

ABSTRACT AND REFERENCES

APPLIED MECHANICS

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.242372

SPECTRAL SOLUTION TO A PROBLEM ON THE AXISYMMETRIC NONLINEAR DEFORMATION OF A CYLINDRICAL MEMBRANE SHELL DUE TO PRESSURE AND EDGES CONVERGENCE (p. 6–13)

Vitalii Myntiuk

National Aerospace University “Kharkiv Aviation Institute”,
Kharkiv, UkraineORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4047-0192>

A geometrically and physically nonlinear model of a membrane cylindrical shell, which has been built and tested, describes the behavior of an airbag made of fabric material. Based on the geometrically accurate relations of “strain-displacement”, it has been shown that the equilibrium equations of the shell, written in terms of Biot stresses, together with boundary conditions acquire a natural physical meaning and are the consequences of the principle of virtual work. The physical properties of the shell were described by Fung’s hyper-elastic biological material because its behavior is similar to that of textiles. For comparison, simpler hyper-elastic non-compressible Varga and Neo-Hookean materials, the zero-, first-, and second-order materials were also considered. The shell was loaded with internal pressure and convergence of edges. The approximate solution was constructed by a spectral method; the exponential convergence and high accuracy of the equilibrium equations inherent in this method have been demonstrated. Since the error does not exceed 1 % when keeping ten terms in the approximations of displacement functions, the solution can be considered almost accurate. Similar calculations were performed using a finite element method implemented in ANSYS WB in order to verify the results. Differences in determining the displacements have been shown to not exceed 0.2 %, stresses – 4 %. The study result has established that the use of Fung, Varga, Neo-Hookean materials, as well as a zero-order material, lead to similar values of displacements and stresses, from which displacements of shells from the materials of the first and second orders significantly differ. This finding makes it possible, instead of the Fung material whose setting requires a significant amount of experimental data, to use simpler ones – a zero-order material and the Varga material.

Keywords: axisymmetric cylindrical shell, geometric nonlinearity, physical nonlinearity, spectral method.

References

- Esgar, J. B., Morgan, W. C. (1960). Analytical Study of Soft Landings on Gas-filled Bags. NASA TR R-75. U.S. Government Printing Office, 30. Available at: https://books.google.com.ua/books/about/Analytical_Study_of_Soft_Landings_on_Gas.html?id=k28A2nzFGVoC&redir_esc=y
- Alizadeh, M., Sedaghat, A., Kargar, E. (2014). Shape and Orifice Optimization of Airbag Systems for UAV Parachute Landing. *International Journal of Aeronautical and Space Sciences*, 15 (3), 335–343. doi: <https://doi.org/10.5139/ijass.2014.15.3.335>
- Zhou, X., Zhou, S. M., Li, D. K. (2019). Optimal Design of Airbag Landing System without Rebound. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 531, 012001. doi: <https://doi.org/10.1088/1757-899x/531/1/012001>
- Pipkin, A. C. (1968). Integration of an equation in membrane theory. *Zeitschrift Für Angewandte Mathematik Und Physik ZAMP*, 19 (5), 818–819. doi: <https://doi.org/10.1007/bf01591012>
- Pamplona, D. C., Gonçalves, P. B., Lopes, S. R. X. (2006). Finite deformations of cylindrical membrane under internal pressure. *International Journal of Mechanical Sciences*, 48 (6), 683–696. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijmecsci.2005.12.007>
- Wang, H., Hong, H., Hao, G., Deng, H., Rui, Q., Li, J. (2014). Characteristic verification and parameter optimization of airbags cushion system for airborne vehicle. *Chinese Journal of Mechanical Engineering*, 27 (1), 50–57. doi: <https://doi.org/10.3901/cjme.2014.01.050>
- Zhou, M., Di, C., Yang, Y. (2017). Simulation of Cushion Characteristic of Airbags Based on Corpuscular Particle Method. *Proceedings of the 2017 2nd International Conference on Automation, Mechanical Control and Computational Engineering (AMCCE 2017)*. doi: <https://doi.org/10.2991/amcce-17.2017.34>
- Li, Y., Xiao, S., Yang, B., Zhu, T., Yang, G., Xiao, S. (2018). Study on the influence factors of impact ejection performance for flexible airbag. *Advances in Mechanical Engineering*, 10 (10), 168781401880733. doi: <https://doi.org/10.1177/1687814018807333>
- Haddow, J. B., Favre, L., Ogden, R. W. (2000). Application of variational principles to the axial extension of a circular cylindrical nonlinearly elastic membrane. *Journal of Engineering Mathematics* 37, 65–84. doi: <https://doi.org/10.1023/A:1004709622104>
- Chen, Y., Lloyd, D. W., Harlock, S. C. (1995). Mechanical Characteristics of Coated Fabrics. *Journal of the Textile Institute*, 86 (4), 690–700. doi: <https://doi.org/10.1080/00405009508659045>
- Yang, B., Yu, Z., Zhang, Q., Shang, Y., Yan, Y. (2020). The nonlinear orthotropic material model describing biaxial tensile behavior of PVC coated fabrics. *Composite Structures*, 236, 111850. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2019.111850>
- Farboodmanesh, S., Chen, J., Tao, Z., Mead, J., Zhang, H. (2019). Base fabrics and their interaction in coated fabrics. *Smart Textile Coatings and Laminates*, 47–95. doi: <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-102428-7.00003-1>
- Hegyi, D., Halász, M., Molnár, K., Szebenyi, G., Sipos, A. A. (2017). An elastic phenomenological material law for textile composites and its fitting to experimental data. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 36 (18), 1343–1354. doi: <https://doi.org/10.1177/0731684417707586>
- Wang, C., Cao, X., Shen, H. (2021). Experimental and Numerical Investigation of PA66 Fabrics Coated/Uncoated PVC by Biaxial Tensile Tests. *Fibers and Polymers*, 22 (8), 2194–2205. doi: <https://doi.org/10.1007/s12221-021-0122-y>
- Fung, Y.-C. (1993). *Biomechanics*. Mechanical Properties of Living Tissues. Springer, 568. doi: <https://doi.org/10.1007/978-1-4757-2257-4>
- Myntiuk, V. B. (2018). Biot Stress and Strain in Thin-Plate Theory for Large Deformations. *Journal of Applied and Industrial Mathematics*, 12 (3), 501–509. doi: <https://doi.org/10.1134/s1990478918030109>
- Khalilov, S. A., Myntiuk, V. B. (2018). Postbuckling Analysis of Flexible Elastic Frames. *Journal of Applied and Industrial Mathematics*, 12 (1), 28–39. doi: <https://doi.org/10.1134/s1990478918010040>
- Myntiuk, V. B. (2020). Postbuckling of a Uniformly Compressed Simply Supported Plate with Free In-Plane Translating Edges. *Journal of Applied and Industrial Mathematics*, 14 (1), 176–185. doi: <https://doi.org/10.1134/s1990478920010160>
- Kravchenko, S. G., Myntiuk, V. (2020). Nonlinear Postbuckling Behavior of a Simply Supported, Uniformly Compressed Rectangular Plate. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 35–44. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-37618-5_4
- Reddy, J. N. (2013). *An Introduction to Continuum Mechanics*. Cambridge: Cambridge University Press, 450. doi: <https://doi.org/10.1017/cbo9781139178952>
- Day, A. S. (1986). Stress strain equations for non-linear behaviour of coated woven fabrics. *IASS Symposium Proceedings: Shells, Membranes and Space Frames*, 17–24.
- Kawabata, S., Niwa, M., Kawai, H. (1973). 3–The Finite-Deformation Theory of Plain-Weave Fabrics Part I: the Biaxial-Deformation Theory. *The Journal of The Textile Institute*, 64 (1), 21–46. doi: <https://doi.org/10.1080/00405007308630416>
- Buet-Gautier, K., Boisse, P. (2001). Experimental analysis and modeling of biaxial mechanical behavior of woven composite reinforcements. *Experimental Mechanics*, 41 (3), 260–269. doi: <https://doi.org/10.1007/bf02323143>

24. Varga, O. H. (1966). *Stress-strain Behavior of Elastic Materials*. Interscience Publishers, 190.
25. Shen, J. (1994). Efficient Spectral-Galerkin Method I. Direct Solvers of Second- and Fourth-Order Equations Using Legendre Polynomials. *SIAM Journal on Scientific Computing*, 15 (6), 1489–1505. doi: <https://doi.org/10.1137/0915089>
26. Mintyuk, V. (2007). Ortonormirovanniy bazis dlya odnomernykh kraevykh zadach. *Aviacionno-kosmicheskaya tehnika i tehnologiya*, 5 (41), 32–36. Available at: <http://nti.khai.edu:57772/csp/nauchportal/Arhiv/AKTT/2007/AKTT507/Mintjuk.pdf>
27. Ansys®. Academic Research Mechanical, Release 21.2. Available at: <https://www.ansys.com/>
28. Tait, R., Connor, P. (1997). On the expansion of a deformed cylindrical elastic membrane. *IMA Journal of Applied Mathematics*, 59 (3), 231–243. doi: <https://doi.org/10.1093/imamat/59.3.231>

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.241287

ADVANCING A GENERALIZED METHOD FOR SOLVING PROBLEMS OF CONTINUUM MECHANICS AS APPLIED TO THE CARTESIAN COORDINATE SYSTEM (p. 14–24)

Valeriy Chigirinsky

Rudny Industrial Institute, Rudny, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5887-2747>

Olena Naumenko

Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9532-1493>

Solving the problem of continuum mechanics has revealed the defining generalizations using the function argument method. The aim of this study was to devise new approaches to solving problems of continuum mechanics using defining generalizations in the Cartesian coordinate system.

Additional functions, or the argument of the coordinates function of the deformation site, are introduced into consideration. The carriers of the proposed function arguments should be basic dependences that satisfy the boundary or edge conditions, as well as functions that simplify solving the problem in a general form.

However, there are unresolved issues related to how not the solutions themselves should be determined but the conditions for their existence. Such generalized approaches make it possible to predict the result for new applied problems, expand the possibilities of solving them in order to meet a variety of boundary and edge conditions.

The proposed approach makes it possible to define a series of function arguments, each of which can be a condition of uniqueness for a specific applied problem. Such generalizations concern determining not the specific functions but the conditions of their existence. From these positions, the flat problem was solved in the most detailed way, was tested, and compared with the studies reported by other authors.

Based on the result obtained, a mathematical model of the flat applied problem of the theory of elasticity with complex boundary conditions was built. Expressions that are presented in coordinateless form are convenient for analysis while providing a computationally convenient context. The influence of the beam shape factor on the distribution of stresses in transition zones with different intensity of their attenuation has been shown.

By bringing the solution to a particular result, the classical solutions have been obtained, which confirms its reliability. The mathematical substantiation of Saint-Venant's principle has been constructed in relation to the bending of a beam under variable asymmetric loading.

Keywords: generalized approaches, function argument, Cartesian coordinates, Laplace equations, Cauchy-Riemann relations.

References

1. Chygyrny'sky, V. V. (2004). Analysis of the state of stress of a medium under conditions of inhomogeneous plastic flow. *Metalurgija*, 43 (2), 87–93.
2. Chigirinsky, V., Naumenko, O. (2019). Studying the stressed state of elastic medium using the argument functions of a complex variable. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (7 (101)), 27–35. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.177514>
3. Chigirinsky, V., Naumenko, O. (2020). Invariant differential generalizations in problems of the elasticity theory as applied to polar coordinates. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (7 (107)), 56–73. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.213476>
4. Timoshenko, S. P., Gud'er, Dzh. (1979). *Teoriya uprugosti*. Moscow: «Nauka», 560.
5. Pozharskii, D. A. (2017). Contact problem for an orthotropic half-space. *Mechanics of Solids*, 52 (3), 315–322. doi: <https://doi.org/10.3103/s0025654417030086>
6. Georgievskii, D. V., Tlyustangelov, G. S. (2017). Exponential estimates of perturbations of rigid-plastic spreading-sink of an annulus. *Mechanics of Solids*, 52 (4), 465–472. doi: <https://doi.org/10.3103/s0025654417040148>
7. Lopez-Crespo, P., Camas, D., Antunes, F. V., Yates, J. R. (2018). A study of the evolution of crack tip plasticity along a crack front. *Theoretical and Applied Fracture Mechanics*, 98, 59–66. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tafmec.2018.09.012>
8. Li, J., Zhang, Z., Li, C. (2017). Elastic-plastic stress-strain calculation at notch root under monotonic, uniaxial and multiaxial loadings. *Theoretical and Applied Fracture Mechanics*, 92, 33–46. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tafmec.2017.05.005>
9. Correia, J. A. F. O., Huffman, P. J., De Jesus, A. M. P., Cicero, S., Fernández-Canteli, A., Berto, F., Glinka, G. (2017). Unified two-stage fatigue methodology based on a probabilistic damage model applied to structural details. *Theoretical and Applied Fracture Mechanics*, 92, 252–265. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tafmec.2017.09.004>
10. Stampoulou, I. H., Theotokoglou, E. E. (2009). Additional Separated-Variable Solutions of the Biharmonic Equation in Polar Coordinates. *Journal of Applied Mechanics*, 77 (2). doi: <https://doi.org/10.1115/1.3197157>
11. Qian, H., Li, H., Song, G., Guo, W. (2013). A Constitutive Model for Superelastic Shape Memory Alloys Considering the Influence of Strain Rate. *Mathematical Problems in Engineering*, 2013, 1–8. doi: <https://doi.org/10.1155/2013/248671>
12. El-Naaman, S. A., Nielsen, K. L., Niordson, C. F. (2019). An investigation of back stress formulations under cyclic loading. *Mechanics of Materials*, 130, 76–87. doi: <https://doi.org/10.1016/j.mechmat.2019.01.005>
13. Pathak, H. (2017). Three-dimensional quasi-static fatigue crack growth analysis in functionally graded materials (FGMs) using coupled FE-XEFG approach. *Theoretical and Applied Fracture Mechanics*, 92, 59–75. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tafmec.2017.05.010>
14. Sinekop, N. S., Lobanova, L. S., Parhomenko, L. A. (2015). Metod R-funktsiy v dinamicheskikh zadachah teorii uprugosti. Kharkiv: HGUPT, 95.
15. Chigirinsky, V., Putnoki, A. (2017). Development of a dynamic model of transients in mechanical systems using argument-functions. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (7 (87)), 11–22. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.101282>
16. Hussein, N. S. (2014). Solution of a Problem Linear Plane Elasticity with Mixed Boundary Conditions by the Method of Boundary Integrals. *Mathematical Problems in Engineering*, 2014, 1–11. doi: <https://doi.org/10.1155/2014/323178>
17. Papargyri-Beskou, S., Tsinopoulos, S. (2014). Lamé's strain potential method for plane gradient elasticity problems. *Archive of Applied Mechanics*, 85 (9-10), 1399–1419. doi: <https://doi.org/10.1007/s00419-014-0964-5>
18. Zhemochkin, B. N. (1947). *Teoriya uprugosti*. Moscow: Gostroyizdat, 269.
19. Bao-lian Fu, Wen-feng, T. (1995). Reciprocal theorem method for solving the problems of bending of thick rectangular plates. *Applied Mathematics and Mechanics*, 16 (4), 391–403. doi: <https://doi.org/10.1007/bf02456953>
20. Koval'chuk, S. B. (2020). Exact Solution of the Problem on Elastic Bending of the Segment of a Narrow Multilayer Beam by an Arbitrary Normal Load. *Mechanics of Composite Materials*, 56 (1), 55–74. doi: <https://doi.org/10.1007/s11029-020-09860-y>
21. Barretta, R., Barretta, A. (2010). Shear stresses in elastic beams: an intrinsic approach. *European Journal of Mechanics - A/Solids*, 29 (3), 400–409. doi: <https://doi.org/10.1016/j.euromechsol.2009.10.008>

22. Barretta, R. (2013). On stress function in Saint-Venant beams. *Meccanica*, 48 (7), 1811–1816. doi: <https://doi.org/10.1007/s11012-013-9747-2>
23. Faghidian, S. A. (2016). Unified formulation of the stress field of Saint-Venant's flexure problem for symmetric cross-sections. *International Journal of Mechanical Sciences*, 111-112, 65–72. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijmesci.2016.04.003>

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.238978

CONSTRUCTION OF MATHEMATICAL MODELS OF THE STRESSED-STRAINED STATE OF A MATERIAL WITH A POROUS WATER-SATURATED BASE UNDER DYNAMIC LOAD (p. 25–35)

Allayarbek Aidossov

Institute of Information and Computational Technologies,
Almaty, Republic of Kazakhstan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2498-4035>

Galym Aidosov

Kazakhstan Munay Gas Aimak, Almaty, Republic of Kazakhstan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6049-4346>

Saltanat Narbayeva

Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Republic of Kazakhstan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5230-3781>

Materials of beams, plates, slabs, strips have been commonly applied in various fields of industry and agriculture as flat elements in the structures for machinery and construction. They are associated with the design of numerous engineering structures and facilities, such as the foundations of various buildings, airfield and road surfaces, floodgates, including underground structures.

This paper reports a study into the interaction of the material (of beams, plates, slabs, strips) with the deformable base as a three-dimensional body and in the exact statement of a three-dimensional problem of mathematical physics under dynamic loads.

The tasks of studying the interaction of a material (beams, plates, slabs, strips) with a deformable base have been set. A material lying on a porous water-saturated viscoelastic base is considered as a viscoelastic layer of the same geometry. It is assumed that the lower surface of the layer is flat while the upper surface, in a general case, is not flat and is given by some equation.

Classical approximate theories of the interaction of a layer with a deformable base, based on the Kirchhoff hypothesis, have been considered. Using the well-known hypothesis by Timoshenko and others, the general three-dimensional problem is reduced to a two-dimensional one relative to the displacement of points of the median plane of the layer, which imposes restrictions on external efforts. In the examined problem, there is no median plane. Therefore, as the desired values, displacements and deformations of the points in the plane have been considered, which, under certain conditions, pass into the median plane of the layer.

It is not possible to find a closed analytical solution for most problems while experimental studies often turn out to be time-consuming and dangerous processes.

Keywords: construction of mathematical models, interaction of material with base, dynamic load, boundary condition, general solution.

References

- Rahmatulin, H. A., Dem'yanov, Yu. A. (2009). Prochnost' pri intensivnykh kratkovremennykh nagruzkah. Moscow: Logos, 512.
- Aydosov, A., Aydosov, G. A., Kalimoldaev, M. N., Toybaev, S. N. (2015). Matematicheskoe modelirovanie vzaimodeystviya balki (plastin, plit, polos) s deformiruemyim osnovaniem pri dinamicheskikh nagruzkah. Almaty, 208.
- Aydosov, A. A., Aydosov, G. A., Toybaev, S. N. (2009). Osnovnye vyvody modelirovaniya rasprostraneniya vzryvnykh voln v mnogoslownom neodnorodnom poluprostranstve. *Novosti nauki Kazahstana, Nauchno-tehnicheskiiy sbornik*, 2 (101), 56–60.
- Aydosov, A. A., Aydosov, G. A., Toybaev, S. N. (2009). Modelirovanie vzaimodeystviya balki (plastin, plit, polos) peremennoy tolschiny, lezhashey na neodnorodnom osnovanii. *Priblizhennoe uravnenie. Vestnik KazNU*, 2 (61), 51–56.
- Aydosov, G. A., Aydosov, A. A., Toybaev, S. N. (2009). Modelirovanie vzaimodeystviya balki (plastin, plit, polos) peremennoy tolschiny, lezhashey na neodnorodnom osnovanii. *Postanovka zadachi. Vestnik KazNTU im. K.I. Satpaeva*, 4, 41–45.
- Aydosov, A. A., Aydosov, G. A., Toybaev, S. N. (2009). Modelirovanie vzaimodeystviya balki (plastin, plit, polos) peremennoy tolschiny, lezhashey na neodnorodnom osnovanii. *Obschie uravneniya. Vestnik KazNU im. Al'-Farabi*, 1 (60), 48–53. Available at: <https://bm.kaznu.kz/index.php/kaznu/article/view/37/18>
- Aydosov, A. A., Aydosov, G. A., Toybaev, S. N., Akimhanova, A. (2009). Napryazhenno-deformirovannoe sostoyanie truboprovoda s deformiruemyim osnovaniem pri vozdeystvii podvizhnoy napornoy nagruzki. *Vestnik KazATK*, 3 (58), 133–140.
- Li, H., Dong, Z., Ouyang, Z., Liu, B., Yuan, W., Yin, H. (2019). Experimental Investigation on the Deformability, Ultrasonic Wave Propagation, and Acoustic Emission of Rock Salt Under Triaxial Compression. *Applied Sciences*, 9 (4), 635. doi: <https://doi.org/10.3390/app9040635>
- Ishmamatov, M. R., Avezov, A. X., Ruziyev, T. R., Boltayev, Z. I., Kulumuratov, N. R. (2021). Propagation of Natural Waves on a Multilayer Viscoelastic Cylindrical Body Containing the Surface of a Weakened Mechanical Contact. *Journal of Physics: Conference Series*, 1921, 012127. doi: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1921/1/012127>
- Petrov, I. B., Sergeev, F. I., Muratov, M. V. (2021). Modelirovanie rasprostraneniya uprugih voln pri razvedochnom burnii na iskusstvennom ledovom ostrove. *Materialy XIII Mezhdunarodnoy konferencii po prikladnoy matematike i mehanike v aerokosmicheskoy otrasli (AMMAI'2020)*. Alushta, 559–561. Available at: http://www.npnj.ru/files/npnj2020_web.pdf
- Kumar, R., Vohra, R., Gorla, M. G. (2017). Variational principle and plane wave propagation in thermoelastic medium with double porosity under Lord-Shulman theory. *Journal of Solid Mechanics*, 9 (2), 423–433. Available at: http://jsm.iau-arak.ac.ir/article_531831_4204e81a530f1f107875455364b773ae.pdf
- Ebrahimi, F., Seyfi, A., Dabbagh, A. (2021). The effects of thermal loadings on wave propagation analysis of multi-scale hybrid composite beams. *Waves in Random and Complex Media*, 1–24. doi: <https://doi.org/10.1080/17455030.2021.1956015>
- Stubblefield, A. G., Spiegelman, M., Creyts, T. T. (2020). Solitary waves in power-law deformable conduits with laminar or turbulent fluid flow. *Journal of Fluid Mechanics*, 886. doi: <https://doi.org/10.1017/jfm.2019.1073>
- Ebrahimi, F., Dabbagh, A. (2019). Wave propagation analysis of smart nanostructures. CRC Press, 262. doi: <https://doi.org/10.1201/9780429279225>
- Liu, T., Li, X., Zheng, Y., Luo, Y., Guo, Y., Cheng, G., Zhang, Z. (2020). Study on S-wave propagation through parallel rock joints under in situ stress. *Waves in Random and Complex Media*, 1–24. doi: <https://doi.org/10.1080/17455030.2020.1813350>
- Ebrahimi, F., Dabbagh, A. (2018). Magnetic field effects on thermally affected propagation of acoustical waves in rotary double-nanobeam systems. *Waves in Random and Complex Media*, 31 (1), 25–45. doi: <https://doi.org/10.1080/17455030.2018.1558308>
- Kumar, R., Sharma, N., Lata, P., Abo-Dahab, S. M. (2017). Mathematical modelling of Stoneley wave in a transversely isotropic thermoelastic media. *Applications and Applied Mathematics*, 12 (1), 319–336. Available at: <https://digitalcommons.pvamu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1560&context=aam>
- Li, J., Slesarenko, V., Galich, P. I., Rudykh, S. (2018). Oblique shear wave propagation in finitely deformed layered composites. *Mechanics Research Communications*, 87, 21–28. doi: <https://doi.org/10.1016/j.mechrescom.2017.12.002>
- Ebrahimi, H., Kohler, M., Massari, A., Asimaki, D. (2018). Parametric estimation of dispersive viscoelastic layered media with application to structural health monitoring. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 105, 204–223. doi: <https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2017.10.017>
- Cheshmehkani, S., Eskandari-Ghadi, M. (2017). Passive control of 3D wave propagation with a functionally graded layer. *International*

- Journal of Mechanical Sciences, 123, 271–286. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jmesci.2017.02.002>
21. Kozaczka, E., Grelowska, G. (2017). Theoretical Model of Acoustic Wave Propagation in Shallow Water. *Polish Maritime Research*, 24 (2), 48–55. doi: <https://doi.org/10.1515/pomr-2017-0049>
 22. Feng, X., Zhang, Q., Wang, E., Ali, M., Dong, Z., Zhang, G. (2020). 3D modeling of the influence of a splay fault on controlling the propagation of nonlinear stress waves induced by blast loading. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 138, 106335. doi: <https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2020.106335>
 23. Singh, A. K., Rajput, P., Chaki, M. S. (2020). Analytical study of Love wave propagation in functionally graded piezo-poroelastic media with electroded boundary and abruptly thickened imperfect interface. *Waves in Random and Complex Media*, 1–25. doi: <https://doi.org/10.1080/17455030.2020.1779387>
 24. Li, J., Slesarenko, V., Rudykh, S. (2019). Microscopic instabilities and elastic wave propagation in finitely deformed laminates with compressible hyperelastic phases. *European Journal of Mechanics - A/Solids*, 73, 126–136. doi: <https://doi.org/10.1016/j.euromechsol.2018.07.004>
 25. Ai, Z. Y., Ye, Z. K., Yang, J. J. (2021). Thermo-mechanical behaviour of multi-layered media based on the Lord-Shulman model. *Computers and Geotechnics*, 129, 103897. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compgeo.2020.103897>
 26. Stephan, C. C., Schmidt, H., Zülke, C., Matthias, V. (2020). Oblique Gravity Wave Propagation During Sudden Stratospheric Warmings. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 125 (1). doi: <https://doi.org/10.1029/2019jd031528>
 27. Kumari, N., Chattopadhyay, A., Kumar, S., Singh, A. K. (2017). Propagation of SH-waves in two anisotropic layers bonded to an isotropic half-space under gravity. *Waves in Random and Complex Media*, 27 (2), 195–212. doi: <https://doi.org/10.1080/17455030.2016.1212176>
 28. Yakovlev, I., Zambalov, S. (2019). Three-dimensional pore-scale numerical simulation of methane-air combustion in inert porous media under the conditions of upstream and downstream combustion wave propagation through the media. *Combustion and Flame*, 209, 74–98. doi: <https://doi.org/10.1016/j.combustflame.2019.07.018>
 29. Lees, A. M., Sejian, V., Wallage, A. L., Steel, C. C., Mader, T. L., Lees, J. C., Gaughan, J. B. (2019). The Impact of Heat Load on Cattle. *Animals*, 9 (6), 322. doi: <https://doi.org/10.3390/ani9060322>
 30. Li, B., Zheng, Y., Shi, S., Liu, Y., Li, Y., Chen, X. (2019). Microcrack initiation mechanisms of 316LN austenitic stainless steel under in-phase thermomechanical fatigue loading. *Materials Science and Engineering: A*, 752, 1–14. doi: <https://doi.org/10.1016/j.msea.2019.02.077>
 31. Schönbauer, B. M., Mayer, H. (2019). Effect of small defects on the fatigue strength of martensitic stainless steels. *International Journal of Fatigue*, 127, 362–375. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijfatigue.2019.06.021>
 32. Hourigan, S. K., Subramanian, P., Hasan, N. A., Ta, A., Klein, E., Chettout, N. et. al. (2018). Comparison of Infant Gut and Skin Microbiota, Resistome and Virulome Between Neonatal Intensive Care Unit (NICU) Environments. *Frontiers in Microbiology*, 9. doi: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.01361>

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.239751
IMPROVEMENT OF COVERED WAGONS OF THE
“EAST-WEST” TYPE BY SECTIONING WITH A
PARTITION (p. 36–43)

Oleksij Fomin

State University of Infrastructure and Technologies, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2387-9946>

Alyona Lovska

Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8604-1764>

Andriy Klymash

Volodymyr Dahl East Ukrainian National University,
 Severodonetsk, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4055-1195>

Mykhailo Keremet

Volodymyr Dahl East Ukrainian National University,
 Severodonetsk, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4058-8083>

The dynamic loading and strength of the frame of the “East-West” type covered wagon were determined. To increase the efficiency of operation of covered wagons in international traffic, it is proposed to improve their frames. This improvement consists in using a sectional partition in the body in order to divide it into two separate sections. This allows the transportation of different goods in one wagon, and therefore decreasing empty mileage.

The longitudinal loading of the covered wagon frame was determined. The case of shunting impact was considered. The studies were carried out in a flat coordinate system. The loading mode of the frame of the covered wagon in the empty and loaded states was considered. The acceleration acting on the covered wagon frame in the loaded state was 0.37g, empty – 0.42g, which does not exceed the standard values. The wagon motion is rated “excellent”.

The main strength indicators of the covered wagon frame were determined. The calculation was made by the finite element method. It was found that the maximum equivalent stresses are concentrated in the area of interaction of the center sill with the bolster beam and amounted to 340 MPa, which is lower than the yield stress of the material. Maximum displacements occur in the middle of the frame beams and are about 12 mm. The natural vibration frequencies of the covered wagon frame were calculated.

The research will help to increase the efficiency of using covered wagons in international traffic. Also, the research results can be useful developments in the creation of innovative rolling stock structures.

Keywords: transport mechanics, covered wagon, frame, dynamic loading, stress state, East-West wagon.

References

1. Tsygan, B. G., Tsygan, A. B., Mokrousov, S. D. (2008). *Sovremennoe vagonostroenie*. Vol. 1. Zheleznodorozhniy podvizhnoy sostav. Kharkiv: Korporatsiya “Tekhnostandart”, 432.
2. Vantazhne vahonobuduvannia (2006). *Zaliznychnyi transport Ukrainy*, 5, 82.
3. Reidemeister, O. H., Kalashnyk, V. O., Shykunov, O. A. (2016). Modernization as a way to improve the use of universal cars. *Science and Transport Progress. Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport*, 2 (62), 148–156. doi: <https://doi.org/10.15802/stp2016/67334>
4. Shukla, C. P., Bharti, P. K. (2015). Study and Analysis of Doors of BCNHL Wagons. *International Journal of Engineering Research And*, 4 (04), 1195–1200. doi: <https://doi.org/10.17577/ijertv4is041031>
5. Lee, W. G., Kim, J.-S., Sun, S.-J., Lim, J.-Y. (2016). The next generation material for lightweight railway car body structures: Magnesium alloys. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part F: Journal of Rail and Rapid Transit*, 232 (1), 25–42. doi: <https://doi.org/10.1177/0954409716646140>
6. Płaczek, M., Wróbel, A., Buchacz, A. (2016). A concept of technology for freight wagons modernization. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 161, 012107. doi: <https://doi.org/10.1088/1757-899x/161/1/012107>
7. Lee, H.-A., Jung, S.-B., Jang, H.-H., Shin, D.-H., Lee, J. U., Kim, K. W., Park, G.-J. (2015). Structural-optimization-based design process for the body of a railway vehicle made from extruded aluminum panels. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part F: Journal of Rail and Rapid Transit*, 230 (4), 1283–1296. doi: <https://doi.org/10.1177/0954409715593971>
8. Boronenko, Y. P., Filipova, I. O. (2017). Selection of constructive solutions of car elements with small empty weight. *Science and Transport Progress. Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport*, 3 (69), 121–129. doi: <https://doi.org/10.15802/stp2017/104546>
9. Rezvani, M. A., Mazraeh, A. (2017). Dynamics and stability analysis of a freight wagon subjective to the railway track and wheelset op-

- erational conditions. *European Journal of Mechanics - A/Solids*, 61, 22–34. doi: <https://doi.org/10.1016/j.euromechsol.2016.08.011>
10. Lovska, A., Fomin, O., Kučera, P., Pištěk, V. (2020). Calculation of Loads on Carrying Structures of Articulated Circular-Tube Wagons Equipped with New Draft Gear Concepts. *Applied Sciences*, 10 (21), 7441. doi: <https://doi.org/10.3390/app10217441>
 11. Lovska, A., Fomin, O. (2020). A new fastener to ensure the reliability of a passenger car body on a train ferry. *Acta Polytechnica*, 60 (6). doi: <https://doi.org/10.14311/ap.2020.60.0478>
 12. Bogomaz, G. I., Mekhov, D. D., Filipchenko, O. P., Chernomashentseva, Yu. G. (1992). Nagruzhennost' konteynerov-tsistern, raspolozhennykh na zheleznodorozhnoy platforme, pri udarah v avtostsepku. *Dynamika ta keruvannia rukhom mekhanichnykh system*, 87–95.
 13. Kelrykh, M., Fomin, O. V. (2014). Perspective directions of planning carrying systems of gondolas. *Metallurgical and Mining Industry*, 6, 57–60. Available at: https://www.metaljournal.com.ua/assets/MMI_2014_6/11-Fomin.pdf
 14. Pištěk, V., Kučera, P., Fomin, O., Lovska, A. (2020). Effective Mistuning Identification Method of Integrated Bladed Discs of Marine Engine Turbochargers. *Journal of Marine Science and Engineering*, 8 (5), 379. doi: <https://doi.org/10.3390/jmse8050379>
 15. Alyamovskiy, A. A. (2010). *COSMOSWorks. Osnovy rascheta konstruktiv na prochnost' v srede SolidWorks*. Moscow: DMK-Press, 785.
 16. Kondratiev, A., Gaidachuk, V., Nabokina, T., Tsaritsynskiy, A. (2020). New Possibilities of Creating the Efficient Dimensionally Stable Composite Honeycomb Structures for Space Applications. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 45–59. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-37618-5_5
 17. Aliyev, I., Thamer, K. A., Zhuravskiy, Y., Sova, O., Smirnova, N., Zhyvotovskiy, R. et. al. (2019). Development of a method of fuzzy evaluation of information and analytical support of strategic management. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (2 (102)), 16–27. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.184394>
 18. Koshlan, A., Salnikova, O., Chekhovska, M., Zhyvotovskiy, R., Prokopenko, Y., Hurskiy, T. et. al. (2019). Development of an algorithm for complex processing of geospatial data in the special-purpose geoinformation system in conditions of diversity and uncertainty of data. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (9 (101)), 35–45. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.180197>
 19. Fomin, O., Lovska, A. (2020). Establishing patterns in determining the dynamics and strength of a covered freight car, which exhausted its resource. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (7 (108)), 21–29. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.217162>
 20. 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: <https://doi.org/10.1088/1757-899x/664/1/012014>
 21. Vatulia, G., Komagorova, S., Pavliuchenkov, M. (2018). Optimization of the truss beam. Verification of the calculation results. *MATEC Web of Conferences*, 230, 02037. doi: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201823002037>
 22. Goolak, S., Gubarevych, O., Yermolenko, E., Slobodyanyuk, M., Gorobchenko, O. (2020). Mathematical modeling of an induction motor for vehicles. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (2 (104)), 25–34. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.199559>
 23. Kliuiev, S. (2018). Experimental study of the method of locomotive wheelrail angle of attack control using acoustic emission. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (9 (92)), 69–75. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.122131>
 24. 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: <https://doi.org/10.21595/vp.2019.21138>
 25. Vatulia, G., Lobiak, A., Chernogil, V., Novikova, M. (2019). Simulation of Performance of CFST Elements Containing Differentiated Profile Tubes Filled with Reinforced Concrete. *Materials Science Forum*, 968, 281–287. doi: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/msf.968.281>
 26. Vaynberg, D. V., Vaynberg, E. D. (1970). *Raschet plastin*. Kyiv: Budivelnyk, 437.
 27. Fomin, O. V. (2015). Improvement of upper bundling of side wall of gondola cars of 12-9745 model. *Metallurgical and Mining Industry*, 1, 45–48. Available at: https://www.metaljournal.com.ua/assets/Journal/english-edition/MMI_2015_1/9%20Fomin.pdf
 28. Plakhtii, O., Nerubatskiy, V., Sushko, D., Hordiienko, D., Khoruzhevskiy, H. (2020). Improving the harmonic composition of output voltage in multilevel inverters under an optimum mode of amplitude modulation. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (8 (104)), 17–24. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.200021>
 29. Plakhtii, O. A., Nerubatskiy, V. P., Hordiienko, D. A., Khoruzhevskiy, H. A. (2020). Calculation of static and dynamic losses in power IGBT-transistors by polynomial approximation of basic energy characteristics. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 2, 82–88. Available at: <http://nvngu.in.ua/index.php/en/archive/on-the-issues/1841-2020/contents-2-2020/5253-calculation-of-static-and-dynamic-losses-in-power-igbt-transistors-by-polynomial-approximation-of-basic-energy-characteristics>
 30. Bychkov, A. S., Kondratiev, A. V. (2019). Criterion-Based Assessment of Performance Improvement for Aircraft Structural Parts with Thermal Spray Coatings. *Journal of Superhard Materials*, 41 (1), 53–59. doi: <https://doi.org/10.3103/s1063457619010088>
 31. DSTU 7598:2014. Freight wagons. General requirements to calculation and designing of the new and modernized 1520 mm gauge wagons (non-self-propelled) (2015). Kyiv, 162.
 32. GOST 33211-2014. Freight wagons. Requirements to structural strength and dynamic qualities (2016). Moscow, 54.
 33. EN 12663-2:2010. Railway applications - structural requirements of railway vehicle bodies - Part 2: Freight wagons (2010). B., 54.
 34. Normy dlya rascheta i proektirovaniya vagonov zheleznykh dorog MPS kolei 1520 mm (nesamohodnykh) (1996). Moscow: GosNIIV-VNIIZHT, 319.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.241950

ETERMINING THE ENERGY EFFICIENCY OF A RESONANCE SINGLE-MASS VIBRATORY MACHINE WHOSE OPERATION IS BASED ON THE SOMMERFELD EFFECT (p. 44–51)

Volodymyr Yatsun

Central Ukrainian National Technical University,
Kropyvnytskyi, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4973-3080>

Gennadiy Filimonikhin

Central Ukrainian National Technical University,
Kropyvnytskyi, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2819-0569>

Irina Filimonikhina

Central Ukrainian National Technical University,
Kropyvnytskyi, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1384-6027>

Antonina Haleeva

Mykolayiv National Agrarian University, Mykolayiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8017-3133>

This paper reports determining the energy efficiency of a vibratory machine consisting of a viscoelastically fixed platform that can move vertically, and a vibration exciter whose operation is based on the Sommerfeld effect. The body of the vibration exciter rotates at a steady angular speed while there are the same loads in the form of a ball, a roller, or a pendulum inside it. The load, being moved relative to the body, is exposed to the forces of viscous resistance, which are internal within the system.

It was established that under the steady oscillatory modes of a vibratory machine's movement, the loads are tightly pressed to each

other, thereby forming a combined load. Energy is productively spent on platform oscillations and unproductively dissipated due to the movement of the combined load relative to the body.

With an increase in the speed of the body rotation, the increasing internal forces of viscous resistance bring the speed of rotation of the combined load closer to the resonance speed, and the amplitude of platform oscillations increases. However, the combined load, in this case, increasingly lags behind the body, which increases unproductive energy loss and decreases the efficiency of the vibratory machine.

A purely resonant motion mode of the vibratory machine produces the maximum amplitude of platform oscillations, the dynamic factor, the total power of viscous resistance forces. In this case, the efficiency reaches its minimum value.

To obtain vigorous oscillations of the platform with a simultaneous increase in the efficiency of the vibratory machine, it is necessary to reduce the forces of viscous resistance in supports with a simultaneous increase in the internal forces of viscous resistance.

An algorithm for calculating the basic dynamic characteristics of the vibratory machine's oscillatory motion has been built, based on solving the problem parametrically. The accepted parameter is the angular speed at which a combined load gets stuck. The effectiveness of the algorithm has been illustrated using a specific example.

Keywords: resonance vibratory machine, Sommerfeld effect, inertial vibration exciter, single-mass vibratory machine, energy efficiency.

References

- Kryukov, B. I. (1967). *Dinamika vibratsionnykh mashin rezonansnogo tipa*. Kyiv: Naukova dumka, 210.
- Sommerfeld, A. (1904). Beitrage zum dynamischen Ausbaur der Festigkeitslehre. *Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure*, 48 (18), 631–636.
- Lanets, O. V., Shpak, Ya. V., Lozynskiy, V. I., Leonovych, P. Yu. (2013). Realizatsiya efektu Zommerfelda u vibratsionomu maidanchyku z inertsiynym pryvodom. *Avtomatyzatsiia vyrobnychkykh protsesiv u mashynobuduvanni ta prykladobuduvanni*, 47, 12–28. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Avtomatyzac_2013_47_4
- Kuzo, I. V., Lanets, O. V., Gurskiy, V. M. (2013). Synthesis of low-frequency resonance vibratory machines with an aeroinertia drive. *Naukovyi visnyk Natsionalnoho hirnychoho universytetu*, 2, 60–67. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nvngu_2013_2_11
- Yaroshevich, N., Puts, V., Yaroshevich, T., Herasymchuk, O. (2020). Slow oscillations in systems with inertial vibration exciters. *Vibro-engineering PROCEDIA*, 32, 20–25. doi: <https://doi.org/10.21595/vp.2020.21509>
- Artyunin, A. I. (1993). Issledovanie dvizheniya rotora s avtobalansirov. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Mashinostroenie*, 1, 15–19.
- Ryzhik, B., Sperling, L., Duckstein, H. (2004). Non-synchronous Motions Near Critical Speeds in a Single-plane Auto-balancing Device. *Technische Mechanik*, 24 (1), 25–36. Available at: <https://journals.ub.uni-magdeburg.de/index.php/techmech/article/view/911/888>
- Artyunin, A. I., Alhunsae, G. G., Serebrennikov, K. V. (2005). Primenenie metoda razdeleniya dvizheniy dlya issledovaniya dinamiki rotornoy sistemy s gibkim rotorom i mayatnikovym avtobalansirov. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Mashinostroenie*, 9, 8–14.
- Lu, C.-J., Tien, M.-H. (2012). Pure-rotary periodic motions of a planar two-ball auto-balancer system. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 32, 251–268. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2012.06.001>
- Artyunin, A. I., Eliseyev, S. V. (2013). Effect of “Crawling” and Peculiarities of Motion of a Rotor with Pendular Self-Balancers. *Applied Mechanics and Materials*, 373-375, 38–42. doi: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amm.373-375.38>
- Filimonikhin, G., Yatsun, V. (2015). Method of excitation of dual frequency vibrations by passive autobalancers. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (7 (76)), 9–14. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2015.47116>
- Yatsun, V., Filimonikhin, G., Dumenko, K., Nevdakha, A. (2017). Search for two-frequency motion modes of single-mass vibratory machine with vibration exciter in the form of passive auto-balancer. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (7 (90)), 58–66. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.117683>
- Yatsun, V., Filimonikhin, G., Dumenko, K., Nevdakha, A. (2018). Search for the dualfrequency motion modes of a dualmass vibratory machine with a vibration exciter in the form of passive autobalancer. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (7 (91)), 47–54. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.121737>
- Yatsun, V., Filimonikhin, G., Haleeva, A., Krivoblotsky, L., Machok, Y., Mezitis, M. et. al. (2020). Searching for the twofrequency motion modes of a threemass vibratory machine with a vibration exciter in the form of a passive autobalancer. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (7 (106)), 103–111. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.209269>
- Filimonikhin, G., Yatsun, V., Dumenko, K. (2016). Research into excitation of dual frequency vibrational-rotational vibrations of screen duct by ball-type auto-balancer. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (7 (81)), 47–52. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.72052>
- Jung, D. (2018). Supercritical Coexistence Behavior of Coupled Oscillating Planar Eccentric Rotor/Autobalancer System. *Shock and Vibration*, 2018, 1–19. doi: <https://doi.org/10.1155/2018/4083897>
- Strauch, D. (2009). *Classical Mechanics: An Introduction*. Springer, 405. doi: <https://doi.org/10.1007/978-3-540-73616-5>
- Nayfeh, A. H. (1993). *Introduction to Perturbation Techniques*. John Wiley and Sons Ltd.
- Kuzo, I. V., Lanets, O. V., Gurskiy, V. M. (2013). Substantiation of technological efficiency of two-frequency resonant vibration machines with pulse electromagnetic disturbance. *Naukovyi visnyk Natsionalnoho hirnychoho universytetu*, 3, 71–77. Available at: <http://nvngu.in.ua/index.php/en/component/jdownloads/finish/45-03/736-2013-3-kuzo/0>

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.242398

HOMOGENIZATION OF A UNIDIRECTIONAL COMPOSITE REINFORCED WITH TWO TYPES OF TRANSTROPIC HOLLOW FIBERS (p. 52–58)

Anastasiia Stoliarova

Zaporizhzhia National University, Zaporizhzhia, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2783-2889>

Andriy Pozhuyev

Zaporizhzhia National University, Zaporizhzhia, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4083-5139>

Oksana Spytisia

Zaporizhzhia National University, Zaporizhzhia, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7150-7736>

Alla Bohuslavska

Zaporizhzhia Polytechnic National University, Zaporizhzhia, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8594-4849>

A method for determining effective elastic constants of a composite unidirectionally reinforced with two types of transtropic hollow fibers is developed. Determining these characteristics is an integral step in the design of composite structures. The approach is based on analytical formulas for determining the elastic characteristics of a two-component composite with a transtropic matrix and hollow fiber. Hexagonal fiber lay-up with periodic reinforcement structure is considered. Double homogenization is used. The composite is conventionally divided into hexagonal regions of two types. The first is a hollow fiber of one material and the surrounding matrix. Similarly, the second one – with a hollow fiber of another material. In the first homogenization, elastic constants of the transtropic material of each of the two regions are determined. In the repeated homogenization, the region of the first type is taken as a “conditional” fiber, the region of the second type is taken as a “conditional” matrix. Effective elastic constants for a composite reinforced with two types of isotropic hollow fibers are calculated. The proposed method gives a good convergence of the results with calculations by known formulas. The maximum relative calculation error for the longitudinal elastic characteristics compared to known formulas does not exceed 0.05 %.

The dependences of some effective elastic constants on the volume content of hollow fibers of various types are constructed. Using this approach, three-component composites can be modeled varying the materials of the matrix, hollow fibers and their volume content. This allows predicting the strength of such composites under certain deformations at the design stage.

Keywords: three-component unidirectional composite, transropic hollow fibers, effective elastic constants, homogenization.

References

- Wang, G., Tu, W., Pindera, M.-J. (2017). Tailoring the moduli of composites using hollow reinforcement. *Composite Structures*, 160, 838–853. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2016.10.060>
- Balaji, R., Sasikumar, M., Jeyanthi, S. (2016). Characterisation of hollow glass fibre reinforced vinyl-ester composites. *Indian Journal of Science and Technology*, 9 (47), 1–5. doi: <https://doi.org/10.17485/ijst/2016/v9i48/107921>
- Nasr-Isfahani, M., Tehran, M. A., Latifi, M., Halvaei, M., Warnet, L. (2017). Experimental and theoretical investigation of hollow polyester fibers effect on impact behavior of composites. *Journal of Industrial Textiles*, 47 (7), 1528–1542. doi: <https://doi.org/10.1177/1528083717699367>
- Bayat, M., Aghdam, M. M. (2012). A micromechanics based analysis of hollow fiber composites using DQEM. *Composites Part B: Engineering*, 43 (8), 2921–2929. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2012.06.021>
- Nasr-Isfahani, M., Latifi, M., Amani-Tehran, M. (2013). Improvement of Impact Damage Resistance of Epoxy-Matrix Composites Using Ductile Hollow Fibers. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 8 (1), 155892501300800. doi: <https://doi.org/10.1177/155892501300800108>
- Naeimirad, M., Abuzade, R., Babaahmadi, V., Neisiany, R. E., Brüll, R., Pursche, F. (2021). Hollow fiber reinforced polymer composites. *Fiber Reinforced Composites*, 461–477. doi: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-821090-1.00001-6>
- Aimmanee, S., Asanuma, H. (2019). Micromechanics-based predictions of effective properties of a 1-3 piezocomposite reinforced with hollow piezoelectric fibers. *Mechanics of Advanced Materials and Structures*, 27 (22), 1873–1887. doi: <https://doi.org/10.1080/15376494.2018.1529842>
- Grebenuk, S. (2016). Effective elastic constants of the composite material reinforced by the unidirectional fibers of the two types. *Visnyk of Zaporizhzhya National University. Physical and Mathematical Sciences*, 1, 48–56. Available at: <http://journalsofznu.zp.ua/index.php/phys-math/article/view/1342/1295>
- Stoliarova, A. V., Koval, R. A., Hatsenko, A. V., Dioba, N. O. (2021). The determination of the elastic constants of the composite material with solid and hollow equivalently directed fibers. *Bulletin of Zaporizhzhya National University. Physical and Mathematical Sciences*, 1, 57–64. doi: <https://doi.org/10.26661/2413-6549-2021-1-07>
- Nazarenko, L. V. (2008). Deformative properties of granular-fiber composites under matrix microdamaging. *Prykladni problemy mekhaniky i matematyky*, 6, 146–153. Available at: <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/7704>
- Homeniuk, S., Grebenuk, S., Klimenko, M., Stoliarova, A. (2018). Determining the effective characteristics of a composite with hollow fiber at longitudinal elongation. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (7 (96)), 6–12. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.143406>
- Grebenuk, S., Klymenko, M., Stoliarova, A., Titova, O. (2019). Longitudinal shear modulus of the composite material with hollow fibers. *Mechanika 2019: Proceedings of the 24th International Scientific Conference*. Kaunas, 45–48. Available at: https://www.researchgate.net/publication/354890490_Longitudinal_Shear_Modulus_of_the_Composite_Material_with_Hollow_Fibers
- Karpinos, D. M. (Ed.) (1985). *Kompozicionnye materialy*. Kyiv: Naukova dumka, 588.
- Tarnopol'skiy, Yu. M., Zhigun, I. G., Polyakov, V. A. (1987). *Prostranstvenno-armirovannyye kompozicionnye materialy*. Moscow: Mashinostroenie, 224.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.242986

DEVELOPMENT OF PREDICTION MODEL OF STEEL FIBER-REINFORCED CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH USING RANDOM FOREST ALGORITHM COMBINED WITH HYPERPARAMETER TUNING AND K-FOLD CROSS-VALIDATION (p. 59–65)

Nadia Moneem Al-Abdaly

Al-Furat Al-Awsat Technical University, Najaf, Iraq
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2338-8736>

Salwa R. Al-Taai

Mustansiriya University, Baghdad, Iraq
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0605-6729>

Hamza Imran

Al-karkh University of Science, Baghdad, Iraq
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0680-8540>

Majed Ibrahim

Al Albayt University, Al-Mafraq, Jordan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9841-9747>

Because of the incorporation of discontinuous fibers, steel fiber-reinforced concrete (SFRC) outperforms regular concrete. However, due to its complexity and limited available data, the development of SFRC strength prediction techniques is still in its infancy when compared to that of standard concrete. In this paper, the compressive strength of steel fiber-reinforced concrete was predicted from different variables using the Random forest model. Case studies of 133 samples were used for this aim. To design and validate the models, we generated training and testing datasets. The proposed models were developed using ten important material parameters for steel fiber-reinforced concrete characterization. To minimize training and testing split bias, the approach used in this study was validated using the 10-fold Cross-Validation procedure. To determine the optimal hyperparameters for the Random Forest algorithm, the Grid Search Cross-Validation approach was utilized. The root mean square error (RMSE), coefficient of determination (R²), and mean absolute error (MAE) between measured and estimated values were used to validate and compare the models. The prediction performance with RMSE=5.66, R²=0.88 and MAE=3.80 for the Random forest model. Compared with the traditional linear regression model, the outcomes showed that the Random forest model is able to produce enhanced predictive results of the compressive strength of steel fiber-reinforced concrete. The findings show that hyperparameter tuning with grid search and cross-validation is an efficient way to find the optimal parameters for the RF method. Also, RF produces good results and gives an alternate way for anticipating the compressive strength of SFRC.

Keywords: machine learning, random forest, fiber-reinforced concrete, compressive strength.

References

- Mehta, P. K., Monteiro, P. J. M. (2014). *Concrete: microstructure, properties, and materials*. McGraw-Hill. Available at: <https://www.accessengineeringlibrary.com/content/book/9780071797870>
- Report on Fiber Reinforced Concrete. Reported by ACI Committee 544. ACI 544.1R-96. Available at: <http://indiafiber.com/Files/ACI%20report.pdf>
- Brandt, A. M. (2008). Fibre reinforced cement-based (FRC) composites after over 40 years of development in building and civil engineering. *Composite Structures*, 86 (1-3), 3–9. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2008.03.006>
- Romualdi, J. P., Batson, G. B. (1963). Mechanics of Crack Arrest in Concrete. *Journal of the Engineering Mechanics Division*, 89 (3), 147–168. doi: <https://doi.org/10.1061/jmcea3.0000381>
- Romualdi, J. P., Mandel, J. A. (1964). Tensile strength of concrete affected by uniformly distributed and closely spaced short lengths of wire reinforcement. *Journal Proceedings*, 61 (6), 657–672. doi: <https://doi.org/10.14359/7801>

6. Yazıcı, Ş., Inan, G., Tabak, V. (2007). Effect of aspect ratio and volume fraction of steel fiber on the mechanical properties of SFRC. *Construction and Building Materials*, 21 (6), 1250–1253. doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2006.05.025>
7. Nili, M., Azarioon, A., Danesh, A., Deihimi, A. (2016). Experimental study and modeling of fiber volume effects on frost resistance of fiber reinforced concrete. *International Journal of Civil Engineering*, 16 (3), 263–272. doi: <https://doi.org/10.1007/s40999-016-0122-2>
8. Bentur, A., Mindess, S. (2006). *Fibre reinforced cementitious composites*. CRC Press, 624. doi: <https://doi.org/10.1201/9781482267747>
9. Nuruddin, M. F., Ullah Khan, S., Shafiq, N., Ayub, T. (2015). Strength Prediction Models for PVA Fiber-Reinforced High-Strength Concrete. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 27 (12), 04015034. doi: [https://doi.org/10.1061/\(asce\)mt.1943-5533.0001279](https://doi.org/10.1061/(asce)mt.1943-5533.0001279)
10. Awolusi, T. F., Oke, O. L., Akinkulore, O. O., Sojobi, A. O., Aluko, O. G. (2019). Performance comparison of neural network training algorithms in the modeling properties of steel fiber reinforced concrete. *Heliyon*, 5 (1), e01115. doi: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2018.e01115>
11. Abubakar, A. U., Tabra, M. S. (2019). Prediction of Compressive Strength in High Performance Concrete with Hooked-End Steel Fiber using K-Nearest Neighbor Algorithm. *International Journal of Integrated Engineering*, 11 (1). doi: <https://doi.org/10.30880/ijie.2019.11.01.016>
12. Karthiyaini, S., Senthamaraikannan, K., Priyadarshini, J., Gupta, K., Shanmugasundaram, M. (2019). Prediction of Mechanical Strength of Fiber Admixed Concrete Using Multiple Regression Analysis and Artificial Neural Network. *Advances in Materials Science and Engineering*, 2019, 1–7. doi: <https://doi.org/10.1155/2019/4654070>
13. Qu, D., Cai, X., Chang, W. (2018). Evaluating the Effects of Steel Fibers on Mechanical Properties of Ultra-High Performance Concrete Using Artificial Neural Networks. *Applied Sciences*, 8 (7), 1120. doi: <https://doi.org/10.3390/app8071120>
14. Sadrossadat, E., Basarir, H., Karrech, A., Elchalakani, M. (2021). Multi-objective mixture design and optimisation of steel fiber reinforced UHPC using machine learning algorithms and metaheuristics. *Engineering with Computers*. doi: <https://doi.org/10.1007/s00366-021-01403-w>
15. Breiman, L. (2001). Random forests. *Machine Learning*, 45, 5–32. doi: <https://doi.org/10.1023/A:1010933404324>
16. Açikgenç, M., Ulaş, M., Alyamaç, K. E. (2014). Using an Artificial Neural Network to Predict Mix Compositions of Steel Fiber-Reinforced Concrete. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 40 (2), 407–419. doi: <https://doi.org/10.1007/s13369-014-1549-x>
17. Zhou, J., Shi, X., Du, K., Qiu, X., Li, X., Mitri, H. S. (2017). Feasibility of Random-Forest Approach for Prediction of Ground Settlements Induced by the Construction of a Shield-Driven Tunnel. *International Journal of Geomechanics*, 17 (6), 04016129. doi: [https://doi.org/10.1061/\(asce\)gm.1943-5622.0000817](https://doi.org/10.1061/(asce)gm.1943-5622.0000817)
18. Rodriguez, J. D., Perez, A., Lozano, J. A. (2010). Sensitivity Analysis of k-Fold Cross Validation in Prediction Error Estimation. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 32 (3), 569–575. doi: <https://doi.org/10.1109/tpami.2009.187>
19. Asteris, P. G., Tsaris, A. K., Cavaleri, L., Repapis, C. C., Papalou, A., Di Trapani, F., Karypidis, D. F. (2016). Prediction of the Fundamental Period of Infilled RC Frame Structures Using Artificial Neural Networks. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2016, 1–12. doi: <https://doi.org/10.1155/2016/5104907>
20. Kuhn, M. (2008). Building predictive models in R using the caret package. *Journal of statistical software*, 28 (5), 1–26. doi: <https://doi.org/10.18637/jss.v028.i05>
21. Ahmed, S. N., Ali, S. J., Al-Zubaidi, H. A. M., Ali, A. H., Ajeel, M. A. (2020). Improvement of organic matter removal in water produced of oilfields using low cost Moringa peels as a new green environmental adsorbent. *Global Nest*, 22 (2), 268–274. doi: <https://doi.org/10.30955/gnj.003098>

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.242372**АНАЛІТИКО-ЧИСЛОВИЙ РОЗВ'ЯЗОК ЗАДАЧІ ВІСЕСИМЕТРИЧНОГО НЕЛІНІЙНОГО ДЕФОРМУВАННЯ ЦИЛІНДРИЧНОЇ БЕЗМОМЕНТНОЇ ОБОЛОНКИ ВІД ДІЇ ТИСКУ ТА ЗБЛИЖЕННЯ КРАЇВ (с. 6–13)****В. Б. Минтюк**

Побудовано і апробовано геометрично і фізично нелінійну модель безмоментної циліндричної оболонки, яка описує поведінку повітряної амортизаційної подушки з тканинного матеріалу. На основі геометрично точних співвідношень «деформації-переміщення» показано, що рівняння рівноваги оболонки, записані в термінах напружень Біо, разом з граничними умовами мають природний фізичний сенс і є наслідками принципу віртуальної роботи. Фізичні властивості оболонки були описані гіперпружним біологічним матеріалом Фіна тому, що його поведінка схожа з поведінкою текстилю. Для порівняння також були розглянуті більш прості гіперпружні нестискувані матеріали Варга, Нео-Гука, матеріали нульового, першого і другого порядків. Оболонку було навантажено внутрішнім тиском і зближенням країв. Наближений розв'язок побудовано аналітико-числовим методом і показано притаманну цьому методу експоненціальну збіжність і високу точність виконання рівнянь рівноваги. Оскільки похибка не перевищує 1 % при утриманні десяти доданків в апроксимаціях функцій переміщень, то рішення можна вважати практично точним. Проведено аналогічні розрахунки методом скінченного елемента, реалізованого в ANSYS WB, з метою верифікації отриманих результатів. Показано, що відмінності у визначенні переміщень не перевищують 0.2 %, напружень – 4 %. В результаті досліджень встановлено, що використання матеріалів Фіна, Варга, Нео-Гука і матеріалу нульового порядку призводять до схожих значень переміщень і напружень, від яких істотно відрізняються переміщення оболонок з матеріалів першого і другого порядків. Цей результат дозволяє замість матеріалу Фіна, задання якого вимагає значної кількості експериментальних даних, використовувати більш прості – матеріал нульового порядку і матеріал Варга.

Ключові слова: вісесиметрична циліндрична оболонка, геометрична нелінійність, фізична нелінійність, аналітико-числовий метод.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.241287**РОЗВИТОК УЗАГАЛЬНЮЮЧОГО МЕТОДУ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ МЕХАНІКИ СУЦІЛЬНОГО СЕРЕДОВИЩА СТОСОВНО ДО ДЕКАРТОВОЇ СИСТЕМИ КООРДИНАТ (с. 14–24)****В. В. Чигиринський, О. Г. Науменко**

При вирішенні задач механіки суцільного середовища виявлено визначальні узагальнення за допомогою методу аргумент функцій. Метою дослідження було розвиток нових підходів вирішення задач механіки суцільного середовища з використанням визначальних узагальнень в декартовій системі координат.

До розгляду вводять додаткові функції, або аргумент функції координат осередку деформації. Носіями пропонуваного аргументу функцій повинні бути базові залежності, що задовольняють граничним або крайовим умовам, а також функції, що спрощують розв'язок задач в загальному вигляді.

Однак залишилися невирішеними проблеми, пов'язані з тим, яким чином повинні визначатися не самі рішення, а умови їх існування. Такі узагальнені підходи дозволяють прогнозувати результат для нових прикладних задач, розширюють можливості вирішення з метою задоволення різноманітних граничних і крайових умов.

Запропонований підхід дозволяє визначити цілий ряд аргументу функцій, кожна з яких може бути умовою єдиності для конкретної прикладної задачі. Такі узагальнення стосуються визначення не конкретних функцій, а умов їх існування. З цих позицій докладно була вирішена плоска задача, протестована, порівняна з дослідженнями інших авторів.

На базі отриманого результату розроблена математична модель плоскої прикладної задачі теорії пружності зі складними граничними умовами. Вирази представлені в безкоординатній формі, зручні для аналізу, забезпечують зручний з обчислювальної точки зору контекст.

Показано вплив фактора форми балки на розподіл напружень в перехідних зонах з різною інтенсивністю їх загасання.

Наводячи рішення до частинного результату, отриманий вихід на класичні рішення, що підтверджує його достовірність. Отримано математичне обґрунтування принципу Сен-Венана стосовно вигину балки зі змінним асиметричним навантаженням.

Ключові слова: узагальнені підходи, аргумент функції, декартові координати, рівняння Лапласа, співвідношення Коші-Рімана.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.238978**РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМАЦІЙНОГО СТАНУ МАТЕРІАЛУ З ПОРИСТОЮ ВОДОНАСИЧЕНОЮ ОСНОВОЮ ПРИ ДИНАМІЧНОМУ НАВАНТАЖЕННІ (с. 25–35)****Allayarbek Aydosov, Galym Aydosov, Saltanat Narbayeva**

Матеріали (балок, пластин, плит, смуг) як плоскі елементи конструкцій техніки та будівництва знайшли широке застосування в різних галузях промисловості та сільськогосподарства. Вони пов'язані з проектуванням численних інженерних конструкцій та споруд, таких як фундаменти різних будівель, аеродромні та дорожні покриття, шлюзи, в тому числі і підземні споруди.

Досліджуються взаємодії матеріалу (балок, пластин, плит, смуг) з основою, що деформується, як тривимірного тіла та в точній постановці тривимірної задачі математичної фізики при динамічних навантаженнях.

Поставлені завдання вивчення взаємодії матеріалу (балок, пластин, плит, смуг) з основою, що деформується. Матеріал, що лежить на пористій водонасиченій в'язкопружній основі, розглядається як в'язкопружний шар тієї ж геометрії. Передбачається, що нижня поверхня шару плоска, а верхня поверхня, у загальному випадку, не плоска та задається деяким рівнянням.

Розглядаються класичні наближені теорії взаємодії шару з основою, що деформується, засновані на гіпотезі Кірхгофа. Використовуючи відому гіпотезу Тимошенко та інших, загальну тривимірну задачу зводять до двовимірної щодо зсувів точок серединної площини шару, що накладає обмеження на зовнішні зусилля. У цій задачі серединна площина відсутня. Тому в якості шуканих величин розглядаються зміщення та деформації точок площини, які при певних умовах переходять в серединну площину шару.

Знайти замкнуте аналітичне рішення для більшості проблем не представляється можливим, а експериментальні дослідження часто виявляються трудомісткими та небезпечними процесами.

Ключові слова: розробка математичних моделей, взаємодія матеріалу з основою, динамічне навантаження, гранична умова, загальне рішення.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.239751

УДОСКОНАЛЕННЯ КРИТИХ ВАГОНІВ ТИПУ “СХІД-ЗАХІД” ШЛЯХОМ СЕКЦІЮВАННЯ ПЕРЕГОРОДКОЮ (с. 36–43)

О. В. Фомін, А. О. Ловська, А. О. Климаш, М. А. Керемет

Проведено визначення динамічної навантаженості та міцності несучої конструкції критого вагона типу “Схід-Захід”. Для підвищення ефективності експлуатації критих вагонів в міжнародному сполученні запропоновано удосконалення їх несучих конструкцій. Дане удосконалення полягає у використанні секційної перегородки в кузові з метою розділення його об'єму на дві окремі секції. Це дозволяє здійснювати перевезення різноманітних вантажів у одному вагоні, а отже і зменшення порожнього пробігу.

Проведено визначення повздовжньої навантаженості несучої конструкції критого вагона. При цьому враховано випадок його маневрового співударяння. Дослідження проведені у плоскій системі координат. До уваги прийнятий режим навантаження несучої конструкції критого вагона у порожньому та завантаженому станах. Прискорення, які діють на несучу конструкцію критого вагона при завантаженому стані, склали 0,37g, а при порожньому – 0,42g, що не перевищує нормативних значень. Хід вагона оцінюється як “відмінний”.

Визначено основні показники міцності несучої конструкції критого вагона. Розрахунок реалізований за методом скінчених елементів. Встановлено, що максимальні еквівалентні напруження зосереджені в зоні взаємодії хребтової балки зі шворневою та склали 340 МПа, що нижче напружень плинності матеріалу. Максимальні переміщення виникають у середній частині балок рами та складають близько 12 мм. Розраховано власні частоти коливань несучої конструкції критого вагона.

Проведені дослідження сприятимуть підвищенню ефективності використання критих вагонів в міжнародному сполученні. Також результати проведених досліджень можуть бути корисними напрацюваннями при створенні інноваційних конструкцій рухомого складу.

Ключові слова: транспортна механіка, критий вагон, несуча конструкція, динамічна навантаженість, напружений стан, вагон типу “Схід-Захід”.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.241950

ВИЗНАЧЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ РЕЗОНАНСНОЇ ОДНОМАСОВОЇ ВІБРОМАШИНИ, ЩО ПРАЦЮЄ НА ЕФЕКТІ ЗОМЕРФЕЛЬДА (с. 44–51)

В. В. Яцун, Г. Б. Філімоніхін, І. І. Філімоніхіна, А. П. Галєєва

Визначено енергоефективність вібромашини, що складається із пружно-в'язко закріпленої платформи, що може рухатися вертикально і віброзбудника, що працює на ефекті Зомерфельда. Корпус віброзбудника обертається зі сталюю кутовою швидкістю і всередині знаходяться однакові вантажі у вигляді кулі, ролика або маятника. На вантажі при русі відносно корпусу діють сили в'язкого опору, що є внутрішніми у системі.

Встановлено, що на усталених коливальних режимах руху вібромашини вантажі щільно притиснути один до одного, чим утворюють складений вантаж. Енергія продуктивно витрачається на коливання платформи і непродуктивно (розсіюється) через рух складеного вантажу відносно корпусу.

Із збільшенням швидкості обертання корпусу зростаючі внутрішні сили в'язкого опору наближають швидкість обертання складеного вантажу до резонансної швидкості і амплітуда коливань платформи збільшується. Але складений вантаж при цьому все більше відстає від корпусу, через що зростає непродуктивна втрата енергії і зменшується ККД вібромашини.

На чисто резонансному режимі руху вібромашини максимальна амплітуда коливань платформи, коефіцієнт динамічності, сума потужностей сил в'язкого опору. При цьому ККД досягає мінімального значення.

Для отримання енергійних коливань платформи із одночасним збільшенням ККД вібромашини необхідно зменшувати сили в'язкого опору в опорах із одночасним збільшенням внутрішніх сил в'язкого опору.

Побудований алгоритм розрахунків основних динамічних характеристик коливального руху вібромашини, що ґрунтується на параметричному розв'язанні задачі. За параметр приймається кутова швидкість застрягання складеного вантажу. Ефективність алгоритму проілюстрована на конкретному прикладі.

Ключові слова: резонансна вібромашина, ефект Зомерфельда, інерційний віброзбудник, одномасова вібромашина, енергоефективність.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.242398

ГОМОГЕНІЗАЦІЯ ОДНОСПРЯМОВАНОГО КОМПОЗИТУ, АРМОВАНОГО ДВОМА ТИПАМИ ТРАНСТРОПНИХ ПОРОЖНИСТИХ ВОЛОКОН (с. 52–58)

А. В. Столярова, А. В. Пожувєв, О. Г. Спиця, А. М. Богуславська

Розроблено методику визначення ефективних пружних сталих композиту, односпрямовано армованого двома типами трансропних порожнистих волокон. Це важливо, тому що визначення цих характеристик є невід'ємним етапом при проектуванні конструкцій з композиційних матеріалів. Підхід базується на використанні аналітичних формул для визначення пружних характеристик двокомпонентного композиту з трансропними матрицею та порожнистим волокном. Розглядається гексагональна укладка волокон при періодичній структурі армування. Використовується подвійна гомогенізація. Композиційний матеріал умовно розбивають на гексагональні області двох видів. Перший – порожнисте волокно з одного матеріалу і оточуюча його матриця. Аналогічно, другий – з порожнистим волокном з іншого матеріалу. При першій гомогенізації визначаються пружні сталі трансропного матеріалу кожної з двох областей. При повторній гомогенізації область першого виду приймається за «умовне» волокно, область другого виду – за «умовну» матрицю. Обчислено ефективні пружні сталі для композиту, армованого двома типами ізотропних порожнистих волокон. Запропонована методика дає хорошу збіжність результатів обчислень з розрахунками за відомими формулами. Максимальна відносна похибка обчислення поздовжніх пружних характеристик у порівнянні з відомими формулами не перевищує 0,05 %. Побудовано залежності деяких ефективних пружних сталей від об'ємного вмісту порожнистих волокон різних типів. Використовуючи даний підхід, можна моделювати трикомпонентні композити, варіюючи матеріалами матриці, порожнистих волокон та їх об'ємним вмістом. Завдяки цьому стає можливим прогнозування міцності таких композитів до певних деформацій на стадії проектування.

Ключові слова: трикомпонентний односпрямований композит, трансропні порожнисті волокна, ефективні пружні сталі, гомогенізація.

DOI: 10.15587/1729-4061.2021.242986

РОЗРОБКА МОДЕЛІ ПРОГНОЗУВАННЯ МІЦНОСТІ НА СТИСК СТАЛЕФІБРОБЕТОНУ З ВИКОРИСТАННЯМ АЛГОРИТМУ ВИПАДКОВОГО ЛІСУ В ПОЄДНАННІ З НАЛАШТУВАННЯМ ГІПЕРПАРАМЕТРІВ І К-КРАТНОЮ ПЕРЕХРЕСНОЮ ПЕРЕВІРКОЮ (с. 59–65)

Nadia Moneem Al-Abdaly, Salwa R. Al-Taai, Hamza Imran, Majed Ibrahim

Завдяки введенню переривчастих волокон сталеві фібробетон (СФБ) перевершує звичайний бетон. Однак через складність і обмеженість наявних даних розробка методів прогнозування міцності СФБ все ще знаходиться в зародковому стані в порівнянні зі стандартним бетоном. У даній роботі на основі різних змінних з використанням моделі випадкового лісу виконано прогнозування міцності на стиск сталеві фібробетону. Для цієї мети були використані тематичні дослідження 133 зразків. Для розробки та перевірки моделей ми створили навчальні та тестові набори даних. Запропоновані моделі були розроблені з використанням десяти важливих параметрів матеріалу для характеристики сталеві фібробетону. Щоб звести до мінімуму систематичну помилку під час поділу навчальних та тестових даних, підхід, використаний в дослідженні, був перевірений з використанням процедури 10-кратної перехресної перевірки. Для визначення оптимальних гіперпараметрів для алгоритму випадкового лісу був використаний підхід перехресної перевірки з пошуком по сітці. Для перевірки і порівняння моделей використовувалися середньоквадратична помилка (*RMSE*), коефіцієнт детермінації (*R2*) і середня абсолютна помилка (*MAE*) виміряних і розрахункових значень. Ефективність прогнозування з *RMSE*=5,66, *R2*=0,88 і *MAE*=3,80 для моделі випадкового лісу. У порівнянні з традиційною моделлю лінійної регресії результати показали, що модель випадкового лісу дозволяє отримати більш точні результати прогнозування міцності на стиск сталеві фібробетону. Результати показують, що налаштування гіперпараметрів з пошуком по сітці і перехресною перевіркою є ефективним способом пошуку оптимальних параметрів для методу ВЛ. Крім того, ВЛ дає хороші результати і надає альтернативний спосіб прогнозування міцності на стиск СФБ.

Ключові слова: машинне навчання, випадковий ліс, фібробетон, міцність на стиск.