



MECHANICAL ENGINEERING TECHNOLOGY

DOI: 10.15587/2706-5448.2021.225458

DETERMINATION OF THE DYNAMIC LOAD OF THE CARRYING STRUCTURE OF THE HOPPER WAGON WITH THE ACTUAL DIMENSIONS OF STRUCTURAL ELEMENTS

pages 6–11

Oleksij Fomin, Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Cars and Carriage Facilities, State University of Infrastructure and Technologies, Kyiv, Ukraine, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2387-9946>, e-mail: fomin1985@ukr.net

Alyona Lovska, PhD, Associate Professor, Department of Wagon Engineering and Product Quality, Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv, Ukraine, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8604-1764>, e-mail: alyonaLovskaya.vagons@gmail.com

Pavel Skok, PhD, Associate Professor, Department of Economics, Marketing and Business Administration, State University of Infrastructure and Technologies, Kyiv, Ukraine, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2891-0295>, e-mail: 6563324@gmail.com

Ivan Rogovskii, PhD, Senior Researcher, Research Institute of Engineering and Technology, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6957-1616>, e-mail: irogovskii@gmail.com

The object of research is the supporting structure of the pellet wagon with the actual dimensions of the supporting elements. One of the most problematic areas is the determination of the indicators of dynamics and strength of the supporting structure of the hopper wagon with the actual dimensions of the structural elements.

A study of the dynamic loading of the supporting structure of the hopper wagon was carried out. At the same time, the actual dimensions of the structural elements were determined by means of field studies. Mathematical modeling of the dynamic loading of the load-carrying structure of a hopper wagon with the actual dimensions of structural elements was carried out by means of mathematical modeling. The studies were carried out in a flat coordinate system. The presence of three degrees of freedom of the supporting structure of the hopper wagon was taken into account: vibrations of twitching, bouncing and galloping. Differential equations were solved in the MathCad software package. In doing so, they were reduced to the Cauchy normal form, and then integrated using the Runge-Kutta method. It was found that the maximum value of the acceleration acting on the supporting structure of the hopper wagon is 38.5 m/s^2 , which is 2.7 % higher than the acceleration of the supporting structure with nominal dimensions.

Computer simulation of the dynamic loading of the supporting structure of the hopper wagon was carried out. The calculation was carried out using the finite element method in the SolidWorks Simulation (CosmosWorks) software package. It was found that the maximum accelerations are concentrated in the middle part of the supporting structure of the hopper wagon and amount to 36.2 m/s^2 . The F-criterion

was used to verify the developed model. The calculations showed that the calculated value of the criterion is $F_c=1.09$ and is less than the table value $F_t=3.29$. The adequacy hypothesis is not rejected.

The natural frequencies and vibration modes of the hopper wagon supporting structure were determined. It has been established that the values of natural vibration frequencies of the hopper wagon bearing structure with the actual dimensions of the structural elements are within the permissible limits.

The research will contribute to the creation of relevant developments to extend the service life of wagons that have exhausted their standard resource, as well as to increase the efficiency of railway transport operation.

Keywords: hopper wagon, supporting structure, dynamic loading, service life, railway transport, transport mechanics.

References

1. Bulich, D. I., Saprionova, S. Yu., Koshel, A. A. (2019). Assessment of the reliability of the residual life of load-bearing structures of freight wagons. *Lohistychnye upravlinnia ta bezpeka rukhu na transporti*, 17–19.
2. Saprionova, S. Yu., Bulich, D. I., Tkachenko, V. P. (2017). Prodovzhennia terminu ekspluatatsii vantazhnykh vahoniv. *Visnyk Shkhidnoukrainskoho Natsionalnoho universytetu imeni Volodymyra Dalia*, 3 (233), 179–182.
3. Okorokov, A., Fomin, O., Lovska, A., Vernigora, R., Zhuravel, I., Fomin, V. (2018). Research into a possibility to prolong the time of operation of universal open top wagon bodies that have exhausted their standard resource. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (7 (93)), 20–26. doi: <http://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.131309>
4. Afanasev, A. E. (2008). Razrabotka metodiki raschetno-eksperimentalnogo obosnovaniia prodleniia sroka sluzhby poluvagonov. *Izvestiia PGUPS*, 2, 125–135.
5. Boronenko, Iu. P., Tretiakov, A. V., Zharova, E. A. (2012). O korektyrovke Polozheniia o prodlenii sroka sluzhby gruzovykh vagonov, kursiruiuschikh v mezhdunarodnom soobschenii. *Eraziia vesti Moskva*, 10, 13–14.
6. Anofriev, V. H., Reidemeister, O. H., Kalashnyk, V. A., Kulieshov, V. P. (2016). To the issue of extending the service life of cars for transportation of pellets. Science and Transport Progress. *Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport*, 3 (63), 148–160. doi: <http://doi.org/10.15802/stp2016/74749>
7. Putiato, A. V., Konovalov, E. N., Afanaskov, P. M. (2016). Prediction of the residual resource of the coach hopper-batcher after long operation taking into account actual physical and mechanical characteristics of the material of the bearing structure. *Mekhanika mashin, mekhanizmov i materialov*, 1 (34), 26–35.
8. Bogomaz, G. I., Mekhov, D. D., Pilipchenko, O. P., Chernomashentseva, Iu. G. (1992). Nagruzhenost konteinerov-tsistern, raspolozhennykh na zheleznodorozhnoi platforme, pri udarakh v avtostsepku. *Dinamika ta keruvannia rukhom mekhanichnykh sistem*, 87–95.
9. Fomin, O., Lovska, A., Radkevych, V., Horban, A., Skliarenko, I., Gurenkova, O. (2019). The dynamic loading analysis of containers placed on a flat wagon during shunting collisions. *ARP Journal of Engineering and Applied Sciences*, 14 (21), 3747–3752.
10. Fomin, O., Lovska, A., Pistek, V., Kucera, P. (2020). Research of stability of containers in the combined trains during transporta-

- tion by railroad ferry. *MM Science Journal*, 2020 (1), 3728–3733. doi: http://doi.org/10.17973/mmsj.2020_03_2019043
11. Kirianov, D. V. (2006). *Mathcad 13*. Saint Petersburg: BKHV. Peterburg, 608.
 12. Diakonov, V. (2000). *MATCAD 8/2000: spetsialnii spravochnik*. Saint Petersburg: Piter, 592.
 13. *DSTU 7598:2014. Vahony vantazhni. Zahalni vymohy do rozrakhunkiv ta proektuvannia novykh i modernizovanykh vahoniv kolii 1520 mm (nesamokhidnykh)* (2015). Kyiv, 162.
 14. *GOST 33211-2014. Vagony gruzovye. Trebovaniia k prochnosti i dinamicheskim kachestvam* (2016). Moscow: Standartinform, 54.
 15. Fomin, O., Lovska, A., Pištěk, V., Kučera, P. (2019). Dynamic load effect on the transportation safety of tank containers as part of combined trains on railway ferries. *Vibroengineering PROCEDIA*, 29, 124–129. doi: <http://doi.org/10.21595/vp.2019.21138>
 16. Vatulia, G. L., Lobiak, O. V., Deryzemlia, S. V., Verevicheva, M. A., Orel, Y. F. (2019). Rationalization of cross-sections of the composite reinforced concrete span structure of bridges with a monolithic reinforced concrete roadway slab. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 664, 012014. doi: <http://doi.org/10.1088/1757-899x/664/1/012014>
 17. Vatulia, G., Komagorova, S., Pavliuchenkov, M. (2018). Optimization of the truss beam. Verification of the calculation results. *MATEC Web of Conferences*, 230, 02037. doi: <http://doi.org/10.1051/mateconf/201823002037>
 18. Kondratiev, A. V., Gaidachuk, V. E., Kharchenko, M. E. (2019). Relationships Between the Ultimate Strengths of Polymer Composites in Static Bending, Compression, and Tension. *Mechanics of Composite Materials*, 55 (2), 259–266. doi: <http://doi.org/10.1007/s11029-019-09808-x>
 19. Ivchenko, G. I., Medvedev, Iu. I. (2014). *Matematicheskaia statistika*. Moscow: Librikom, 352.
 20. Rudenko, V. M. (2012). *Matematychna statystyka*. Kyiv: Tsentr uchbovoi literatury, 304.

MECHANICS

DOI: 10.15587/2706-5448.2021.225474

INFLUENCE ESTIMATION OF THE INCLINATION ANGLE OF THE TOP OF THE NOISE PROTECTION BARRIER ON ITS EFFICIENCY

pages 12–16

Vitaly Zaets, PhD, Associate Professor, Department of Acoustic and Multimedia Electronic Systems, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine, e-mail: zaetsv@i.ua, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2232-9187>

The object of research is the sound field from linear sound sources around a rounded noise barrier of the same height and different angles of inclination of the top part of the barrier. It is known that the effectiveness of noise protection barriers depends primarily on the geometric dimensions of the barrier and the relative position of the sound source, barrier and area of noise protection. A large number of publications have been devoted to the study of the influence of these factors and some others, such as the influence of the earth's surface, sound absorption, sound insulation of the barrier. However, these works did not study the effect of the angle of the top part of the barrier on the change in the barrier efficiency.

In this paper, the reduction of sound levels from linear sound sources around noise barriers with different inclination angle of the top part of the barrier is investigated. Rounded barriers of the same height with different radii are considered, which made it possible to simulate barriers in which the top part of the barrier has a different inclination angle. An effectiveness of such barriers for various locations of the sound source, which could also affect the establishment of a pattern of changes in the effectiveness of barriers, is also considered. In addition, the results were analyzed over a wide frequency range. The calculation of the field around such a barrier was carried out using computer simulation using the finite element method. This method allows to easily change the geometric parameters of the barrier and the position of the sound source. The barriers were considered acoustically hard.

Thus, an influence of the inclination angle of the top part of the barrier on the sound field around the barrier from

various locations of sound sources in a wide frequency range is analysed. The results must be taken into account when designing noise barriers to reduce noise levels from traffic flows.

Keywords: noise barrier, inclination angle, wide frequency range, noise reduction, traffic flow noise.

References

1. Maekawa, Z. (1968). Noise reduction by screens. *Applied Acoustics*, 1 (3), 157–173. doi: [http://doi.org/10.1016/0003-682x\(68\)90020-0](http://doi.org/10.1016/0003-682x(68)90020-0)
2. Kurze, U. J., Anderson, G. S. (1971). Sound attenuation by barriers. *Applied Acoustics*, 4 (1), 35–53. doi: [http://doi.org/10.1016/0003-682x\(71\)90024-7](http://doi.org/10.1016/0003-682x(71)90024-7)
3. Simón, F., Pfretzschner, J., de la Colina, C., Moreno, A. (1998). Ground influence on the definition of single rating index for noise barrier protection. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 104 (1), 232–236. doi: <http://doi.org/10.1121/1.423273>
4. Isei, T. (1980). Absorptive noise barrier on finite impedance ground. *Journal of the Acoustical Society of Japan (E)*, 1 (1), 3–10. doi: <http://doi.org/10.1250/ast.1.3>
5. Hothersall, D. C., Chandler-Wilde, S. N., Hajmirzae, M. N. (1991). Efficiency of single noise barriers. *Journal of Sound and Vibration*, 146 (2), 303–322. doi: [http://doi.org/10.1016/0022-460x\(91\)90765-c](http://doi.org/10.1016/0022-460x(91)90765-c)
6. Oldham, D. J., Egan, C. A. (2011). A parametric investigation of the performance of T-profiled highway noise barriers and the identification of a potential predictive approach. *Applied Acoustics*, 72 (11), 803–813. doi: <http://doi.org/10.1016/j.apacoust.2011.04.012>
7. Kim, K. H., Yoon, G. H. (2015). Optimal rigid and porous material distributions for noise barrier by acoustic topology optimization. *Journal of Sound and Vibration*, 339, 123–142. doi: <http://doi.org/10.1016/j.jsv.2014.11.030>
8. Yang, C., Pan, J., Cheng, L. (2013). A mechanism study of sound wave-trapping barriers. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 134 (3), 1960–1969. doi: <http://doi.org/10.1121/1.4816542>
9. Wang, Y., Jiao, Y., Chen, Z. (2018). Research on the well at the top edge of noise barrier. *Applied Acoustics*, 133, 118–122. doi: <http://doi.org/10.1016/j.apacoust.2017.12.018>
10. Zhao, S., Qiu, X., Cheng, J. (2015). An integral equation method for calculating sound field diffracted by a rigid barrier on an

- impedance ground. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 138 (3), 1608–1613. doi: <http://doi.org/10.1121/1.4929933>
11. Ishizuka, T., Fujiwara, K. (2004). Performance of noise barriers with various edge shapes and acoustical conditions. *Applied Acoustics*, 65 (2), 125–141. doi: <http://doi.org/10.1016/j.apacoust.2003.08.006>
 12. Monazzam, M. R., Lam, Y. W. (2005). Performance of profiled single noise barriers covered with quadratic residue diffusers. *Applied Acoustics*, 66 (6), 709–730. doi: <http://doi.org/10.1016/j.apacoust.2004.08.008>
 13. Okubo, T., Fujiwara, K. (1998). Efficiency of a noise barrier on the ground with an acoustically soft cylindrical edge. *Journal of Sound and Vibration*, 216 (5), 771–790. doi: <http://doi.org/10.1006/jsvi.1998.1720>
 14. Didkovskiy, V., Zaets, V., Kotenko, S. (2020). Improvement of the efficiency of noise protective screens due to sound absorption. *Technology Audit and Production Reserves*, 3 (1 (53)), 11–15. doi: <http://doi.org/10.15587/2706-5448.2020.206018>
 15. Fujiwara, K., Hothersall, D. C., Kim, C. (1998). Noise barriers with reactive surfaces. *Applied Acoustics*, 53 (4), 255–272. doi: [http://doi.org/10.1016/s0003-682x\(97\)00064-9](http://doi.org/10.1016/s0003-682x(97)00064-9)
 16. Huang, X., Zou, H., Qiu, X. (2020). Effects of the Top Edge Impedance on Sound Barrier Diffraction. *Applied Sciences*, 10 (17), 6042. doi: <http://doi.org/10.3390/app10176042>
 17. Wang, Y., Jiao, Y., Chen, Z. (2018). Research on the well at the top edge of noise barrier. *Applied Acoustics*, 133, 118–122. doi: <http://doi.org/10.1016/j.apacoust.2017.12.018>
 18. Zaets, V. P. (2012). Noise reduction with soundproof screens. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (10), 25–33. Available at: <http://journals.urau.ua/eejet/article/view/5605>
 19. Trochymenko, M. P., Zaets, V. P., Osipchuk, L. N., Kotenko, S. G. (2019). The efficiency calculation method for noise barriers located on bridge structures. *Science & construction*, 22 (4), 45–51. Available at: <http://journal-niisk.com/index.php/scienceand-construction/article/view/119/114>
 20. Sotnikova, T. A. (2009). Akusticheskie svoystva shumozaschitnogo barera s kozyrkom. *Akustichnii visnik*, 12 (2), 57–64. Available at: [http://hydromech.org.ua/content/pdf/av/av-12-2\(57-64\).pdf](http://hydromech.org.ua/content/pdf/av/av-12-2(57-64).pdf)
 21. Zaets, V., Kotenko, S. (2017). Investigation of the efficiency of a noise protection screen with an opening at its base. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (5 (89)), 4–11. doi: <http://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.112350>

MATERIALS SCIENCE

DOI: 10.15587/2706-5448.2021.225500

INCREASING THE CRACK RESISTANCE OF HIGH-STRENGTH SELF-COMPACTING CONCRETE

pages 17–24

Vyacheslav Troyan, Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Technologies of Building Structures and Products, Kyiv National University of Building and Architecture, Kyiv, Ukraine, e-mail: s_troy@ukr.net, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0362-7541>

Bogdan Kindras, Chief Technologist, Joint-Stock Company «Darnytskyi Plant of Reinforced Concrete Structures», Kyiv, Ukraine, e-mail: bogdan.kindras@gmail.com, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5777-4590>

The object of research is high-strength self-compacting concrete, which does not require additional vibration during laying. One of the most problematic issues of high-strength self-compacting concretes is increased cracking, associated with large shrinkage deformations of such concretes and their fragile destruction.

A decrease in shrinkage deformations of concrete was established when part of the cement was replaced to mineral additives. This effect is explained by a decrease of the cement content and, accordingly, a decrease of the chemical component of the autogenous shrinkage of concrete, and an increase of the adsorptive binding of capillary moisture by mineral additives, with reduces the physical drying shrinkage of concrete. In this case, the type and dispersion of the used mineral additive can affect to the shrinkage deformations of concrete. A significant decrease in shrinkage deformations when using metakaolin is explained by an increase the amount of ettringite as a result of the reaction of active metakaolin Al_2O_3 with two-water gypsum of cement. It was found that the replacement of cement to 10 % of mineral additives leads to a decrease in the value of the critical stress intensity factor (SIF), which is compensated by a decrease of the fragility of concrete fracture (an increase

of the area of microplastic deformations). At the same time, the type of mineral additive used does not affect to the value of the critical stress intensity factor, but significantly affects to the fragility of fracture of concrete samples. The introduction of 10 % mineral additives (to replace cement) had a positive effect on the retention of flow of self-compacting concrete mixes; the best results according to this criterion were observed when using silica fume, fly ash and limestone. All mineral modifiers, except for silica fume, led to a decrease of the compressive strength of high-strength concretes on all terms of hardening. In the case of the tensile strength of concrete at bending and splitting, with the introduction of silica fume, metakaolin and fly ash, a positive effect was observed compared to the base composition without additives.

Comprehensive accounting of the results obtained will allow a reasonable approach to the design of high-strength self-compacting concretes with increased crack resistance.

Keywords: high-strength concrete, self-compacting concrete, crack resistance of concrete, flexural modulus, stress intensity factor.

References

1. Maia, L., Figueiras, H., Nunes, S., Azenha, M., Figueiras, J. (2012). Influence of shrinkage reducing admixtures on distinct SCC mix compositions. *Construction and Building Materials*, 35, 304–312. doi: <http://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2012.02.033>
2. Turcry, P., Loukili, A., Haidar, K., Pijaudier-Cabot, G., Belarbi, A. (2006). Cracking Tendency of Self-Compacting Concrete Subjected to Restrained Shrinkage: Experimental Study and Modeling. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 18 (1), 46–54. doi: [http://doi.org/10.1061/\(asce\)0899-1561\(2006\)18:1\(46\)](http://doi.org/10.1061/(asce)0899-1561(2006)18:1(46))
3. Rozière, E., Granger, S., Turcry, P., Loukili, A. (2007). Influence of paste volume on shrinkage cracking and fracture properties of self-compacting concrete. *Cement and Concrete Composites*, 29 (8), 626–636. doi: <http://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2007.03.010>
4. Alrifai, A., Aggoun, S., Kadri, A., Kenai, S., Kadri, E. (2013). Paste and mortar studies on the influence of mix design parameters on autogenous shrinkage of self-compacting concrete.

- Construction and Building Materials*, 47, 969–976. doi: <http://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.05.024>
5. Leemann, A., Nygaard, P., Lura, P. (2014). Impact of admixtures on the plastic shrinkage cracking of self-compacting concrete. *Cement and Concrete Composites*, 46, 1–7. doi: <http://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2013.11.002>
 6. Klug, Y., Holschemacher, K. (2003). Comparison of the hardened properties of self-compacting and normal vibrated concrete. *Proc. 3rd Int. RILEM Symp. on Self-Compacting Concrete*. Reykjavik, 596–605.
 7. Weiss, J., Berke, N. (2002). Shrinkage reducing admixtures in early age cracking in cementitious systems. *Report of RILEM Technical Committee 181-EAS. Early ageshrinkage induced stresses and cracking in cementitious systems*. RILEM Publications SARL, 350.
 8. Oliveira, M. J., Ribeiro, A. B., Branco, F. G. (2015). Curing effect in the shrinkage of a lower strength self-compacting concrete. *Construction and Building Materials*, 93, 1206–1215. doi: <http://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.04.035>
 9. Lomboy, G., Wang, K., Ouyang, C. (2011). Shrinkage and Fracture Properties of Semiflowable Self-Consolidating Concrete. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 23 (11), 1514–1524. doi: [http://doi.org/10.1061/\(asce\)mt.1943-5533.0000249](http://doi.org/10.1061/(asce)mt.1943-5533.0000249)
 10. Collepardi, M., Borsoi, A., Collepardi, S., Ogoumah Olagot, J. J., Troli, R. (2005). Effects of shrinkage reducing admixture in shrinkage compensating concrete under non-wet curing conditions. *Cement and Concrete Composites*, 27 (6), 704–708. doi: <http://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2004.09.020>
 11. Corinaldesi, V. (2012). Combined effect of expansive, shrinkage reducing and hydrophobic admixtures for durable self compacting concrete. *Construction and Building Materials*, 36, 758–764. doi: <http://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2012.04.129>
 12. Aslani, F., Nejadi, S. (2013). Creep and Shrinkage of Self-Compacting Concrete with and without Fibers. *Journal of Advanced Concrete Technology*, 11 (10), 251–265. doi: <http://doi.org/10.3151/jact.11.251>
 13. Apoorva, C., Nitin, A., Divyansh, T., Abhyuday, T. (2016). Analysis of Self-Compacting Concrete Using Hybrid Fibres. *International Journal of Trend in Research and Development*, 3 (2).
 14. Aslani, F., Nejadi, S. (2012). Shrinkage behavior of self-compacting concrete. *Journal of Zhejiang University SCIENCE A*, 13 (6), 407–419. doi: <http://doi.org/10.1631/jzus.a1100340>
 15. Heirman, G., Vandewalle, L., Van Gemert, D.; De Schutter, G., Boel, V. (Eds.) (2007). Influence of Mineral Additions and Chemical Admixtures on Setting and Volumetric Autogenous Shrinkage of SCC Equivalent- Mortars. *Proceedings of 5th international RILEM symposium on selfcompacting concrete*. RILEM Publications S.A.R.L. Ghent, 553–558.
 16. Lothenbach, B., Le Saout, G., Gallucci, E., Scrivener, K. (2008). Influence of limestone on the hydration of Portland cements. *Cement and Concrete Research*, 38 (6), 848–860. doi: <http://doi.org/10.1016/j.cemconres.2008.01.002>
 17. Valcuende, M., Marco, E., Parra, C., Serna, P. (2012). Influence of limestone filler and viscosity-modifying admixture on the shrinkage of self-compacting concrete. *Cement and Concrete Research*, 42 (4), 583–592. doi: <http://doi.org/10.1016/j.cemconres.2012.01.001>
 18. Dvorkin, L. Y., Lushnikova, N. V., Runova, R. F., Troian, V. V. (2007). *Metakaolin v budivelnnykh rozchynakh i betonakh*. Kyiv: Vyd-vo KNUBA, 216.
 19. Troyan, V., Sova, N. (2019). Improving the resistance of concrete for sleepers to the formation of delayed and secondary ettringite, the alkali-silica reaction, and electric corrosion. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (6 (102)), 13–19. doi: <http://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.185613>
 20. Shah, S. P., Ouyang, C., Marikunte, S., Yang, W., Becq-Giraudon, E. (1998). A method to predict shrinkage cracking of concrete. *ACI Materials Journal*, 95 (4), 339–346. doi: <http://doi.org/10.14359/9875>
 21. Hammer, T. A. (2003). Cracking susceptibility due to volume changes of self-compacting concrete. *Proc. 3rd Int. RILEM Symp. on Self-Compacting Concrete*. Reykjavik, 553–557.
 22. Carlson, R. W., Reading, T. J. (1988). Model study of shrinkage cracking in concrete building walls. *ACI Structural Journal*, 85 (4), 395–404. doi: <http://doi.org/10.14359/2666>
 23. Troian, V. V. (2019). *Zabezpechennia trishchynostiikosti betonu masyvnykh sporud*. Kyiv: TOV NVP «Interservis», 92.

ELECTRICAL ENGINEERING AND INDUSTRIAL ELECTRONICS

DOI: 10.15587/2706-5448.2021.225492

SIMULATION OF IMPULSE CURRENT GENERATOR FOR TESTING SURGE ARRESTERS USING FREQUENCY-DEPENDENT MODELS

pages 25–29

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: <http://orcid.org/0000-0001-9379-0061>

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: <http://orcid.org/0000-0002-9768-7544>

Olexandr Protsenko, PhD, Associate Professor, Department of Theoretical Electrical Engineering, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, Ukraine, e-mail: apro54@ukr.net, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7719-3336>

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

The object of research is the equivalent circuit of an impulse current generator designed for testing surge arresters. Calculation of the impulse current generator parameters when discharging a capacitor bank to a complex nonlinear load is a difficult task for an analytical solution. Until now, the application of surge arrester frequency-dependent models

was limited to the problems of overvoltage computation. Surge arrester frequency-dependent models can predict the residual voltage with high accuracy. This is the reason to consider that surge arrester frequency-dependent models can be used for calculating the main parameters of impulse current generators designed for physical testing of surge arresters.

The task of determining the equivalent circuit parameters required for getting a discharge current of a given waveform and amplitude in an impulse current generator scheme with a nonlinear load was solved using circuit simulation.

This article presents the results of studying the processes in impulse current generator equivalent circuit. In the circuit a dynamic model of a surge arrester is used as the load model. For this, an equivalent circuit for the discharge path of the impulse current generator was drawn up. The parameters of the circuit elements (including the required number of capacitors and their charging voltage) are determined, which are necessary for getting a discharge current of a given standardized waveform and amplitude. The parameters of the discharge path are determined for surge arresters of three different voltage classes. It was found that the relative error when determining the residual voltage between the terminals of the surge arrester model does not exceed 3 %.

The work contributes to the further development of circuit simulation of surge arresters and the expansion of the scope of surge arrester dynamic models. As a result of the research performed, the possibility of using surge arrester frequency-dependent models for determining the discharge current waveform in impulse current generators is shown. The research performed is relevant due to the fact that surge arresters have become a main tool for protecting the insulation of electrical network equipment against external and internal overvoltages.

Keywords: impulse current generator, surge arrester, high-voltage capacitor bank.

References

- Prasertsang, C., Triuattanapiruk, N. Yutthagowith, P. (2013). A long duration impulse current generator for testing surge arresters in distribution systems. *2013 10th International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology*, Krabi, 1–4. doi: <http://doi.org/10.1109/ecticon.2013.6559579>
- Beyer, M., Boeck, W., Möller, K., Zaengl, W. (1986). *Hochspannungstechnik: theoretische und praktische Grundlagen für die Anwendung*. Berlin: Springer-Verlag, 362. doi: <http://doi.org/10.1007/978-3-642-61633-4>
- Modeling of metal oxide surge arresters. (1992). *IEEE Transactions on Power Delivery*, 7 (1), 302–309. doi: <http://doi.org/10.1109/61.108922>
- Pinceti, P., Giannettoni, M. (1999). A simplified model for zinc oxide surge arresters. *IEEE Transactions on Power Delivery*, 14 (2), 393–398. doi: <http://doi.org/10.1109/61.754079>
- Magro, M. C., Giannettoni, M., Pinceti, P. (2004). Validation of ZnO Surge Arresters Model for Overvoltage Studies. *IEEE Transactions on Power Delivery*, 19 (4), 1692–1695. doi: <http://doi.org/10.1109/tpwr.2004.832354>
- Meister, A., Shayani, R., De Oliveira, M. (2012). Comparison of metal oxide surge arrester models in overvoltage studies. *International Journal of Engineering, Science and Technology*, 3 (11), 35–45. doi: <http://doi.org/10.4314/ijest.v3i11.4s>
- Vita, V., Mitropoulou, A. D., Ekonomou, L., Panetsos, S., Stathopoulos, I. A. (2010). Comparison of metal-oxide surge arresters circuit models and implementation on high-voltage transmission lines of the Hellenic network. *IET Generation, Transmission & Distribution*, 4 (7), 846–853. doi: <http://doi.org/10.1049/iet-gtd.2009.0424>
- Peppas, G. D., Naxakis, I. A., Vitsas, C. T., Pyrgioti, E. C. (2012). Surge arresters models for fast transients. *2012 International Conference on Lightning Protection (ICLP)*. doi: <http://doi.org/10.1109/iclp.2012.6344285>
- Micro-Cap 12. Electronic Circuit Analysis Program*. Reference Manual (2018). Sunnyvale: Spectrum Software, 1098. Available at: <http://www.spectrum-soft.com/download/rm12.pdf>
- Trotsenko, Y., Brzhezitsky, V., Masluchenko, I. (2017). Study of surge arrester model under influence of various current pulses. *Technology Audit and Production Reserves*, 1 (1 (33)), 44–48. doi: <http://doi.org/10.15587/2312-8372.2017.92244>

DOI: 10.15587/2706-5448.2021.225239

DEVELOPMENT OF PORTABLE DEVICE FOR MEASUREMENT OF DYNAMIC AND STATIC LIGHT-EMISSION WOLED CHARACTERISTICS

pages 30–33

Ihor Helzhynsky, PhD, Associate Professor, Department of Electronic Devices, Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine, e-mail: iigorg@ukr.net, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1931-6991>

Stepan Kutsiy, Postgraduate Student, Department of Electronic Devices, Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine, e-mail: stepankutsiy@gmail.com, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0757-6059>

Andriy Veryha, PhD, Assistant, Department of Radio Engineering and Information Security, Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Chernivtsi, Ukraine, e-mail: veriga@ukr.net, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2616-3057>

Khrystyna Ivaniuk, PhD, Department of Electronic Devices, Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine, e-mail: khrystyna.b.ivaniuk@lpnu.ua, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1264-3532>

Taras Dudok, PhD, Chief Engineer, Vlokh Institute of Physical Optics, Lviv, Ukraine, e-mail: taras.dudok.2015@gmail.com, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3793-6692>

The research object of this work is the parameters of organic light-emitting diodes, namely power and luminous flux. Determination of these parameters can be carried out using a photodiode and requires measuring the dark current of the sensor (photodiode), measuring the current of the photodiode when illuminated by the LED under investigation. And also take into account the relationship between the light flux received by the sensor and its output current, and take into account the spectral characteristics of the sensor. Calculate the investigated parameters of the LED based on the measurements. Carrying out these measurements requires laboratory instruments and workplace organization, and further calculations are routine work.

It is possible to increase the measurement accuracy by improving the existing methods for measuring the required parameters, and it is possible to automate the process of measurements and calculations using a modern micropro-

cessor radioelement base. Microcontrollers are widespread such radioelements. They have the necessary peripherals for independent operation and have sufficient computing power to implement the required measuring device. Its application makes it possible to automate the measurement process, carry out the necessary calculations, save correction constants, accumulate and process the obtained data, analyze these received data, exchange data with a computer, etc. So, the work is aimed at developing a methodology that will allow the simultaneous measurement of power and luminous flux of planar light sources. And also on the feasibility of this technique in the device and software with the ability to measure the power of the light source in an arbitrary band of the spectral visible range. Thus, it is possible to determine what power in watts a light source emits with the dynamics of supply currents in the optical bands, knowing the spectrum of this source without using glass filters. So, the result of applying the technique is to determine the power of light radiation (in watts) or the luminous flux (in lumens) of the emitter (light sources).

Keywords: optical bands, LED radiation power, WOLED, microcontroller software.

References

1. Min-Hao Michael Lu, Hack, M., Hewitt, R., Weaver, M. S., Brown, J. J. (2008). Power Consumption and Temperature Increase in Large Area Active-Matrix OLED Displays. *Journal of Display Technology*, 4 (1), 47–53. doi: <http://doi.org/10.1109/jdt.2007.900924>
2. Park, Y.-S., Kim, K.-H., Kim, J.-J. (2013). Efficient triplet harvesting by fluorescent molecules through exciplexes for high efficiency organic light-emitting diodes. *Applied Physics Letters*, 102 (15), 153306. doi: <http://doi.org/10.1063/1.4802716>
3. Kamtekar, K. T., Monkman, A. P., Bryce, M. R. (2010). Recent Advances in White Organic Light-Emitting Materials and Devices (WOLEDs). *Advanced Materials*, 22 (5), 572–582. doi: <http://doi.org/10.1002/adma.200902148>
4. Jou, J.-H., Wu, R.-Z., Yu, H.-H., Li, C.-J., Jou, Y.-C., Peng, S.-H. et. al. (2013). Artificial Dusk-Light Based on Organic Light Emitting Diodes. *ACS Photonics*, 1 (1), 27–31. doi: <http://doi.org/10.1021/ph400007w>
5. Sudheendran Swayamprabha, S., Dubey, D. K., Shahnawaz, Yadav, R. A. K., Nagar, M. R., Sharma, A. et. al. (2020). Approaches for Long Lifetime Organic Light Emitting Diodes. *Advanced Science*, 8 (1), 2002254. doi: <http://doi.org/10.1002/advs.202002254>
6. *Si photodiodes. S2387 series*. Available at: https://www.hamamatsu.com/resources/pdf/ssd/s2387_series_kspd1033e.pdf
7. *Si photodiodes. S7686 series*. Available at: [https://hamamatsu.su/files/uploads/pdf/2_фотодиоды_и_ф_д_линейки/кремниевые_фотодиоды_\(si\)/одиночные_кремниевые/s7686_kspd1040e.pdf](https://hamamatsu.su/files/uploads/pdf/2_фотодиоды_и_ф_д_линейки/кремниевые_фотодиоды_(si)/одиночные_кремниевые/s7686_kspd1040e.pdf)
8. *LinCMOS programmable low-power operational amplifier*. Available at: https://www.ti.com/lit/ds/symlink/tlc271.pdf?ts=1613384669139&ref_url=https%253A%252F%252Fwww.google.com%252F
9. *Arduino UNO*. Available at: <https://www.farnell.com/datasheets/1682209.pdf>
10. *Arduino Software (IDE)*. Available at: <https://www.arduino.cc/en/guide/environment>
11. *Visual Studio Community*. Available at: <https://visualstudio.microsoft.com/ru/vs/community/>

TECHNOLOGY AND SYSTEM OF POWER SUPPLY

DOI: 10.15587/2706-5448.2021.225466

ANALYSIS OF THE DIRECTIONS FOR IMPROVING THE DEVELOPMENT SYSTEMS FOR OIL FIELDS AT THE LATER STAGE

pages 34–38

Volodymyr Doroshenko, Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Oil and Gas Technologies, Engineering and Heat Power Engineering, Odessa National Academy of Food Technologies, Odessa, Ukraine, e-mail: doroshenkovm444@gmail.com, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3408-6124>

Oleksandr Titlov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Department of Oil and Gas Technologies, Engineering and Heat Power Engineering, Odessa National Academy of Food Technologies, Odessa, Ukraine, e-mail: titlov1959@gmail.com, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1908-5713>

The object of research is oil fields at a late stage of their development. The most problematic issues in the development of oil fields are the formation and withdrawal of residual oil reserves. This problem is especially acute at the late or final stage, when the oil productivity of the wells decreases and the water cut of the production catastrophically increases. The most acceptable development system in such conditions is the use of methods for increasing oil recovery and, first of

all, by injecting water into the reservoir. At the same time, the problematic issue is the lack of reliable information on the paths of water movement from injection to production wells and the imperfection of methods for aligning the injectivity profile in injection wells and the flow profile in production wells.

In the course of the study, statistically analytical methods were used to analyze the state of development of oil fields at a late stage and industrial approbation of methods for tracing water movement and substantiation of a reagent base to align the paths of water movement and oil inflow.

A set of reagents and technological methods for ensuring the regulation of the process of flooding of oil fields at a late stage of their development have been investigated and developed. It has been proven that a promising direction is the injection of a 0.1 % aqueous solution of the Polycar polymer together with water. This solution first of all penetrates into highly permeable, water-washed, formation intervals, contributing to the leveling of the injectivity profile, reducing the water cut of surrounding production wells and increasing their oil productivity.

Thanks to the research carried out, directions and means of improving the systems of field development at a later stage have been developed by organizing targeted (selective) waterflooding of oil deposits based on high-quality and comprehensive control of the movement of filtration flows in the reservoir. This will ultimately contribute to achieving and maintaining the design value of reservoir pressure, preventing

a decrease in the rate of decline in oil production, obtaining the design value of the sweep efficiency by waterflooding, and withdrawing residual oil reserves.

Keywords: structure of residual oil reserves, waterflooding of oil deposits, indicator studies, alignment of the injection profile.

References

1. Veil, J. A., Puder, M. G., Elcock, D., Redweik, R. J., Jr. (2004). *A white paper describing produced water from production of crude oil, natural gas, and coal bed methane*. Office of Scientific and Technical Information (OSTI). doi: <http://doi.org/10.2172/821666>
2. Sandrea, I., Sandrea, R. (2007). Global Oil Reserves – Recovery Factors Leave Vast Target for EOR Technologies. Part 1-2. *Oil & Gas Journal*. Available at: <https://www.ogj.com/drilling-production/production-operations/ior-eor/article/17228455/global-oil-reserves2-recovery-factors-leave-eor-plenty-of-room-for-growth>
3. Al-Obaidi, S. H., Khalaf, F. H. (2019). Development Of Traditional Water Flooding To Increase Oil Recovery. *International Journal of Scientific & Technology Research*, 8 (1), 177–181. doi: <http://doi.org/10.31224/osf.io/cd537>
4. Kovalko, M. P. (Ed.) (1997). *Nafta i haz Ukrainy*. Kyiv: Naukova dumka, 383.
5. Boiko, V. S., Kondrat, R. M., Yaremiichuk, R. S. (Eds.) (1996). *Dovidnyk z naftohazovoi spravy*. Kyiv-Lviv, 620.
6. Kuper, I. M., Uhrynovskiy, A. V. (2018). *Fizyka naftovoho i hazovoho plasta*. Ivano-Frankivsk, 448.
7. Surguchev, M. L., Gorbunov, A. T., Zabrodin, D. P., Zabrodin, D. P., Maliutina, G. S. (1991). *Metody izvlecheniia ostatochnoi nefiti*. Moscow: Nedra, 347.
8. Yurkiv, M. I. (2008). *Fizyko-khimichni osnovy naftovyluchennia*. Lviv, 374.
9. Liu, Z., Wang, Q., Sun, Y. (2014) Study and application of new technological limit for polymer flooding in field application. *Petroleum Geology and Recovery Efficiency*, 21 (2), 22–24.
10. Doroshenko, V. M., Titlov, O. S. (2019). *Problemy vydobutku retrohradnoho kondensatu*. Zbirnyk tez dopovidei 79 naukovoi konferentsii vykladachiv Odeskoi natsionalnoi akademii kharchovykh tekhnolohii. Odessa, 292.
11. Gazizov, A. A. (2002). *Uvelichenie nefteotdachi neodnorodnykh plastov na pozdnei stadii razrabotki*. Moscow: OOO «Nedra-Biznestsentr», 639.
12. Vysochanskyi, Z. M., Patra, V. D., Hushul, V. V., Shpak, P. I. (2002). Doslidzhennia produktyvnykh plastiv za dopomohoiu indyikatoriv (azotnykh spoluk). *Rozvidka ta rozrobka naftovykh i hazovykh rodovyshch*, 4, 53–55.
13. Boiko, V. S. (Ed.) (2013). *Vydobuvannia nafty v uskladnenykh umovakh*. Ivano-Frankivsk: Nova Zoria, 771.
14. Doroshenko, V. M., Doroshenko, S. V. (2015). Rozvytok metodiv obmezheniia plastovykh vod u sverdlovyhnu v umovakh piznoi stadii rozrobky rodovyshch. *Naftohazova haluz Ukrainy*, 5, 34–37.

DOI: 10.15587/2706-5448.2021.225289

RESEARCH AND DEVELOPMENT OF THE STRUCTURE OF A VORTEX HEAT GENERATOR BY THE METHOD OF MATHEMATICAL MODELING

pages 39–43

Vadim Yaris, PhD, Associate Professor, Department of Innovative Engineering, Ukrainian State University of Chemical Technology, Dnipro, Ukraine, e-mail: doc.jarisva@gmail.com, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8162-5122>

Ivan Kuzyayev, Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Innovative Engineering, Ukrainian State University of Chemical Technology, Dnipro, Ukraine, e-mail: i.kuzyayev@ua.fm, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7073-1197>

Valeriy Nikolsky, Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Energetic, Ukrainian State University of Chemical Technology, Dnipro, Ukraine, e-mail: vnikols1@gmail.com, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6069-169X>

Viktor Ved, Senior Lecturer, Department of Innovative Engineering, Ukrainian State University of Chemical Technology, Dnipro, Ukraine, e-mail: 251277ved@gmail.com, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2391-6463>

Peter Chlens, Department of Electrolysers, The Hydrogen Technology Corporation, Notodden, Norway, e-mail: HHK@statoilhydro.com, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9718-1677>

Andrii Palagnyuk, Postgraduate Student, Department of Energetic, Ukrainian State University of Chemical Technology, Dnipro, Ukraine, e-mail: andreipalagnyuk96@gmail.com, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0456-3199>

Antonina Lobodenko, PhD, Associate Professor, Department of Innovative Engineering, Ukrainian State University of Chemical Technology, Dnipro, Ukraine, e-mail: lav190188@gmail.com, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4255-7272>

Iryna Reshetnyak, PhD, Associate Professor, Department of Energetic, Ukrainian State University of Chemical Technology, Dnipro, Ukraine, e-mail: iresh390@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6900-7428>

The object of research is a mathematical model of a new design of a vortex heat generator with translational-rotational flow in a variable geometry working space.

One of the most problematic areas in the development of new and promising designs of heat generators by the method of physical modeling is the search for its optimal operating-technological and instrumental-design parameters. The implementation of a preliminary analysis of such structures by the method of mathematical modeling will significantly reduce the time and material costs for the development of promising designs of heat generators.

The studies of the design of the new vortex heat generator, carried out by the method of mathematical modeling, made it possible to determine the range of its operation, to evaluate the operating-technological and hardware-design parameters that affect the efficiency of work. Studies of the hydrodynamics of the translational-rotational motion of a viscous fluid flow in the working space of a new vortex heat generator with a variable geometry of the working space made it possible to determine the critical velocity and pressure, the influence of the geometric parameters of the device on the generation of vortices that promote cavitation. Model studies were carried out in the range of fluid load changes in the range from 0.001 m³/s to 0.01 m³/s. The study of changes in the velocity field in the channels was carried out for the geometry of the channel with a taper angle γ from 0° to 25°. The width of the working channel of the space W_n varied in the range of 130, 70 and 40 mm.

It has been established that a good axial symmetry and smoothness of the coolant flow in the vortex zone along the swirler screw provides the coolant inlet through a nozzle with a rectangular cross-section. The dependence of the influence of the flow area of the nozzle for introducing the coolant into the vortex zone on the energy efficiency of the vortex apparatus as a whole is found experimentally.

The research carried out makes it possible to design vortex heat generators with geometric parameters that meet modern energy efficiency requirements. The geometry of the swirler screw is determined, which increases the efficiency of the heat generator by 35 % in comparison with similar designs of vortex heat generators given in the literature.

Keywords: vortex heat generator, translational and rotational flow, thermal energy, electrical energy, critical speed, mathematical model, cavitator.

References

- Merkulov, A. P. (1969). *Vikhrevoi effekt i ego primeneniye v tekhnike*. Moscow: Mashinostroeniye, 185.
- Antypov, Ye. O., Okhrimenko, P. H. (2016). Rezultaty vyprobuvan vykhrovoho teploheneratora RTHA-37. *Naukovyi visnyk Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy. Seriya: Tekhnika ta enerhetyka APK*, 256, 240–245.
- Lagrandeur, J., Croquer, S., Poncet, S., Sorin, M. (2020). Exergy analysis of the flow process and exergetic optimization of counterflow vortex tubes working with air. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 152, 119527. doi: <http://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2020.119527>
- Byriuk, V. V., Serebriakov, R. A. (2015). Vykhevoi hydryavlycheskyi teplohenerator. *Naukovyi visnyk Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy. Seriya: Tekhnika ta enerhetyka APK*, 209 (1), 157–160.
- Serebriakov, R. A. (2016). Vykhevoi hydryavlycheskyi teplohenerator. *Naukovyi visnyk Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy. Seriya: Tekhnika ta enerhetyka APK*, 240, 191–204.
- Khalatov, A. A., Kovalenko, A. S., Shevtsov, S. V. (2008). Vykhevyye teplogeneratory v lokalnykh sistemakh teplosnabzheniia. *Promyshlennaia teplotekhnika*, 30 (5), 7–15.
- Nikolsky, V., Kuzyayev, I., Dychkovskiy, R., Aliksandrov, O., Yaris, V., Ptitsyn, S. et. al. (2020). A Study of Heat Exchange Processes within the Channels of Disk Pulse Devices. *Energies*, 13 (13), 3492. doi: <http://doi.org/10.3390/en13133492>
- Khafizov, F. Sh., Aleksandrov, A. A., Sushev, S. P., Abutalipova, E. M., Khafizov, I. F. (2017). Simulation and Calculation Method of the Vortex Cavitation Device. *Herald of the Bauman Moscow State Technical University. Series Natural Sciences*, 1 (70), 78–91. doi: <http://doi.org/10.18698/1812-3368-2017-1-78-91>
- Levterov, A. M., Avramenko, A. N., Marakhovskii, V. P., Bgantsev, V. N. (2016). Chislennoe modelirovaniye protsessov teplo-i massoobmena v bortovom kavitatore sistemy podderzhaniiia stabilnosti avtomobilnykh smesevykh topliv. *Promyshlennaia teplotekhnika*, 3, 42–48.
- Уколов, А. И., Родионов, В. П. (2018). Verification of Numerical Simulation Results and Experimental Data of the Cavitation Influence on Hydrodynamic Characteristics of a Jet Flow. *Herald of the Bauman Moscow State Technical University. Series Natural Sciences*, 4 (79), 102–114. doi: <http://doi.org/10.18698/1812-3368-2018-4-102-114>
- Akhmetov, Y., Kalimullin, R., Khakimov, R. (2016). Features of simulation of swirling liquid flows in closed circuit of vortex devices. *Perm National Research Polytechnic University Aerospace Engineering Bulletin*, 4 (47), 177–197. doi: <http://doi.org/10.15593/2224-9982/2016.47.10>
- Nikolsky, V., Kuzyayev, I., Aliksandrov, O., Ved, V., Pugach, A., Yaris, V. et. al. (2019). Analytical and experimental studies into the processes of hydrodynamics and heat exchange in the channels of disk pulse devices. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (8 (100)), 15–23. doi: <http://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.174629>
- Lagrandeur, J., Poncet, S., Sorin, M. (2019). A new thermodynamic model for the prediction of air vortex tube performances. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 164, 126435.
- Gustafson, K., Halasi, K. (1986). Vortex dynamics of cavity flows. *Journal of Computational Physics*, 64 (2), 279–319. doi: [http://doi.org/10.1016/0021-9991\(86\)90035-5](http://doi.org/10.1016/0021-9991(86)90035-5)
- Kuziaev, I. M., Sviderskii, V. A., Petukhov, A. D. (2016). *Modelirovaniye ekstruzii i ekstruderov pri pererabotke polimerov*. Part. 2. Kyiv: NTUU «KPI» Izd-vo «Politekhnika», 217.



MECHANICAL ENGINEERING TECHNOLOGY

DOI: 10.15587/2706-5448.2021.225458

ВИЗНАЧЕННЯ ДИНАМІЧНОЇ НАВАНТАЖЕНОСТІ НЕСУЧОЇ КОНСТРУКЦІЇ ВАГОНА-ХОПЕРА З ФАКТИЧНИМИ РОЗМІРАМИ КОНСТРУКЦІЙНИХ ЕЛЕМЕНТІВ сторінки 6–11

Фомін О. В., Ловська А. О., Скок П. О., Роговський І. Л.

Об'єктом дослідження є несуча конструкція вагона-окатишевоза з фактичними розмірами несучих елементів. Одним з найбільш проблемних місць є визначення показників динаміки та міцності несучої конструкції вагона-хопера з фактичними розмірами конструкційних елементів.

Проведено дослідження динамічної навантаженості несучої конструкції вагона-хопера. При цьому визначено фактичні розміри конструкційних елементів шляхом натурних досліджень. Проведено математичне моделювання динамічної навантаженості несучої конструкції вагона-хопера з фактичними розмірами конструкційних елементів шляхом математичного моделювання. Дослідження проведені в плоскій системі координат. До уваги прийнято наявність трьох ступенів вільності несучої конструкції вагона-хопера: коливання помикування, підсакування та галоупування. Розв'язання диференціальних рівнянь здійснено в програмному комплексі MathCad. При цьому вони зводилися до нормальної форми Коші, а після цього інтегрувалися за допомогою метода Рунге-Кутта. Встановлено, що максимальна величина прискорення, яке діє на несучу конструкцію вагона-хопера складає $38,5 \text{ м/с}^2$, що вище на 2,7 % за прискорення несучої конструкції з номінальними розмірами. Проведено комп'ютерне моделювання динамічної навантаженості несучої конструкції вагона-хопера. Розрахунок проведений за методом скінчених елементів в програмному комплексі SolidWorks Simulation (CosmosWorks). Встановлено, що максимальні прискорення зосереджені в середній частині несучої конструкції вагона-хопера та складають $36,2 \text{ м/с}^2$. Для верифікації розробленої моделі використаний F-критерій. Проведені розрахунки показали, що розрахункове значення критерію складає $F_p = 1,09$ та є меншим за табличне значення $F_t = 3,29$. Гіпотеза про адекватність не відхиляється.

Визначено власні частоти та форми коливань несучої конструкції вагона-хопера. Встановлено, що значення власних частот коливань несучої конструкції вагона-хопера з фактичними розмірами конструкційних елементів знаходяться в межах допустимих.

Проведені дослідження сприятимуть створенню відповідних напрацювань щодо подовження строку служби вагонів, які вичерпали свій нормативний ресурс, а також підвищенню ефективності експлуатації залізничного транспорту.

Ключові слова: вагон-хопер, несуча конструкція, динамічна навантаженість, ресурс експлуатації, залізничний транспорт, транспортна механіка.

MECHANICS

DOI: 10.15587/2706-5448.2021.225474

ОЦІНКА ВПЛИВУ КУТА НАХИЛУ ВЕРХНЬОЇ ЧАСТИНИ ШУМОЗАХИСНОГО ЕКРАНА НА ЙОГО ЕФЕКТИВНІСТЬ сторінки 12–16

Заєць В. П.

Об'єктом дослідження є звукове поле від лінійних джерел звуку довкола округлого шумозахисного екрану однакової висоти та різних кутів нахилу верхньої частини екрану. Відомо, що ефективність шумозахисних екранів залежить насамперед від геометричних розмірів екрану та взаємного розташування джерела звуку, екрану та області шумозахисту. Дослідженню впливу цих факторів та деяких інших, таких як вплив поверхні землі, звукопоглинання, звукоізоляція екрану, приділялася велика кількість публікацій. Однак в цих роботах не було проведено дослідження впливу кута верхньої частини екрану на зміну ефективності екрану.

В даній роботі досліджено зниження рівнів звуку від лінійних джерел звуку довкола шумозахисних екранів з різним кутом нахилу верхньої частини екрану. Розглянуто округлі екрани однієї висоти з різними радіусами, що дозволило змодельовати екрани, в яких верхня частина екрану має різний кут нахилу. Також було розглянуто ефективність таких екранів для різного розташування джерела звуку, що також могло позначитися на встановленні закономірності зміни ефективності екранів. Крім того було проведено аналіз результатів в широкому діапазоні частот. Розрахунок поля довкола такого екрану проводився за допомогою комп'ютерного моделювання із використанням методу кінцевих елементів. Даний спосіб дозволяє легко змінювати геометричні параметри екрану та положення джерела звуку. Екрани вважалися акустично жорсткими. Таким чином, було проведено аналіз впливу кута нахилу верхньої частини екрану на звукове поле довкола екрана за різного розташування джерел звуку, в широкому діапазоні частот. Отримані результати необхідно враховувати при проектуванні шумозахисних екранів для зниження рівнів шуму від транспортних потоків.

Ключові слова: шумозахисний екран, кут нахилу, широкий діапазон частот, зниження рівнів шуму, шум транспортних потоків.

MATERIALS SCIENCE

DOI: 10.15587/2706-5448.2021.225500

ПІДВИЩЕННЯ ТРИЩИНОСТІЙКОСТІ ВИСОКОМІЦНИХ БЕТОНІВ, ЗДАТНИХ ДО САМОУЩІЛЬНЕННЯ сторінки 17–24

Трояк В. В., Кіндрась Б. П.

Об'єктом дослідження є високоміцний бетон, здатний до самоущільнення, що не потребує додаткової вібрації при укладанні. Одним з найбільш проблемних питань високоміцних бетонів, здатних до самоущільнення є підвищене тріщиноутворення, пов'язане з більшими усадочними деформаціями таких бетонів та їх крихким руйнуванням. Встановлено зменшення усадочних деформацій бетону при заміні частини цементу мінеральними добавками. Такий ефект пояснюється зменшенням вмісту цементу і, відповідно, зменшенням хімічної

складової аутогенної усадки бетону, та посиленням адсорбційного зв'язування капілярної вологи мінеральними добавками, що зменшує фізичну складову усадки бетону внаслідок висихання. При цьому тип та дисперсність використаної мінеральної добавки можуть впливати на усадочні деформації бетону. Істотне зменшення усадочних деформацій при використанні метакооліну пояснюється збільшенням кількості новоутвореного еттрингіту внаслідок реагування активного Al_2O_3 метакооліну з двохводним гіпсом цементу. Встановлено, що заміна цементу 10 % мінеральних добавок призводить до зниження значення критичного коефіцієнта інтенсивності напружень (КІН), що компенсується зниженням крихкості руйнування бетону (збільшенням ділянки мікропластичних деформацій). В той же час, вид використаної мінеральної добавки не впливає на значення критичного КІН, але істотно впливає на крихкість руйнування зразків бетону. Введення 10 % мінеральних добавок (на заміну цементу) позитивно позначалося на збереженості рухомості бетонних сумішей, здатних до самоущільнення, найкращі результати за цим критерієм спостерігались при використанні мікрокремнезему, золи виносення та вапнякового борошна. Всі мінеральні модифікатори, крім мікрокремнезему, призводили до зниження міцності високоміцних бетонів на стиск на всіх термінах тверднення. У випадку міцності бетону на розтяг при згині та розколюванні, при введенні мікрокремнезему, метакооліну та золи виносення спостерігався позитивний ефект, порівняно з базовим складом без добавок.

Комплексне врахування одержаних результатів дозволить обґрунтовано підходити до проектування високоміцних бетонів, здатних до самоущільнення підвищеної тріщиностійкості.

Ключові слова: високоміцний бетон, бетон здатний до самоущільнення, тріщиностійкість бетону, модуль пружності, коефіцієнт інтенсивності напружень.

ELECTRICAL ENGINEERING AND INDUSTRIAL ELECTRONICS

DOI: 10.15587/2706-5448.2021.225492

МОДЕЛЮВАННЯ ГЕНЕРАТОРА ІМПУЛЬСНИХ СТРУМІВ ДЛЯ ВИПРОБУВАННЯ НЕЛІНІЙНИХ ОБМЕЖУВАЧІВ ПЕРЕНАПРУГ З ВИКОРИСТАННЯМ ЧАСТОТНО-ЗАЛЕЖНИХ МОДЕЛЕЙ сторінки 25–29

Троценко Є. О., Бржезицький В. О., Проценко О. Р., Гарак Я. О.

Об'єктом дослідження є схема заміщення генератора імпульсних струмів, призначеного для випробування нелінійних обмежувачів перенапруг. Розрахунки параметрів генератора імпульсних струмів при розряді батареї конденсаторів на складне нелінійне навантаження являють собою складне завдання для аналітичного розв'язку. Дотепер застосування частотно-залежних моделей нелінійних обмежувачів перенапруг обмежувалося завданнями розрахунків перенапруг. Частотно-залежні моделі нелінійних обмежувачів перенапруг дозволяють передбачити залишкову напругу з високою точністю. Це є підставою вважати, що частотно-залежні моделі нелінійних обмежувачів перенапруг можна використовувати для розрахунків основних параметрів генераторів імпульсних струмів, призначених для фізичних випробувань нелінійних обмежувачів перенапруг.

Завдання визначення параметрів еквівалентної схеми заміщення, необхідних для одержання розрядного струму заданої форми й амплітуди в схемі з нелінійним навантаженням генератора імпульсних струмів було вирішене за допомогою схемотехнічного моделювання.

У даній роботі представлені результати дослідження процесів у схемі заміщення генератора імпульсних струмів, у якості моделі навантаження якого використовується динамічна модель нелінійного обмежувача перенапруг. Для цього була складена еквівалентна схема заміщення розрядного контуру генератора імпульсних струмів. Визначені параметри елементів схеми (включаючи необхідну кількість конденсаторів та їх зарядну напругу), необхідні для одержання розрядного струму заданої стандартизованої форми й амплітуди. Параметри розрядного контуру визначені для нелінійних обмежувачів перенапруг трьох різних класів напруги. Встановлено, що відносна похибка визначення залишкової напруги на затискачах моделі нелінійного обмежувача перенапруг не перевищує 3 %.

Робота вносить вклад у подальший розвиток схемотехнічного моделювання нелінійних обмежувачів перенапруг і розширення області застосування динамічних моделей нелінійних обмежувачів перенапруг. В результаті проведених досліджень показана можливість застосування частотно-залежних моделей нелінійних обмежувачів перенапруг для визначення форми розрядного струму в генераторах імпульсних струмів. Проведені дослідження є перспективними у зв'язку з тим, що нелінійні обмежувачі перенапруг стали обов'язковим засобом для захисту ізоляції устаткування електричних мереж від зовнішніх та внутрішніх перенапруг.

Ключові слова: генератор імпульсних струмів, нелінійний обмежувач перенапруг, батарея високовольтних конденсаторів.

DOI: 10.15587/2706-5448.2021.225239

РОЗРОБКА ПОРТАТИВНОГО ПРИБОРУ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ТА СТАТИЧНИХ СВІТЛОВИПРОМІНЮЮЧИХ ХАРАКТЕРИСТИК WOLED сторінки 30–33

Гельжинський І. І., Кудій С. А., Верига А. Д., Іванюк Х. Б., Дудок Т. Г.

Об'єктом дослідження даної роботи є параметри органічних світлодіодів, а саме потужність і світловий потік. Визначення цих параметрів можна здійснити за допомогою фотодіоду та вимагає проведення вимірювання темного струму сенсора (фотодіоду), вимірювання струму фотодіоду при освітленні його досліджуванним світлодіодом. А також врахувати залежність між світловим потоком сприйнятим сенсором і його вихідним струмом, та врахувати спектральну характеристику сенсора. На основі проведених вимірів розрахувати досліджувані параметри світлодіоду. Проведення даних вимірювань вимагає лабораторних приладів і організації робочого місця, а подальші обчислення є рутинною роботою.

Підвищити точність вимірювань можна вдосконаливши існуючі методики вимірювань необхідних параметрів, а автоматизувати процес вимірювань і обрахунків є можливим з використанням сучасної мікропроцесорної радіоелементної бази. Широко розповсюдженими такими радіоелементами є мікроконтролери. Вони мають необхідну периферію для самостійної роботи та мають обчислювальні

потужності достатні для реалізації потрібного вимірювального пристрою. Його застосування дозволяє автоматизувати процес вимірювання, проводити необхідні розрахунки, зберігати коректуючі константи, накопичувати та обробляти отримані дані, проводити аналіз цих отриманих даних, обмінюватися даними з комп'ютером та ін. Отже, робота направлена на розроблення методики, яка уможливить одночасне вимірювання потужності та світлового потоку площинних джерел світла. А також на реалізування цієї методики в приладі та програмному забезпеченні з можливістю вимірювання потужності джерела світла в довільній смузі спектрального видимого діапазону. Таким чином можна визначити, яку потужність у ватах випромінює джерело світла при динаміці струмів живлення у смугах оптичного діапазону, знаючи спектр цього джерела без використання скляних фільтрів. Отже, результатом застосування методики є визначення потужності світлового випромінювання (у ватах) або світлового потоку (у люменах) випромінювача (джерела світла).

Ключові слова: смуги оптичного діапазону, потужність випромінювання світлодіоду, WOLED, програмне забезпечення мікроконтролера.

TECHNOLOGY AND SYSTEM OF POWER SUPPLY

DOI: 10.15587/2706-5448.2021.225466

АНАЛІЗ НАПРЯМКІВ УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМ РОЗРОБКИ НАФТОВИХ РОДОВИЩ НА ПІЗНІЙ СТАДІЇ сторінки 34–38

Дорошенко В. М., Тітлов О. С.

Об'єктом дослідження є нафтові родовища на пізній стадії їх розробки. Найбільш проблемними питаннями розробки нафтових родовищ є утворення та вилучення залишкових запасів нафти. Особливо гостро ця проблема постає на пізній або завершальній стадії, коли зменшується продуктивність свердловин по нафті та катастрофічно зростає обводненість продукції. Найбільш прийнятною системою розробки в таких умовах є застосування методів підвищення нафтовилучення і, насамперед, шляхом нагнітання води в пласт. При цьому проблемним питанням залишається відсутність надійної інформації про шляхи руху води від нагнітальних до видобувних свердловин та недосконалість методів вирівнювання профілю приймальності в нагнітальних та профілю припливу в видобувних свердловинах.

В ході дослідження використовувалися статистично-аналітичні методи аналізу стану розробки нафтових родовищ на пізній стадії та промислової апробації методів трасування руху води та обґрунтування реагентної бази для вирівнювання шляхів руху води та припливу нафти. Досліджено та напрацьовано набір реагентів та технологічних прийомів забезпечення регулювання процесу заводнення нафтових родовищ на пізній стадії їх розробки. Доведено, що перспективним напрямком є нагнітання разом з водою 0,1 % водного розчину полімеру «Полікар». Цей розчин першочергово проникає у високопроникні, промиті водою, проміжки пласта, сприяючи вирівнюванню профілю приймальності, зменшенню обводненості оточуючих видобувних свердловин та збільшенню їх продуктивності по нафті.

Завдяки виконаним дослідженням розроблено напрямки та засоби удосконалення систем розробки родовищ на пізній стадії шляхом організації адресного (вибіркового) заводнення нафтових покладів на підставі якісного та всебічного контролю руху фільтраційних потоків в пласті. Це в кінцевому результаті сприятиме досягненню та підтриманню проектного значення пластового тиску, запобіганню зниження темпу падіння видобутку нафти, отриманню проектного значення коефіцієнта охоплення пласта заводненням та вилученню залишкових запасів нафти.

Ключові слова: структура залишкових запасів нафти, заводнення нафтових покладів, індикаторні дослідження, вирівнювання профілю нагнітання.

DOI: 10.15587/2706-5448.2021.225289

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ВИХРОВОГО ТЕПЛОГЕНЕРАТОРА МЕТОДОМ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ сторінки 39–43

Яріз В. О., Кузяєв І. М., Нікольський В. Є., Ведь В. В., Палагнюк А. Т., Chlens Peter, Лободенко А. В., Решетняк І. Л.

Об'єктом дослідження є математична модель нової конструкції вихрового теплогенератора з поступово-обертальним рухом потоку в робочому просторі змінної геометрії.

Одним з найбільш проблемних місць при розробці нових і перспективних конструкцій теплогенераторів методом фізичного моделювання є пошук його оптимальних режимно-технологічних та апаратурно-конструктивних параметрів. Реалізація попереднього аналізу подібних конструкцій методом математичного моделювання дозволить істотно зменшити час і матеріальні витрати для розробки перспективних конструкцій теплогенераторів. Проведені методом математичного моделювання дослідження конструкції нового вихрового теплогенератора дозволили визначити діапазон його роботи, оцінити режимно-технологічні та апаратурно-конструктивні параметри, що впливають на ефективність роботи. Дослідження гідродинаміки поступово-обертального руху потоку в'язкої рідини в робочому просторі розробленого нового вихрового теплогенератора зі змінною геометрією робочого простору дозволили визначити критичну швидкість і тиск, вплив геометричних параметрів пристрою на генерацію вихорів, що сприяють кавітації. Дослідження на моделі проводили в діапазоні зміни навантаження по рідині від 0,001 м³/с до 0,01 м³/с. Дослідження зміни поля швидкостей в каналах проводилося для геометрії каналу з кутом конусності γ від 0° до 25°. Ширина робочого каналу простору W_n змінювалася в діапазоні 130, 70 і 40 мм.

Встановлено, що хороша осьова симетрію та плавність потоку теплоносія у вихровій зоні уздовж гвинта-завихрителя забезпечує вхід теплоносія через сопло з прямокутним перетином. Експериментально знайдено залежність впливу прохідного перетину сопла для введення теплоносія в вихрову зону на енергоефективність роботи вихрового апарату в цілому.

Проведені дослідження дозволяють проектувати вихрові теплогенератори з геометричними параметрами, які відповідають сучасним вимогам енергоефективності. Визначена геометрія гвинта-завихрителя, який підвищує ефективність роботи теплогенератора на 35 % в порівнянні з аналогічними конструкціями вихрових теплогенераторів, наведених в літературі.

Ключові слова: вихровий теплогенератор, поступально-обертальний рух потоку, теплова енергія, електрична енергія, критична швидкість, математична модель, кавітатор.