat. No. 9142751 B2 US. *Efficient cooling of piezoelectric transducers*. MPK: H01L41/053. published: 22.09.2015.
24. Hielscher, H. (2011). Pat. No. 8004158 B2 US. *Method And Device For Cooling Ultrasonic Transducers*. MPK: G10K11/004. published: 23.08.2011.

25. Nilsson, B., Dahlberg, H. (1998). Pat. No. 5955823 US. *High power ultrasonic transducer*.
26. Vjuginova, A. A. (2019). Multifrequency Langevin-Type Ultrasonic Transducer. *Russian Journal of Nondestructive Testing*, 55 (4), 249–254. doi: <http://doi.org/10.1134/s1061830919040132>
27. Perchevska, L. V., Drozdenko, O. I., Drozdenko, K. S., Leiko, O. H. (2019). Providing of Rod Piezoceramic Electroacoustic Transducers Thermal Mode Operation. *Microsystems, Electronics and Acoustics*, 24 (5), 56–63. doi: <http://doi.org/10.20535/2523-4455.2019.24.5.190452>
28. Drozdenko, O., Dozdenko, K., Leiko, O., Perchevska, L. (2020). The Thermal Fields Analysis of Sealed Cylindrical Piezoceramic Electroacoustic Transducers Compensated Construction. *2020 IEEE 40th International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO)*, 815–819. doi: <http://doi.org/10.1109/elnano50318.2020.9088757>

ALTERNATIVE AND RENEWABLE ENERGY SOURCES

DOI: 10.15587/2706-5448.2021.235198

THE USE OF WASTE FROM THE PRODUCTION OF GRAVEL AS FERTILIZER FOR CULTIVATION OF TECHNICAL ENERGY CROPS

pages 56–58

Anastasia Bondarenko, Department of Geo-Engineering, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine, e-mail: 22nastia1022@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2506-4716>

Oksana Tverda, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Geo-Engineering, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine, e-mail: tverdaya@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3163-0972>

Mykola Repin, PhD, Department of Geo-Engineering, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine, e-mail: rmv.kpi.iee@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0318-8278>

Kostiantyn Tkachuk, Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Geo-Engineering, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine, e-mail: kkttkk297@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5230-9980>

Oleksii Kofanov, PhD in Economics, PhD in Engineering, Senior Lecturer, Department of Geo-Engineering, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine, e-mail: aleckof@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2181-9288>

Olena Kofanova, Doctor of Pedagogical Sciences, PhD, Professor, Department of Geo-Engineering, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine, e-mail: alexina555@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9851-6392>

The object of research is the process of management and treatment of crushed stone production waste. Modern approaches to the disposal of crushed stone production waste are analyzed. It is revealed that crushed stone production wastes are mainly used in the construction industry, and their volumes of use are insufficient to neutralize the impact of dumps on the environment. The chemical composition of crushed stone production wastes was analyzed and

an experiment was carried out to determine the possibility of their use as fertilizers for the cultivation of industrial energy crops. For the experiment, an energy crop was chosen – sorghum. Sorghum seeds were placed in two types of soil: regular peat substrate and peat substrate with the addition of rock in a ratio of 60:40. Waste from crushed stone production – rock, which includes: quartzite – 90–98 %, pyrophyllite – 1–9 %, ore mineral – 0.3–1 %. The results of the experiment showed an increase in the biomass of sorghum grown on a peat substrate with the addition of rock, 1.5 times, compared with that grown on a conventional peat substrate. Accordingly, the energy yield of sorghum per hectare of field will also grow by 50 %. In addition to increasing the biomass of sorghum, as a result of the experiment, an increase in the number of secondary and tertiary roots was found when it was grown on a peat substrate with the addition of rock. A more developed root system allows the plant to receive more moisture and nutrients, thereby increasing its endurance and drought resistance. The results obtained can be explained by the positive effect of silica, of which more than 90 % of the rock is composed, on the growth and development of plants. It is proposed to increase the level of environmental safety of mining regions through the use of crushed stone waste as fertilizers for industrial energy crops and the transition to alternative energy sources, in particular biofuels made on the basis of these crops.

Keywords: utilization of rock dumps, energy characteristics of sorghum, physicochemical characteristics of sorghum.

References

1. Tverda, O. Ya., Vorobiov, V. D., Davydenko, Yu. A. (2015). Investigation the process of dust scattering from quarry heap in the working and surrounding areas. *Visnyk NTUU «KPI». Seriya «Hirnyctvo»*, 29, 96–103.
2. Vaitkevičius, V., Šerelis, E., Lygutaitė, R. (2013). Production Waste of Granite Rubble Utilisation in Ultra High. *Journal of Sustainable Architecture and Civil Engineering*, 2 (3). doi: <https://doi.org/10.5755/j01.sace.2.3.3873>
3. Lokeshwari, M., Jagadish, K. S. (2016). Eco-friendly Use of Granite Fines Waste in Building Blocks. *Procedia Environmental Sciences*, 35, 618–623. doi: <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2016.07.049>
4. Allam, M., Bakhoun, E., Garas, G. (2014). Re-use of granite sludge in producing green concrete. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, 9 (12), 2731–2737.
5. Khan, M., Rana, H. (2020). Granite Slurry: A Valued By-Product as Fertilizer. *International Journal of Research and Innovation in Applied Science*, V (IV), 143–145.

6. Fedorchuk, M. I., Kokovikhin, S. V., Kalenska, S. M. et. al. (2017). Naukovo-teoretychni zasady ta praktychni aspekty formuvannia ekoloho-bezpechnykh tekhnolohiy vyroshchuvannia ta pererobky sorho v stepoviy zoni Ukrainy. Kherson, 208.
7. Polianskyi, O. S., Diakonov, O. V., Skrypnyk, O. S. et. al. (2017). Napriamy rozvytku alternatyvnykh dzherel enerhiyi: aktsent na tverdomu biopalyvi ta hnuchkykh tekhnolohiiakh yoho vyhotovlennia. Kharkiv: KhNUMH im. O. M. Beketova, 136.
8. Yesipov, O. V. (2020). Sorho – vazhlyva enerhetychna kultura. *Alternatyvni dzherela enerhiyi, enerhozberezhennia ta ekolohichni aspekty v ahromomu sektori: materialy vseukr. nauk.-prakt. konf.* Kharkiv, 75–76.
9. López-Sandin, I., Gutiérrez-Soto, G., Gutiérrez-Díez, A., Medina-Herrera, N., Gutiérrez-Castorena, E., Zavala-García, F. (2019). Evaluation of the Use of Energy in the Production of Sweet Sorghum (*Sorghum Bicolor* (L.) Moench) under Different Production Systems. *Energies*, 12 (9), 1713. doi: <https://doi.org/10.3390/en12091713>
10. Matychenkov, V. V., Bocharnikova, E. A., Amosova, Ya. M. (2015). Amorfnyy kremnezem opal-kristobalitovykh porod kak vozobnovlyaemoe syr'e dlya sinteza kremniyorganicheskikh soedineniy i silikatov. *Chast' 4. Vliyanie kremnievykh udobreniy na rasteniya i pochvu. Butlerovskie soobscheniya*, 43 (9), 17–25.
11. Frew, A., Weston, L. A., Reynolds, O. L., Gurr, G. M. (2018). The role of silicon in plant biology: a paradigm shift in research approach. *Annals of Botany*, 121 (7), 1265–1273. doi: <https://doi.org/10.1093/aob/mcy009>



MECHANICS

DOI: 10.15587/2706-5448.2021.235397

ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ ANSYS AUTODYN ПРИ ОЦІНЦІ ПРОТИМІННОЇ СТІЙКОСТІ СПЕЦІАЛІЗОВАНИХ БРОНЬОВАНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ сторінки 6–15

Шлык С. В.

Об'єктом дослідження є процеси імпульсного вибухового навантаження в явній постановці для моделювання складної нелінійної динаміки твердих тіл, газів і їх взаємодії. Одним з найбільш проблематичних місць сучасних досліджень нелінійних динамічних навантажень матеріалів за допомогою чисельного аналізу є те, що такі дослідження зазвичай не враховують характерний перехід стаціонарного осередку деформації навантажуваного матеріалу до нестационарного та зміну у часі тиску фронту та швидкості ударної хвилі.

Робота націлена на розробку математичної моделі імпульсного навантаження матеріалів ударною хвилею, утвореною внаслідок детонації заряду вибухової речовини, розробку математичного апарату розрахунку параметрів ударної хвилі, створення аналітичних залежностей взаємодії ударної хвилі із навантажуваною поверхнею. Пропонується дослідження динамічного вибухового навантаження із застосуванням програмних комплексів, що використовують явний метод рішення рівнянь механіки суцільного середовища.

У роботі отримали подальший розвиток рівняння напруженого стану в точці матеріалу за умов імпульсного навантаження, встановлено способи визначень головних напружень та інваріант тензора напружень з урахуванням імпульсного характеру навантаження. Встановлено характер поведінки ударної хвилі, що утворюється внаслідок детонації вибухової речовини. Складено аналітичні залежності взаємодії ударної хвилі із навантажуваною поверхнею. Розроблено математичний апарат розрахунку таких параметрів ударної хвилі, як тиск фронту детонації та його зміна в часі, та швидкість ударної хвилі в момент виходу на поверхню.

Розроблені та запропоновані математичні залежності, які, на відміну від існуючих, дозволяють визначати поточні значення напружень та деформацій, що проходять через точки кривої дійсних напружень, а також інтенсивності напружень та деформацій при імпульсному навантаженні металів.

На основі теоретичних та експериментальних досліджень параметрів формозміни матеріалу кузова під дією вибухового навантаження виконане з'ясування механізмів руйнування кузова спеціалізованих броньованих автомобілів КрАЗ «Shrek» та КрАЗ «Fiona» для встановлення відповідності заявленої протимінної стійкості автомобілів угоді зі стандартизації STANAG 4569.

Ключові слова: протитанкові міни, імпульсне вибухове навантаження, броньована техніка, математична модель деформації, метод скінченних елементів.

DOI: 10.15587/2706-5448.2021.232050

УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСІВ СУМІШОУТВОРЕННЯ В ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНАХ сторінки 16–18

Княуб Л. В.

Об'єктом дослідження є газодинамічні вихрові процеси у гетерогенних полідисперсних потоках. Одним з найбільш проблемних питань двигунобудування є повнота згоряння та швидкість вигорання палива в заданих координатах на відведеному годинному інтервалі по камері згоряння. Ці показники, в свою чергу, визначають жорсткі вимоги до використаних палив по теплофізичних параметрах, які впливають на розпилювання, випаровування та змішування з окислювачем. В ході проведення дослідження використовувалися методи математичного моделювання на підставі теорії подібності. Розроблено способи підготовки пальної суміші для бездетонаційного згоряння дешевого альтернативного палива. Запропоновано методику оцінки якості розпилювання низькоцетанових палив. Отримано математичну модель розрахунку зміни параметрів якості розпилення та диференціальної характеристики уприскування палива. Це необхідно для теоретичних досліджень газодинамічних процесів у додаткових системах живлення дизелів при нестационарній тривимірній течії з перемінними параметрами полідисперсного потоку пальної суміші. Доведено, що при зменшенні частоти обертання кулачкового валу швидкість уприскування буде недостатньою для реалізації необхідної якості розпилення внаслідок зменшення швидкості. Це дозволило переформити конструкцію додаткової системи з використанням роздільної подвійної подачі палива. Розроблено дослідницькі зразки додаткової системи живлення дизельного двигуна ЯМЗ–24 ОН (Ярославський моторний завод, Росія). Виконано порівняльні випробування роботи двигуна на стабільному газоконденсаті основною паливною апаратурою та додатковою системою. Отримано осцилограми випробувань і виконано їх аналіз.

Результати досліджень дали підставу для використання в дизельних двигунах низькоцетанового дешевого газоконденсату. Це дозволить покращити економічні, потужнісні та екологічні показники роботи двигунів. У порівнянні із стандартними високоцетановими паливами ціна пального зменшиться на 40 %, потужність двигуна зросте на 20 %, а екологічні показники відпрацьованих газів покращаться на 10–30 %.

Ключові слова: додаткова система живлення, паливна апаратура, альтернативне паливо, якість розпилювання, індукційний період, повнота згоряння.

DOI: 10.15587/2706-5448.2021.235403

ВПЛИВ ЖОРСТКОСТІ ОХОРОННИХ СПОРУД ГІРНИЧИХ ВИРОБОК НА СТІЙКІСТЬ БІЧНИХ ПОРІД У ВУГЛЕПОРОДНОМУ МАСИВІ сторінки 19–22

Король А. В.

Об'єктом дослідження є процеси управління станом бічних порід для запобігання обвалень розширеної породної товщі в вуглепородному масиві, що вміщає виробки. Проведені дослідження дозволили встановити вплив жорсткості охоронних споруд гірничих

виробок на стійкість бокових порід у вуглепородному масиві. Доведено, що в результаті дії зовнішнього стискаючого навантаження на підтримуючу бічні породи конструкцію, у вигляді моделі кушів з дерев'яних стійок, її жорсткість збільшується до моменту руйнування охоронної споруди. Після цього спостерігається посилення конвергенції бічних порід і їх руйнування. Зміна жорсткості дробленої породи в моделі закладного масиву, який використовується для підтримки бічних порід, відбувається в результаті ущільнення вихідного матеріалу. Це обумовлено перепакуванням фракцій дробленої породи різних розмірів і її додатковим подрібненням. В результаті такої взаємодії бічних порід з закладним масивом забезпечуються цілісність покрівлі та підшви, та обмежується конвергенція. Для оцінки стійкості бічних порід запропоновано використовувати безрозмірний коефіцієнт концентрації напружень k . Цей коефіцієнт враховує жорсткість охоронних споруд гірничих виробок і згинальну жорсткість бічних порід. Встановлено, що при значеннях коефіцієнта k близьких до нуля ($k \rightarrow 0$) відбувається втрата стійкості охоронних споруд гірничих виробок і руйнування бічних порід в вуглепородному масиві. Збереження цілісності бічних порід і стійкість охоронних споруд забезпечується при значеннях $k > 0,1$, що відповідає параметрам піддаєливих підтримуючих конструкцій. Найбільш сприятливо на стан бічних порід в вуглепородному масиві впливає спосіб охорони закладкою виробленого простору дробленої породи. Застосування цього способу виключає обвалення бічних порід. При вирішенні проблеми стійкості гірничих виробок на стадії прийняття технічних рішень необхідно визначати питання жорсткості охоронних споруд з деформаційними характеристиками бічних порід.

Ключові слова: бічні породи, охоронне спорудження, деформаційні характеристики, гірничі виробки, дроблена порода, закладний масив.

MATERIALS SCIENCE

DOI: 10.15587/2706-5448.2021.235405

ВИКОРИСТАННЯ ПУЛЬСУЮЧОГО РОЗПИЛЮВАЛЬНОГО ПОВІТРЯНОГО ПОТОКУ ДЛЯ ЕЛЕКТРОДУГОВОГО НАПИЛЕННЯ РІЗНИХ ТИПІВ ПРОВОЛОКИ сторінки 23–27

Рояков В. О., Захарова І. В.

Об'єктом дослідження є управління процесом формування розпилювального потоку повітря та перенесенням частинок рідкого металу електродів при дуговому напиленні. Одним із проблемних місць процесу дугового напилення є окислення частинок розпилювального металу киснем повітряного потоку в процесі транспортування до напилюваної поверхні. Це призводить до того, що утворюється досить велика кількість окислів хімічних елементів, які значно погіршують міцність зчеплення та вигоряють легуючі елементи, які необхідні для отримання зносостійкого та корозійностійкого покриття. Придатність і стійкість покриттів в процесі експлуатації залежить від міцності зчеплення з основою.

В ході дослідження використовувалися методи визначення міцності зчеплення покриття з основою – за основу взято метод «Стефенса», методи вивчення мікроструктури покриттів. Дані оброблялися та були побудовані графіки залежностей.

Запропонований в роботі метод дозволяє підвищити якість одержуваного покриття за таким показником, як поліпшення за хімічним складом. А також впливати на хімічний склад шляхом управління процесом перенесення розплавленого металу застосуванням пульсуючого потоку повітря.

Отримані результати апробації методу дозволяють вважати його ефективним, про що свідчить якість одержуваних покриттів. Це пов'язано з тим, що коректність постановки та рішення задачі забезпечили отримання адекватних результатів. На відміну від існуючих методів, запропонований дозволяє значно впливати на кількість шкідливого кисню, який бере участь в процесі утворення напилюваного покриття, що дає можливість отримати напилений шар з необхідними експлуатаційними характеристиками. А також дозволяє підвищити його якість без істотних капітальних витрат. Крім того, вирішуються питання ресурсо- та енергозбереження, оскільки знижується вигорання хімічних елементів і зменшуються витрати повітря при дуговій металізації. Для вирішення поставленого завдання запропонована проста конструкція пульсатора, що забезпечує можливість управління розпилювальним потоком шляхом регулювання рівня перекриття отворів.

Ключові слова: пульсуючий розпилювальний потік, напилювана поверхня, міцність зчеплення, зносостійке та корозійностійке покриття.

DOI: 10.15587/2706-5448.2021.235421

АНАЛІЗ СИЛ РІЗАННЯ ПРИ ШЛІФУВАННІ ТИТАНОВОГО СПЛАВУ ТА КОРОЗІЙНОСТІЙКОЇ СТАЛІ КРУГАМИ З АЛМАЗУ, ЕЛЕКТРОКОРУНДУ ТА КУБІЧНОГО НІТРИДУ БОРУ сторінки 27–33

Лебедев В. Г., Чумаченко Т. В., Беспалова А. В., Ніколаєва Т. В., Омельченко Е. І.

Об'єктом дослідження є процес круглого та плоского шліфування титанового сплаву та корозійностійкої сталі, а саме сил різання, що виникають при механічній обробці. Одним з найбільш проблемних місць в роботі є підбір необхідних режимів шліфування, матеріалу та зернистості шліфувального круга.

В ході експерименту використовувались зразки титанового сплаву BT8 та сталі 12X18H9T, на яких досліджувався процес шліфування кругами з різних матеріалів (електрокорунд, кубічний нітрид бору (КНБ), алмаз). Отримано величини сил різання P_y та P_z в широті допустимих режимів, які найчастіше застосовуються при круглому та плоскому шліфуванні, та можуть досягати максимальних значень, відповідно, $P_y = 27$ Н, $P_z = 15,5$ Н. Дані отримані при невеликій швидкості круга з електрокорунду, порядку 15 м/с та зернистістю 8. Зменшуючи зернистість круга, отримуємо ефект збільшення енергетичних витрат процесу шліфування, за рахунок зростання величин сил різання. Якщо порівнювати сили різання, що виникають при шліфуванні різними кругами, то можливо відзначити наступне. У порівнянні з електрокорундовими кругами, при використанні кругів з КНБ сили різання зменшуються на 20–25 %, а, здійснюючи шліфування алмазними кругами (незважаючи на високий знос алмазного круга), вплив сил різання знижується

на 25–30 %. Це пов'язано з тим, що умови різання найбільш сприятливі алмазними та зернами з КНБ, що дає можливість використовувати більш напружені режими різання.

Результати дослідження дозволяють прогнозувати працездатність шліфувального круга, зменшити енергозатрати виробництва, а також скорегувати режим обробки деталі для отримання необхідних показників якості поверхневого шару та геометричних розмірів деталі.

Ключові слова: титановий сплав ВТ8, сили різання, технічна міцність, конструктивна міцність, зменшення енерговитрат на шліфування.

ELECTRICAL ENGINEERING AND INDUSTRIAL ELECTRONICS

DOI: 10.15587/2706-5448.2021.232821

ОЦІНКА ФОРМИ НАПРУГИ НА ВЕРШИНІ ОПОРИ ЛІНІЇ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧІ, УРАЖЕНОЇ БЛИСКАВКОЮ НЕГАТИВНОЇ ТА ПОЗИТИВНОЇ ПОЛЯРНOSTІ сторінки 34–39

Троценко Є. О., Dixit М. М., Бржезицький В. О., Гаран Я. О.

Об'єктом дослідження є схема, яка моделює удар блискавки в опору лінії електропередачі класу 220 кВ з урахуванням відбиття хвилі струму від 10 найближчих опор. Розрахунок потенціалу, що виникає на вершині ураженої опори, необхідний в подальшому для визначення блискавкозахисту лінії різними методами. Струм блискавки має кілька максимумів, в разі позитивної полярності імпульсу і, відповідно, кілька мінімумів, в разі негативної полярності, які узагальнено називають піками. Крім того, імпульс струму блискавки має непостійну крутизну у всій області наростання струму до першого піку. Апроксимація реального струму блискавки спрощеними математичними виразами не може врахувати всі його реальні особливості. Для більш детального дослідження перехідних процесів, обумовлених грозовою діяльністю, існує необхідність при моделюванні використовувати осцилограми реальних струмів блискавки.

Завдання визначення напруги на вершині ураженої опори лінії електропередачі було вирішено за допомогою схемотехнічного моделювання. Для поглибленого дослідження того, як форма імпульсу струму блискавки впливає на форму напруги на вершині ураженої опори, були використані оцифровані осцилограми реальних струмів блискавки. Моделювання було проведено для 7 імпульсів негативної блискавки з першим піком, що варіюється від –33.380 кА до –74.188 кА. У разі позитивної блискавки було використано 3 осцилограми з першим піком, що варіюється від +38.461 кА до +41.012 кА.

У даній роботі показано, що форма фронту імпульсу струму блискавки та амплітуда першого піку струму блискавки мають вирішальне значення на максимальне значення напруги на вершині опори лінії електропередачі, ураженої блискавкою. Максимальна напруга виникає саме на фронті хвилі струму перед першим піком струму блискавки. Тому, зворотне перекриття ізоляції з опори на фазний провід найбільш ймовірно в момент часу на фронті хвилі струму. До моменту досягнення максимуму струму напруга на вершині опори буде знижена на кілька десятків відсотків, в порівнянні з максимальною напругою на опорі, яка виникає значно раніше на фронті хвилі струму.

Проведене дослідження робить внесок в розвиток методів розрахунку блискавкозахисту ліній електропередач і розширення області застосування програм схемотехнічного моделювання.

Ключові слова: удар блискавки, блискавкозахист, лінія електропередавання, відбиття хвиль, осцилограми реальних струмів блискавки.

DOI: 10.15587/2706-5448.2021.233852

РОЗРОБКА МЕТОДИКИ СТРУКТУРНО-ПАРАМЕТРИЧНОГО СИНТЕЗУ ПІДСИСТЕМИ ЗАВАДОЗАХИСТУ СИСТЕМ РАДІОЗВ'ЯЗКУ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ сторінки 40–44

Шмишацький А. В., Гасан В. І., Гасан А. І., Кравчук С. М., Шидловський Ю. Л., Опалак А. В., Модлінський О. С., Кобилянський О. О., Безстрочний І. М., Онбінський Я. О.

Об'єктом дослідження є система військового радіозв'язку. Одним з найбільш проблемних місць при управлінні радіоресурсом військових радіомереж є завадозахищеність систем та засобів військового радіозв'язку. Дослідженню шляхів підвищення завадозахищеності систем та засобів військового радіозв'язку присвячено низку робіт. Проте відомі роботи містять окремі результати досліджень вчених, що спрямовані на підвищення завадозахищеності систем та засобів військового радіозв'язку та не мають комплексного підходу. У даній роботі вирішено завдання з розробки методики структурно-параметричного синтезу підсистеми завадозахисту систем радіозв'язку спеціального призначення.

Наукове завдання вирішено за допомогою формалізації завдання структурно-параметричного синтезу підсистеми завадозахисту систем військового радіозв'язку, починаючи з її математичного опису та синтезу кількісної та якісної структури підсистеми завадозахисту. В ході проведеного дослідження авторами роботи були використані основні положення теорії масового обслуговування, теорії автоматизації, теорії складних технічних систем, а також загальнонаукові методи пізнання, а саме аналізу та синтезу. Новизна зазначеної методики полягає в синтезі структури системи військового радіозв'язку та параметрів системи радіозв'язку в умовах радіоелектронного конфлікту. Зазначена методика є багатокритеріальною, в якій параметри є різними за значимістю. В основу зазначеної методики покладений принцип нелінійної схеми компромісів А. Н. Вороніна. Зазначена методика дозволяє:

- синтезувати структуру системи радіозв'язку в умовах радіоелектронного конфлікту;
- визначити оптимальну кількість засобів радіозв'язку для забезпечення завдань управління в умовах радіоелектронного конфлікту;
- обґрунтувати набір механізмів підвищення завадозахищеності підсистеми завадозахисту в умовах радіоелектронного конфлікту.

Результати дослідження доцільно використовувати на етапі планування та оперативного управління структурою та параметрами роботи систем військового радіозв'язку.

Ключові слова: система військового радіозв'язку, ієрархічна декомпозиція, функціональна структура мереж, радіоелектронне подавлення, дестабілізуючі фактори.

DOI: 10.15587/2706-5448.2021.233947

РОЗРОБКА МЕТОДУ ОПТИМІЗАЦІЇ ПРОДУКТИВНОСТІ АРХІТЕКТУРНО-НЕЗАЛЕЖНИХ АПАРАТНИХ ПЛАТФОРМ сторінки 45–49

Дуда Л. Т.

Об'єктом дослідження є одноплатний комп'ютер Raspberry Pi. У роботі досліджується оптимізація архітектурно-незалежних апаратних платформ на його прикладі. В основу дослідження покладено комплексний науковий підхід, який базується на системно-аналітичному, структурно-функціональному, емпіричному та типологічному підході. Підкреслено, що вся лінійка Raspberry Pi застосовує процесори з APM-архітектурою. Наведено генезис Raspberry Pi, визначено параметри останньої збірки. Наголошено, що остання версія датується листопадом 2020 року. Вона оснащена бездротовими WiFi та Bluetooth модулями (2×USB 3.0 та 1×USB 2.0 порти типу A, 5.0, BLE), які розширюють межі застосування міні-ПК в області Ethernet-технологій та має частоту 1.8 ГГц. Сформовано зовнішній вигляд однієї з популярних плат Raspberry Pi B+, з відокремленням основних блоків. Визначено основні принципи підвищення продуктивності одноплатного комп'ютера Raspberry Pi, кожен з яких ґрунтується на певному механізмі. У першому варіанті – це додавання ZRAM у якості блокового пристрою на основі стисненого оперативного запам'ятовуючого пристрою. Описано принцип дії ZRAM, наведено механізм активації ZRAM на Raspberry Pi. Для підвищення продуктивності одноплатного комп'ютера Raspberry Pi обґрунтовано застосування NVMe-диска. Підкреслено, що NVMe-диск є надійним, має високу швидкість передачі даних. Підключення його до одноплатного комп'ютера Raspberry Pi є оптимальним рішенням для підвищення продуктивності. Наведено послідовність налаштування, запропоновано чисельний результат роботи NVMe-диску на базі одноплатного комп'ютера Raspberry Pi. Запропоновано, у якості принципу підвищення продуктивності, встановлення ICE Tower CPU на базі Raspberry Pi. Зазначено, що ICE Tower CPU – це охолоджуюча система, яка призначена для охолодження Raspberry Pi. Описано принципи налаштування ICE Tower CPU та результат коливання температурних складників за допомогою gri-monitor. У рамках проведеного дослідження отримано поліпшення продуктивності від 26 % до 34 %, що в основному відповідає очікуваному теоретичному поліпшенню на 34 %.

Ключові слова: одноплатний комп'ютер Raspberry Pi, APM-архітектура, пропускна здатність, архітектурно-незалежна платформа, ICE Tower CPU.

TECHNOLOGY AND SYSTEM OF POWER SUPPLY

DOI: 10.15587/2706-5448.2021.231279

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КОРПУСУ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ОХОЛОДЖЕННЯ П'ЕЗОКЕРАМІЧНОГО ЕЛЕКТРОАКУСТИЧНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА ТИПУ ЛАНЖЕВЕНА сторінки 50–55

Перчевська Л. В., Дрозденко О. І., Дрозденко К. С., Лейко О. Г.

Об'єктом дослідження є теплові процеси в п'єзокерамічному електроакустичному перетворювачі (ПЕП) типу Ланжевена з урахуванням корпусу. При роботі п'єзокерамічні електроакустичні перетворювачі нагріваються. Перегрів перетворювача призводить до негативних наслідків, що супроводжуються зміною параметрів, характеристик приладу, також виходом з ладу перетворювача. Або обмеженням на тривалість і режим роботи, вихідну потужність, струм, амплітуду та швидкість коливань перетворювача.

В роботі проведено дослідження впливу корпусу на температурне поле ПЕП типу Ланжевена методом скінчених елементів, за допомогою моделювання в SolidWorks. Показано результати зменшення температури таких методів охолодження:

- заповнення порожнини корпусу електроізоляційною рідиною, газом, сумішшю термопаст;
 - використання отворів в корпусі;
 - зміна форми тильної накладки на таку, що має радіаторні бокові ребра, вертикальні радіаторні ребра, циліндричні радіаторні ребра;
 - теплорозсіючий шар;
 - використання активного охолодження повітрям з трьома різними швидкостями.

Виявлена найбільша ефективність 53 % та рівномірне температурне поле при заповненні сумішшю термопаст, але таке рішення супроводжується додатковими експериментами та підготовчим етапом з сумішшю. Ефективність охолодження 47 % дало активне охолодження – обдув повітрям, та для такого способу необхідно додаткове обладнання. Заповнення електроізоляційною рідиною дало ефективність охолодження 27 % – оптимальний результат, який не потребує дороговартісних вкладень. Повільне обдування корпусу або додавання тільки отворів дало зменшення температури максимального нагріву від 10 до 20 %, тому, якщо конструкція ПЕП дозволяє наявність отворів, то необхідно раціонально їх розташовувати. Зміна форми тильної накладки, теплорозсіючий елемент, заповнення корпусу газом дало ефективність зменшення максимальної температури на 6–8 % у порівнянні з закритим корпусом з повітрям.

Результати досліджень дають можливість обрати оптимальний варіант зменшення температури нагріву ПЕП типу Ланжевен для підвищення ефективності його роботи та тривалої безвідказної роботи.

Ключові слова: п'єзокерамічний електроакустичний перетворювач, перетворювач типу Ланжевена, стрижневий перетворювач, нагрів перетворювача, теплове поле перетворювача.

ALTERNATIVE AND RENEWABLE ENERGY SOURCES

DOI: 10.15587/2706-5448.2021.235198

ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ ВИРОБНИЦТВА ШЕБЕНЮ ЯК ДОБРИВ ДЛЯ ВИРОЩУВАННЯ ТЕХНІЧНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ КУЛЬТУР сторінки 56–58**Бондаренко А. О., Тьерда О. Я., Репін М. В., Ткачук К. К., Кофанов О. Є., Кофанова О. В.**

Об'єктом дослідження є процес управління та поводження з відходами виробництва щебеню. Проаналізовано сучасні підходи до утилізації відходів виробництва щебеню. Виявлено, що відходи виробництва щебеню, в основному, використовуються у будівельній галузі, а обсяги використання є недостатніми, щоб нейтралізувати вплив відвалів на навколишнє середовище. Проаналізовано хімічний склад відходів виробництва щебеню та проведено експеримент для визначення можливості їх використання як добрив для вирощування технічних енергетичних культур. Для проведення дослідів обрано енергетичну культуру – сорго. Насінини сорго розміщували у два типи ґрунту: звичайний торф'яний субстрат і торф'яний субстрат з додаванням гірської породи в співвідношенні 60:40. Відходи виробництва щебеню – гірська порода, до складу якої входять: кварцит – 90–98 %, пірофіліт – 1–9 %, рудний мінерал – 0,3–1 %. Результати експерименту показали збільшення біомаси сорго, вирощеного на торф'яному субстраті з додаванням гірської породи, у 1,5 раза, у порівнянні з вирощеним на звичайному торф'яному субстраті. Відповідно енергетичний вихід сорго з 1 га поля також зростає на 50 %. Окрім збільшення біомаси сорго, в результаті експерименту встановлено збільшення кількості вторинних та третинних корінців за умови вирощування його на торф'яному субстраті з додаванням гірської породи. Більш розвинена коренева система дає можливість рослині отримувати більше вологи та живильних речовин, тим самим підвищуючи її витривалість і посухостійкість. Отримані результати можна пояснити позитивним впливом кремнезему, з якого більш ніж на 90 % складена гірська порода, на ріст і розвиток рослин. Запропоновано підвищувати рівень екологічної безпеки гірничодобувних регіонів за рахунок використання відходів виробництва щебеню як добрив для технічних енергетичних культур та переходу на альтернативні джерела енергії, зокрема біопаливо, виготовлене на основі цих культур.

Ключові слова: утилізація відвалів гірських порід, енергетичні характеристики сорго, фізико-хімічні характеристики сорго.