

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.252599

ESTIMATION OF THE STRENGTH OF VERTICAL CYLINDRICAL LIQUID STORAGE TANKS WITH DENTS IN THE WALL (p. 6–20)**Ulanbator Suleimenov**Mukhtar Auezov South Kazakhstan University,
Shymkent, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7798-1044>**Nurlan Zhangabay**Mukhtar Auezov South Kazakhstan University,
Shymkent, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8153-1449>**Akmaral Utelbayeva**Mukhtar Auezov South Kazakhstan University,
Shymkent, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4771-9835>**Azrifan Azmi Murad Masrah**Universiti Putra Malaysia, Selangor Darul Ehsan, Malaysia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0335-5873>**Aibarsha Dosmakanbetova**Mukhtar Auezov South Kazakhstan University,
Shymkent, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0802-423X>**Khasse Abshenov**Mukhtar Auezov South Kazakhstan University,
Shymkent, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0173-2524>**Svetlana Buganova**International Education Corporation,
Almaty, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2005-3305>**Arman Moldagaliyev**Mukhtar Auezov South Kazakhstan University,
Shymkent, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4286-8401>**Kuanysh Imanaliyev**Mukhtar Auezov South Kazakhstan University,
Shymkent, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1141-8424>**Bolat Duissenbekov**Mukhtar Auezov South Kazakhstan University,
Shymkent, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3476-5218>

A multi-level mathematical model was used to estimate the stressed-strained state of a cylindrical reservoir with a defect in the wall shape in the form of a dent; the concentration of stresses in the defect zone was studied.

The proper choice of the mathematical model was verified; it has been shown that the engineering assessment of the stressed-strained state of the wall of a cylindrical tank with the variable thickness could employ ratios for a cylindrical shell with a constant wall thickness. The spread of values is 2–10 %. This indicates the proper choice of the mathematical model, as well as the fact that it is possible, for an engineering assessment of the stressed-strained state of the wall of a cylindrical tank with variable thickness, to use the ratios for a cylindrical shell with a constant wall thickness.

The stressed-strained state of the dent zone in the tank wall was numerically estimated, which proved the assumption of significant stress concentrations in the dent zone and indicated the determining effect on the concentration of stresses in the dent zone exerted by its geometric dimensions and its depth in particular.

The concentration of stresses in the zone of dents in the tank wall was investigated in the ANSYS programming environment at different sizes of dents on the tank wall, for which two dimensionless parameters were introduced: the dimensionless radius of the dent and the dimensionless depth of the dent.

Based on the results of a numerical study into the stressed-strained state of the dent zone in the tank wall, graphic dependences were derived of the stress concentration coefficient on the dimensionless depth of the dent for various values of the dimensionless radius of dents, which does not exceed 2 % of the indicator.

Based on fitting the stress concentration curves on the dimensions of the dent and tank, a formula was derived for calculating the stress concentration coefficient as a function of the dimensionless radius ξ and the dimensionless depth ζ of the dent. The resulting formula makes it possible, with known dimensionless parameters of the depth and radius of the dent, to determine the coefficients of stress concentration in the dented zone of the tank wall.

Keywords: steel tank, stress concentration, defects in the form of dents, dimensionless parameters of dents, numerical method, modeling.

References

1. Rahmatulina, G. (2012). Rynok nefteproduktov Kazahstana v ramkah tamozhennogo soyuza: Perspektivy razvitiya. Vestnik Instituta ekonomiki Rossiyskoy akademii nauk, 2/2012, 143–154. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/rynok-nefteproduktov-kazahstana-v-ramkah-tamozhennogo-soyuza-perspektivy-razvitiya>
2. Analiz rynka uslug hraneniya i skladirovaniya nefi i produktov ee pererabotki. Available at: <https://gidmark.ru/cat1/analiz-rynka-uslug-hraneniya-i-skladirovaniya-nefti-i-produktov-ee-pere-rabotki>
3. Analiz rynka nefteproduktov v Kazahstane-2021. Pokazateli i prognozy. Available at: <https://tebiz.ru/mi/analiz-rynka-nefteproduktov-v-kazahstane>
4. Shvyrvkov, S. A., Goryachev, S. A., Sorokoumov, V. P., Batmanov, S. V., Vorob'yov, V. V. (2007). Statistika kvazimnogovennyh razrusheniy rezervuarov dlya hraneniya nefi i nefteproduktov. Pozharovzryvobezopasnost', 16 (6), 48–52. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/statistika-kvazimnogovennyh-razrusheniy-rezervuarov-dlya-hraneniya-nefti-i-nefteproduktov>
5. Prichiny razrusheniy i vzryvov rezervuarov. Available at: <https://ural-neftemash.com/blog/prichiny-razrusheniy-i-vzryvov-rezervuarov/>
6. Kupreishvili, S. M. Razrusheniya v protsesse ekspluatatsii vertikal'nyh tsilindricheskikh rezervuarov so statsionarnoy kryshey. Himstal'kon-Inzhiniring. Available at: <https://www.himstalcon.ru/articles/razrusheniya-v-protsesse-ekspluatatsii-vertikalnyih-tsilindricheskikh-rezervuarov-so-statsionarnoy-kryshey>
7. Lai, E., Zhao, J., Li, X., Hu, K., Chen, G. (2021). Dynamic responses and damage of storage tanks under the coupling effect of blast wave and fragment impact. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 73, 104617. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2021.104617>
8. Zhang, M., Zheng, F., Chen, F., Pan, W., Mo, S. (2019). Propagation probability of domino effect based on analysis of accident chain in storage tank area. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 62, 103962. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2019.103962>

9. Krentowski, J., Ziminski, K. (2019). Consequences of an incorrect assessment of a structure damaged by explosion. *Engineering Failure Analysis*, 101, 135–144. doi: <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2019.03.009>
10. Niloufari, A., Showkati, H., Maali, M., Mahdi Fatemi, S. (2014). Experimental investigation on the effect of geometric imperfections on the buckling and post-buckling behavior of steel tanks under hydrostatic pressure. *Thin-Walled Structures*, 74, 59–69. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tws.2013.09.005>
11. Defekty rezervuarov - klassifikatsiya i prichiny vozniknoveniy. Available at: <https://zavod-volna.com/press/articles/defekty-rezervuarov/>
12. Safina, I. S., Kauzova, P. A., Guschin, D. A. (2016). Otsenka tekhnicheskogo sostoyaniya rezervuarov vertikal'nyh stal'nyh. *Zhurnal «TekhNadzor»*, 3 (112). Available at: <https://strategn.ru/about/stati/statya1/statya1/>
13. Gaysina, D. R., Denisova, Ya. V. (2016). Analiz prichin avariynih situatsiy na magistral'nyh truboprovodah. *Vestnik tekhnologicheskogo universiteta*, 19 (14), 129–130. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26555576>
14. Aydın Korucuk, F. M., Maali, M., Kılıç, M., Aydın, A. C. (2019). Experimental analysis of the effect of dent variation on the buckling capacity of thin-walled cylindrical shells. *Thin-Walled Structures*, 143, 106259. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tws.2019.106259>
15. Coramik, M., Ege, Y. (2017). Discontinuity inspection in pipelines: A comparison review. *Measurement*, 111, 359–373. doi: <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2017.07.058>
16. Bannikov, R. Yu., Smetannikov, O. Yu., Trufanov, N. A. (2014). Calculation of the amplitude of local conditional elastic stresses on the wall section tank with defects the form as a dent. *Vestn. Samar. Gos. Tekhn. un-ta. Ser. Tekhnicheskie Nauki*, 2 (42), 79–86. Available at: http://vestnik-teh.samgtu.ru/sites/vestnik-teh.samgtu.ru/files/auto/42_4_mashinostroenie_2014.pdf
17. Dmitrieva, A. S., Lyagova, A. A. (2016). Problemy otsenki tekhnicheskogo sostoyaniya stal'nyh rezervuarov s defektom «vmyatina». *Nauka i molodyozh' v XXI veke: materialy 2-y Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. Omsk: Omskiy gosudarstvennyy tekhnicheskii universitet, 138–142. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28085497>
18. Maslak, M., Pazdanowski, M., Siudut, J., Tarsa, K. (2017). Corrosion Durability Estimation for Steel Shell of a Tank Used to Store Liquid Fuels. *Procedia Engineering*, 172, 723–730. doi: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.02.092>
19. Kolesov, A. I., Ageeva, M. A. (2011). Residual life of steel storage tanks for chemical and petrochemical products, that have exhausted their standard operation time. *Vestnik MGSU*, 1/2011, 388–391. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/ostatochnyye-resursy-stalnyh-rezervuarov-himii-i-neftehimii-otrabotavshih-normativnye-sroki-ekspluatatsii-1>
20. Suleimenov, U., Zhababay, N., Utelbayeva, A., Ibrahim, M. N. M., Moldagaliyev, A., Abshenov, K. et. al. (2021). Determining the features of oscillations in prestressed pipelines. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (7 (114)), 85–92. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.246751>
21. Zhang, D., Yang, L., Tan, Z., Xing, S., Bai, S., Wei, E. et. al. (2021). Corrosion behavior of X65 steel at different depths of pitting defects under local flow conditions. *Experimental Thermal and Fluid Science*, 124, 110333. doi: <https://doi.org/10.1016/j.expthermflusc.2020.110333>
22. EN 1993-4-2:2007. Eurocode 3. Design of steel structures. Part 4-2. Tanks. Available at: <https://www.gostinfo.ru/catalog/Details/?id=6108213>
23. RD-08-95-95. Polozheniya o sisteme tekhnicheskogo diagnostirovaniya svarnykh vertikal'nyh tsilindricheskikh rezervuarov dlya nefi i nefteproduktov. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/1200003534>
24. SN RK 5.03-07-2013. Load-bearing and cladding structures. Available at: <https://kbexpert.kz/wp-content/uploads/2021/07/СН-РК-5.03-07-2013-НЕСУЩИЕ-И-ОГРАЖДАЮЩИЕ-КОНСТРУКЦИИ-1.pdf>
25. Issledovanie prochnosti i dolgovechnosti vertikal'nykh tsilindricheskikh rezervuarov dlya hraneniya mazuta na TETs s vmyatinami v stenke i razrabotka metodiki normirovaniya ih resursa i geometricheskikh razmerov defektov. No. GR 0113RK00643. Available at: https://nauka.kz/page.php?page_id=371&id=30377
26. Gol'denveyzer, A. L. (1976). *Teoriya uprugih tonkih obolochek*. Moscow: Nauka, 512. Available at: <https://booksee.org/book/438714>
27. Biderman, V. L. (1977). *Mekhanika tonkostennykh konstruksiy*. Moscow: Mashinostroenie, 487. Available at: <https://obuchalka.org/20210818135423/mehanika-tonkostennykh-konstrukcii-biderman-v-l-1977.html>
28. Tipovoy proekt 704-1-167.84. Rezervuar stal'noy vertikal'noy tsilindricheskoy dlya nefi i nefteproduktov emkost'yu 2000 kub. m. Al'bom I. Konstruksii metallicheskie rezervuara. Available at: <http://gostrf.com/normadata/1/4293833/4293833208.pdf>
29. Yevdokimov, V. V., Trufanov, N. A., Smetannikov, O. Ju. (2006). Differential approach to permissible sizes of the dents on the wall surface of vertical cylindrical tanks. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*, 6, 15–16. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=9246645>
30. Aynabekov, A. I., Suleymenov, U. S., Omashova, G. Sh., Kambarov, M. A., Abshenov, H. A. (2014). Experimental estimate of the stress state of the space of the hollow of the wall of the standpipe. *Vremya nauchnogo progressa: Sbornik nauchnykh trudov po materialam I Mezhdunarodnoy konferentsii*. Volgograd, 9–15. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46452178>

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.251189
DETERMINING THE EFFECT OF REINFORCING
A CEMENT-CONCRETE COATING OF BRIDGES
ON THE STRESSED-STRAINED STATE OF
STRUCTURES (p. 21–31)

Igor Gameliak

National Transport University, Kyiv, Ukraine
 ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9246-7561>

Andrew Dmytrychenko

National Transport University, Kyiv, Ukraine
 ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6144-7533>

Vitalii Tsybul'skiy

National Transport University, Kyiv, Ukraine
 ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3150-3965>

Anna Kharchenko

National Transport University, Kyiv, Ukraine
 ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8166-6389>

This paper reports a study of the cement-concrete coating on bridges using FRP reinforcement. That has made it possible to design optimal structures by selecting the height for reinforcement arrangement in the layers of a roadbed in order to ensure strength characteristics.

An engineering method for calculating a hard roadbed with composite reinforcement has been devised, which makes it possible to take into consideration its work both in a joint package of the structure with a slab and separately – when it exfoliates from the slab of the bridge's span structure. Underlying this research are effort-determining methods, estimation dependences from the theory

of bending layered structures, as well as dependences from elasticity theory to assess the strength of materials for a roadbed. The consideration of shear strains when designing slabs has helped establish that the deflections according to the devised method were 1.4 times larger than those in the classical approach.

The method was tested by a numerical experiment, which confirmed the need to use composite reinforcement in the upper layers of a road surface on bridges, which improves its durability by 1.2 times. The results of the numerical experiment indicate that the equivalent stresses in the lower layers of a free-moving roadbed were 2.91 MPa, and, when operating in a joint assembly with a slab, they took a negative value (-0.2 MPa).

Practical application of the devised calculation method makes it possible to determine the refined normal stresses in the layers of a roadbed, taking into consideration the characteristics of structure operation. Owing to this, additional opportunities open up for calculating the roadbeds of bridges whose design utilizes the most common types of span structures in the bridge industry.

Keywords: cement-concrete coating, roadbed, layered structures, composite materials, stressed-strained state.

References

- Hameliak, I. P., Tsybul'skyi, V. M., Kharchenko, A. M. (2021). Rozvytok metodiv otsinky napruzhenno-deformovanoho stanu armovanoho zhorstkoho dorozhnoho odiahu. Technical sciences: the analysis of trends and development prospects, 98–100. doi: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-109-1-23>
- Urbanski, M., Lapko, A., Garbac, A. (2013). Investigation on Concrete Beams Reinforced with Basalt Rebars as an Effective Alternative of Conventional R/C Structures. *Procedia Engineering*, 57, 1183–1191. doi: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2013.04.149>
- Prachasree, W., Limkatanyu, S., Kaewjuea, W., GangaRao, H. V. S. (2019). Simplified Buckling-Strength Determination of Pultruded FRP Structural Beams. *Practice Periodical on Structural Design and Construction*, 24 (2), 04018036. doi: [https://doi.org/10.1061/\(asce\)sc.1943-5576.0000405](https://doi.org/10.1061/(asce)sc.1943-5576.0000405)
- Sun, R., Perera, R., Gu, J., Wang, Y. (2021). A Simplified Approach for Evaluating the Flexural Response of Concrete Beams Reinforced With FRP Bars. *Frontiers in Materials*, 8. doi: <https://doi.org/10.3389/fmats.2021.765058>
- Chen, A., Davalos, J. F. (2014). Design Equations and Example for FRP Deck–Steel Girder Bridge System. *Practice Periodical on Structural Design and Construction*, 19 (2), 04014003. doi: [https://doi.org/10.1061/\(asce\)sc.1943-5576.0000173](https://doi.org/10.1061/(asce)sc.1943-5576.0000173)
- Mohamed, K., Benmokrane, B., Nazair, C., Loranger, M.-A. (2021). Development and Validation of a Testing Procedure for Determining Tensile Strength of Bent GFRP Reinforcing Bars. *Journal of Composites for Construction*, 25 (2), 04020087. doi: [https://doi.org/10.1061/\(asce\)cc.1943-5614.0001102](https://doi.org/10.1061/(asce)cc.1943-5614.0001102)
- Ng, P. L., Barros, J. A. O., Kaklauskas, G., Lam, J. Y. K. (2020). Deformation analysis of fibre-reinforced polymer reinforced concrete beams by tension-stiffening approach. *Composite Structures*, 234, 111664. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2019.111664>
- Al-Rubaye, M., Manalo, A., Alajarmeh, O., Ferdous, W., Lokuge, W., Benmokrane, B., Edo, A. (2020). Flexural behaviour of concrete slabs reinforced with GFRP bars and hollow composite reinforcing systems. *Composite Structures*, 236, 111836. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2019.111836>
- Holden, K. M., Pantelides, C. P., Reaveley, L. D. (2014). Bridge Constructed with GFRP-Reinforced Precast Concrete Deck Panels: Case Study. *Journal of Bridge Engineering*, 19 (5), 05014001. doi: [https://doi.org/10.1061/\(asce\)be.1943-5592.0000589](https://doi.org/10.1061/(asce)be.1943-5592.0000589)
- Yost, J. R., Steffen, R. E. (2014). Strength and Ductility Trends for Concrete Members Strengthened in Flexure with Carbon Fiber-Reinforced Polymer Reinforcement. *Journal of Composites for Construction*, 18 (6), 04014015. doi: [https://doi.org/10.1061/\(asce\)cc.1943-5614.0000460](https://doi.org/10.1061/(asce)cc.1943-5614.0000460)
- Wu, G., Wang, X., Wu, Z., Dong, Z., Zhang, G. (2014). Durability of basalt fibers and composites in corrosive environments. *Journal of Composite Materials*, 49 (7), 873–887. doi: <https://doi.org/10.1177/0021998314526628>
- Valovoi, O. I., Yeromenko, O. Yu., Valovoi, M. O. (2017). Kharakterystyky mitsnosti ta zhorstkosti balok armovanykh bazaltovoiu armaturoiu. *Visnyk Kryvorizkoho natsionalnoho universytetu*, 44, 142–146.
- Karpiuk, V., Tselikova, A., Khudobych, A., Karpiuk, I., Kostyuk, A. (2020). Study of strength, deformability property and crack resistance of beams with BFRP. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (7 (106)), 42–53. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.209378>
- Piskunov, V. G., Verizhenko, V. E., Prisyazhnyuk, V. K., Sipev, V. S., Karpilovskiy, V. S. (1987). Raschet neodnorodnykh obolochek i plastin metodom konechnykh elementov. Kyiv: Vischa shkola, 200.
- Gucunski, N., Maher, A., Basily, B., La, H., Lim, R., Parvardeh H., Kee, S.-H. (2013). Robotic platform rabbit for condition assessment of concrete bridge decks using multiple nde technologies. *HDKBR INFO Magazin*, 3 (4), 5–12. Available at: <https://hrcak.srce.hr/148772>
- Gheisasi, A., Harris, D. K. (2014). Effect of Deck Deterioration on Overall System Behavior, Resilience and Remaining Life of Composite Steel Girder Bridges. *Structures Congress 2014*. doi: <https://doi.org/10.1061/9780784413357.056>
- Gameliak, I. P., Koval, T. I. (2017). Improvement of methods for fatigue of the concrete element sections, reinforced non-metallic composite basalt rebar. *Avtomobilni dorohy i dorozhnie budivnytstvo*, 99, 184–201. Available at: http://publications.ntu.edu.ua/avtdorogi_i_stroitelstvo/99/184-201.pdf
- Sonnenschein, R., Gajdosova, K., Holly, I. (2016). FRP Composites and their Using in the Construction of Bridges. *Procedia Engineering*, 161, 477–482. doi: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.08.665>
- Mingchao, W., Zuoguang, Z., Yubin, L., Min, L., Zhijie, S. (2008). Chemical Durability and Mechanical Properties of Alkali-proof Basalt Fiber and its Reinforced Epoxy Composites. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 27 (4), 393–407. doi: <https://doi.org/10.1177/0731684407084119>
- Gooranorimi, O., Bradberry, T., Dauer, E., Myers, J., Nanni, A. (2016). FRP Reinforcement for Concrete: Performance Assessment and New Construction Volume I: Sierrita De La Cruz Creek Bridge. RE-CAST: Research on Concrete Applications For Sustainable Transportation. Available at: https://www.researchgate.net/publication/310843748_FRP_Reinforcement_for_Concrete_Performance_Assessment_and_New_Construction_Volume_I_Sierrita_De_La_Cruz_Creek_Bridge
- HBN V.2.3-37641918-577:2016. *Avtomobilni dorohy. Dorozhnyi odiah zhorstkyyi. Proektuvannia*.
- Varvak, P. M., Buzun, I. M., Gorodetskiy, A. S. et al. (1981). Metod konechnykh elementov. Kyiv: Vischa shkola, 176.
- Kanin, A. P., Hrynevtskiy, B. V., Tsybul'skyi, V. M. (2018). Improvement of non-classical calculation model of strength of composite beam-plate structure of road bridges. *Automobile roads and road construction*, 104, 82–85. Available at: http://publications.ntu.edu.ua/avtdorogi_i_stroitelstvo/104/82.pdf
- Vekua, I. N. (1955). Ob odnom metode rascheta prizmaticheskikh obolochek. *Tr. Tbilis. mat. in-ta*, 21, 191–195.
- TU U V.2.7-25.2-21191464-024:2011. *Armatura kompozytna «Ekibar» dlia armuvannia konstruksiy z betonu. Tekhnichni umovy*.
- Tsybul'skyi, V. M. (2021). Udoshkonalennia metodu rozrakhunku zhorstkoho dorozhnoho odiahu mostiv z kompozytnoiu armaturoiu.

Kyiv: Natsionalnyi transportnyi un-t, 22. Available at: http://diser.ntu.edu.ua/Tsybul'skyi_aref.pdf

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.251300

DETERMINING THE FEATURES OF TEMPERATURE INFLUENCE ON THE LOAD-BEARING STRUCTURE OF A HOPPER CAR WITH A COMPOSITE CLADDING WHEN TRANSPORTING PELLETS TO METALLURGICAL ENTERPRISES (p. 32–41)

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>

Vadym Dzhenchako

State Higher Educational Institution «Pryazovskiyi State Technical University» (PSTU), Mariupol', Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4581-4174>

Olexandr Zhylinkov

State Higher Educational Institution «Pryazovskiyi State Technical University» (PSTU), Mariupol', Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3252-8577>

Anna Fomina

Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, Severodonetsk, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9810-8997>

Andrii Lytvynenko

Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, Severodonetsk, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5182-9607>

This paper reports the improved load-bearing structure of a hopper car for transporting pellets and hot sinter. In order to increase the strength of the load-bearing structure of a hopper car under the influence of high temperatures from the transported cargo, the use of cladding made of composite material has been proposed. This solution also contributes to a 5 % reduction in the wagon's tare compared to the prototype car.

The dynamic load on the load-bearing structure of a hopper car was determined. This study was carried out for the case where an empty wagon was moving over an irregularity between the rail joints. The calculations showed that the studied dynamics indicators did not exceed the permissible values. At the same time, the ride of a hopper car is rated as «excellent».

The main indicators of the strength of the carrying structure of a hopper car were determined taking into consideration the proposed improvement. That took into account the temperature effect exerted on the load-bearing structure of a hopper car by hot sinter. It was established that the maximum equivalent stresses occur in the zone of interaction of the girder beam with the pivot beam and are about 290 MPa. At the same time, stresses in the cladding of a hopper car are about 200 MPa, which is 12 % lower than those in a regular structure.

Modal analysis was carried out to determine the frequencies and shapes of the natural oscillations of the bearing structure of a hopper car with a composite cladding. The calculation results demonstrated that the first natural frequency exceeds 8 Hz. Therefore, the safety of the wagon is provided.

The coefficient of fatigue resistance of the load-bearing structure of a hopper car was calculated. It was established that its value is almost twice as high as the permissible one. That is, the resistance to fatigue of the supporting structure is provided.

The research reported here could contribute to ensuring the strength of the load-bearing structures of hopper cars, reducing the cost of maintenance, and increasing the efficiency of their operation.

Keywords: transportation mechanics, hopper car, load-bearing structure, composite material, dynamic load, strength, fatigue resistance.

References

1. Strelko, O. H., Kyrychenko, H. I., Berdnychenko, Y. A., Sorochynska, O. L., Ya Pylypchuk, O. (2019). Application of Information Technologies for Automation of Railway and Cargo Owner Interaction. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 582 (1), 012029. doi: <https://doi.org/10.1088/1757-899x/582/1/012029>
2. Soloviova, L., Strelko, O., Isaienko, S., Soloviova, O., Berdnychenko, Y. (2020). Container Transport System as a Means of Saving Resources. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 459 (5), 052070. doi: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/459/5/052070>
3. Kondratiev, A. (2019). Improving the mass efficiency of a composite launch vehicle head fairing with a sandwich structure. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (7 (102)), 6–18. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.184551>
4. Kondratiev, A., Gaidachuk, V., Nabokina, T., Kovalenko, V. (2019). Determination of the influence of deflections in the thickness of a composite material on its physical and mechanical properties with a local damage to its wholeness. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (1 (100)), 6–13. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.174025>
5. 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>
6. 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>
7. Lee, W. G., Kim, J.-S., Sun, S.-J., Lim, J.-Y. (2018). 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>
8. Street, G. E., Mistry, P. J., Johnson, M. S. (2021). Impact Resistance of Fibre Reinforced Composite Railway Freight Tank Wagons. *Journal of Composites Science*, 5 (6), 152. doi: <https://doi.org/10.3390/jcs5060152>
9. Olmos Irikovich, Z., Rustam Vyacheslavovich, R., Mahmud Lafta, W., Yadgor Ozodovich, R. (2020). Development of new polymer composite materials for the flooring of rail carriage. *International Journal of Engineering & Technology*, 9 (2), 378. doi: <https://doi.org/10.14419/ijet.v9i2.30519>
10. Patrascu, A. I., Hadar, A., Pastrama, S. D. (2020). Structural Analysis of a Freight Wagon with Composite Walls. *Materiale Plastice*, 57 (2), 140–151. doi: <https://doi.org/10.37358/mp.20.2.5360>
11. Fantuzzi, N., Bacciocchi, M., Benedetti, D., Agnelli, J. (2021). The use of sustainable composites for the manufacturing of electric cars. *Composites Part C: Open Access*, 4, 100096. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jcomc.2020.100096>
12. Pravilonis, T., Sokolovskij, E. (2020). Analysis of composite material properties and their possibilities to use them in bus frame construction. *Transport*, 35 (4), 368–378. doi: <https://doi.org/10.3846/transport.2020.13018>

13. Ibrahim, I. D., Jamiru, T., Sadiku, E. R., Kupolati, W. K., Mpofo, K., Eze, A. A., Uwa, C. A. (2019). Production and Application of Advanced Composite Materials in Rail Cars Development: Prospect in South African Industry. *Procedia Manufacturing*, 35, 471–476. doi: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.05.069>
14. Buchacz, A., Baier, A., Herbuś, K., Majzner, M., Ociepka, P. (2015). Examination of a Cargo Space of a Freight Wagon Modified with Composite Panels. *Applied Mechanics and Materials*, 809-810, 944–949. doi: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amm.809-810.944>
15. Placzek, M., Wróbel, A., Olesiejuk, M. (2017). Modelling and arrangement of composite panels in modernized freight cars. *MATEC Web of Conferences*, 112, 06022. doi: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201711206022>
16. Domin, Yu. V., Cherniak, H. Yu. (2003). *Osnovy dynamiki vahoniv*. Kyiv: KUETT, 269.
17. Lovska, A., Fomin, O., Pištěk, V., Kučera, P. (2020). Dynamic Load Modelling within Combined Transport Trains during Transportation on a Railway Ferry. *Applied Sciences*, 10 (16), 5710. doi: <https://doi.org/10.3390/app10165710>
18. Lovskaya, A. (2015). Computer simulation of wagon body bearing structure dynamics during transportation by train ferry. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (7 (75)), 9–14. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2015.43749>
19. Pospelov, B., Rybka, E., Togobytska, V., Meleshchenko, R., Danchenko, Y., Butenko, T. et. al. (2019). Construction of the method for semi-adaptive threshold scaling transformation when computing recurrent plots. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (10 (100)), 22–29. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.176579>
20. Kir'yanov, D. V. (2006). *Mathcad 13*. Sankt-Peterburg: BHV-Peterburg, 608.
21. Fomin, O., Gerlici, J., Lovska, A., Kravchenko, K., Fomina, Y., Lack, T. (2019). Determination of the strength of the containers fittings of a flat wagon loaded with containers during shunting. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 659 (1), 012056. doi: <https://doi.org/10.1088/1757-899x/659/1/012056>
22. Bondarenko, V., Skurikhin, D., Wojciechowski, J. (2019). The Application of Lithium-Ion Batteries for Power Supply of Railway Passenger Cars and Key Approaches for System Development. *Smart and Green Solutions for Transport Systems*, 114–125. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-35543-2_10
23. 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
24. Lovska, A., Fomin, O., Pištěk, V., Kučera, P. (2020). Dynamic Load and Strength Determination of Carrying Structure of Wagons Transported by Ferries. *Journal of Marine Science and Engineering*, 8 (11), 902. doi: <https://doi.org/10.3390/jmse8110902>
25. Fomin, O., Lovska, A. (2021). Determination of dynamic loading of bearing structures of freight wagons with actual dimensions. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (7 (110)), 6–14. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.220534>
26. 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>
27. 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>
28. Vatulia, G., Rezunenkov, M., Orel, Y., Petrenko, D. (2017). Regression equations for circular CFST columns carrying capacity evaluation. *MATEC Web of Conferences*, 107, 00051. doi: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201710700051>
29. Dudnyk, V., Sinenko, Y., Matsyk, M., Demchenko, Y., Zhyvotovskiy, R., Repilo, I. et. al. (2020). Development of a method for training artificial neural networks for intelligent decision support systems. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (2 (105)), 37–47. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.203301>
30. 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), 478–485. doi: <https://doi.org/10.14311/ap.2020.60.0478>
31. Aliieynikov, 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>
32. Koshlan, A., Salmnikova, 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>
33. Krol, O., Sokolov, V. (2020). Modeling of Spindle Node Dynamics Using the Spectral Analysis Method. *Lecture Notes in Mechanical Engineering*, 35–44. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-50794-7_4
34. Krol, O., Porkuian, O., Sokolov, V., Tsankov, P. (2019). Vibration stability of spindle nodes in the zone of tool equipment optimal parameters. *Comptes rendus de l'Académie bulgare des Sciences*, 72 (11), 1546–1556. doi: <https://doi.org/10.7546/crabs.2019.11.12>
35. Fomin, O., Gorbunov, M., Gerlici, J., Vatulia, G., Lovska, A., Kravchenko, K. (2021). Research into the Strength of an Open Wagon with Double Sidewalls Filled with Aluminium Foam. *Materials*, 14 (12), 3420. doi: <https://doi.org/10.3390/ma14123420>
36. 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>
37. 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>
38. Fomin, O., Gerlici, J., Lovskaya, A., Kravchenko, K., Prokopenko, P., Fomina, A., Hauser, V. (2018). Research of the strength of the bearing structure of the flat wagon body from round pipes during transportation on the railway ferry. *MATEC Web of Conferences*, 235, 00003. doi: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201823500003>
39. Atamanchuk, N. A., Tsyganskaya, L. V. (2013). *Napravleniya sovershenstvovaniya konstruktivnykh vagonov-tsistern dlya perevozki nefteproduktov*. *Transport Rossiyskoy Federatsii*, 3 (46), 14–17. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/napravleniya-sovershenstvovaniya-konstruktivnykh-vagonov-tsistern-dlya-perevozki-nefteproduktov/viewer>
40. Wiesław, K., Tadeusz, N., Michał, S. (2016). Innovative Project of Prototype Railway Wagon and Intermodal Transport System. *Transportation Research Procedia*, 14, 615–624. doi: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.05.307>
41. Divya Priya, G., Swarnakumari, A. (2014). Modeling and analysis of twenty tonne heavy duty trolley. *International Journal of Innovative Technology and Research*, 2 (6), 1568–1580. Available at: <http://www.ijtr.com/index.php/ojs/article/view/446>
42. 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 (1), 012014. doi: <https://doi.org/10.1088/1757-899x/664/1/012014>

43. Dzhenchako, V. G. (2019). Improvement of efficiency of transportation of mass raw materials to industrial enterprises in the winter period. *Nauka ta vyrobnytstvo*, 21, 218–230. doi: <https://doi.org/10.31498/2522-9990212019189941>
44. Parunakyan, V. E., Djenchako, V. G. (2010). Investigation of the defrosting process of ironcontaining raw material in cars using computer technology «DATA MINING». *Visnyk Pryazovskoho derzhavnogo tekhnichnogo universytetu*, 20, 267–274. Available at: <http://eir.pstu.edu/handle/123456789/191>
45. Ustich, P. A., Karpych, V. A., Ovechnikov, M. N. (1999). *Nadezhnost' rel'sovogo netyagovogo podvizhnogo sostava*. Moscow, 415.
46. Lukin, V. V., Shadur, L. A., Koturanov, V. I., Hohlov, A. A., Anisimov, P. S. (2000). *Konstruirovaniye i raschet vagonov*. Moscow, 731.
47. Putsiata, A. V., Belahub, V. V. (2013). Prediction of fatigue strength of a copper of the tank car after 40 years of maintenance. *Sovremennye tekhnologii. Sistemnyy Analiz. Modelirovaniye*, 2 (38), 72–77. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/prognozirovaniye-ustalostnoy-prochnosti-kotla-vagona-tsisterny-posle-40-let-ekspluatatsii/viewer>
48. Senko, V. I., Makeev, S. V., Komissarov, V. V., Skorokhodov, S. A. (2018). Features of determination of coefficient of the stock resistance of fatigue of designs of the rolling stock. *Vestnik Belorusskogo gosudarstvennogo universiteta transporta: Nauka i transport*, 1 (36), 5–9. Available at: <http://elib.bsut.by/handle/123456789/842>

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.253545
IMPLEMENTATION OF THE NUMERICAL ANALYSIS OF DYNAMIC LOADS ON THE COMPOSITE STRUCTURE EMPLOYING THE FE METHOD (p. 42–47)

Kussay Ahmed Subhi

Al-Furat Al-Awsat Technical University ATU, Babil, Iraq
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5132-859X>

Emad Kamil Hussein

Al-Furat Al-Awsat Technical University ATU, Babil, Iraq
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3831-1659>

Shaymaa Abdul Khader Al-Jumaili

Al-Furat Al-Awsat Technical University ATU, Babil, Iraq
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2211-8734>

Zaid Ali Abbas

Universiti Putra Malaysia, Selangor, Malaysia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2416-1274>

In this research, a numerical investigation has been conducted to analyze the dynamic load of the composite structure. The composite structure was solved and analyzed using the static structure tool. There is a physical model that has been imported and meshes have been done accordingly. Shear stress, von-mises stress, and total deformation are all considered as part of the analysis. Using finite elements to simulate the composite structure and response to the applied loads. Because dynamic loads were regularly applied, frequency response was examined. In this study after verification of this computer simulation with experimental results and the results showed it was confidence 95 %. This percentage confidence allows proceeding numerical analysis. Deformation of the entire structure has been computed and found to be 10 mm, which is the maximum amount of overall deformation that can be caused by the applied load, in the Y-axis, a dynamic load was applied. The imposed dynamic load has been studied numerically and interpreted in terms of shear stresses.

As a result of the maximum applied load, the maximum shear stress is 10 MPa. The complete composite construction was subjected to Von-Mises stress measurements. The structure's ability to withstand these stresses was determined by conducting a series of tests. The greatest von mises stress that can be applied in this study was 40 MPa. An investigation of how to react to vibration has already been carried out. In the numerical results, it was found that the reaction to the vibration was inconsistent. In terms of amplitude, the highest values may be found at 200 Hz, while the lowest values can be found at 20 Hz.

Keywords: ANSYS, FEM, Fractional corrosion, L-shape sandwich, USV, Vibration, Von-mises stresses, shear stresses, total deformation, vibration response.

References

1. Abbas, E. N., Jweeg, M. J., Al-Waily, M. (2018). Analytical and numerical investigations for dynamic response of composite plates under various dynamic loading with the influence of carbon multi-wall tube nano materials. *International Journal of Mechanical & Mechatronics Engineering IJMME-IJENS*, 18 (06), 1–10. Available at: http://ijens.org/Vol_18_I_06/180506-9292-IJMME-IJENS.pdf
2. Dey, S., Mukhopadhyay, T., Sahu, S. K., Adhikari, S. (2018). Stochastic dynamic stability analysis of composite curved panels subjected to non-uniform partial edge loading. *European Journal of Mechanics – A/Solids*, 67, 108–122. doi: <https://doi.org/10.1016/j.euromechsol.2017.09.005>
3. Abedini, M., Zhang, C. (2021). Dynamic performance of concrete columns retrofitted with FRP using segment pressure technique. *Composite Structures*, 260, 113473. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2020.113473>
4. Garg, A., Chalak, H. D., Belarbi, M.-O., Zenkour, A. M., Sahoo, R. (2021). Estimation of carbon nanotubes and their applications as reinforcing composite materials—An engineering review. *Composite Structures*, 272, 114234. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2021.114234>
5. Itu, C., Öchsner, A., Vlase, S., Marin, M. I. (2018). Improved rigidity of composite circular plates through radial ribs. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part L: Journal of Materials: Design and Applications*, 233 (8), 1585–1593. doi: <https://doi.org/10.1177/1464420718768049>
6. Tarfaoui, M., Nachtane, M., Khadimallah, H., Saifaoui, D. (2017). Simulation of Mechanical Behavior and Damage of a Large Composite Wind Turbine Blade under Critical Loads. *Applied Composite Materials*, 25 (2), 237–254. doi: <https://doi.org/10.1007/s10443-017-9612-x>
7. Garoz, D., Gilabert, F. A., Sevenois, R. D. B., Spronk, S. W. F., Van Paeppegem, W. (2019). Consistent application of periodic boundary conditions in implicit and explicit finite element simulations of damage in composites. *Composites Part B: Engineering*, 168, 254–266. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2018.12.023>
8. Madenci, E., Özkılıç, Y. O., Gemi, L. (2020). Experimental and theoretical investigation on flexure performance of pultruded GFRP composite beams with damage analyses. *Composite Structures*, 242, 112162. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2020.112162>
9. Tarfaoui, M., Shah, O. R., Nachtane, M. (2019). Design and Optimization of Composite Offshore Wind Turbine Blades. *Journal of Energy Resources Technology*, 141 (5). doi: <https://doi.org/10.1115/1.4042414>
10. Munian, R. K., Mahapatra, D. R., Gopalakrishnan, S. (2018). Lamb wave interaction with composite delamination. *Composite Structures*, 206, 484–498. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2018.08.072>
11. Subhi, K. A., Tudor, A., Hussein, E. K., Wahad, H., Chisiu, G. (2018). Ex-Vivo Cow Skin Viscoelastic Effect for Tribological As-

pects in Endoprosthesis. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 295, 012018. doi: <https://doi.org/10.1088/1757-899x/295/1/012018>

12. Hussein, E. K., Subhi, K. A., Gaaz, T. S. (2021). Effect of Stick – Slip Phenomena between Human Skin and UHMW Polyethylene. *Pertanika Journal of Science and Technology*, 29 (3).doi: <https://doi.org/10.47836/pjst.29.3.06>
13. Subhi, K. A., Tudor, A., Hussein, E. K., Wahad, H. S. (2017). The adhesion and hysteresis effect in friction skin with artificial materials. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 174, 012018. doi: <https://doi.org/10.1088/1757-899x/174/1/012018>
14. Patel, S., Vusa, V. R., GuedesSoares, C. (2019). Crashworthiness analysis of polymer composites under axial and oblique impact loading. *International Journal of Mechanical Sciences*, 156, 221–234. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijmecsci.2019.03.038>
15. Zhou, J., Guan, Z., Cantwell, W. J. (2018). The energy-absorbing behaviour of composite tube-reinforced foams. *Composites Part B: Engineering*, 139, 227–237. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2017.11.066>
16. Guzman-Maldonado, E., Wang, P., Hamila, N., Boisse, P. (2019). Experimental and numerical analysis of wrinkling during forming of multi-layered textile composites. *Composite Structures*, 208, 213–223. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2018.10.018>
17. Bedon, C., Fragiaco, M. (2019). Numerical analysis of timber-to-timber joints and composite beams with inclined self-tapping screws. *Composite Structures*, 207, 13–28. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2018.09.008>
18. Han, S., Meng, Q., Araby, S., Liu, T., Demiral, M. (2019). Mechanical and electrical properties of graphene and carbon nanotube reinforced epoxy adhesives: Experimental and numerical analysis. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 120, 116–126. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2019.02.027>
19. Wang, K., Inman, D. J., Farrar, C. R. (2005). Modeling and analysis of a cracked composite cantilever beam vibrating in coupled bending and torsion. *Journal of sound and vibration*, 284 (1-2), 23–49. Available at: <https://www.infonet.pl/resource/bwmeta1.element.elsevier-116d13c3-5285-311c-a9b2-080f87c0a3d>

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.253135
CREATION OF AN INNOVATIVE ROBOT WITH A GRIPPER FOR MOVING PLANT MICROSHOOTS FROM THE IN VITRO TRANSPORT TANK TO THE WORKING TANK WITH SOIL GROUND AT THE STAGE OF THEIR ADAPTATION IN SOIL GROUND DURING MICROCLONAL REPRODUCTION (p. 48–58)

Abylay Kaimov

Institute of Mechanics and Engineering
 named after U. A. Joldasbekov, Almaty, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4363-142X>

Suleimen Kaimov

Institute of Mechanics and Engineering
 named after U. A. Joldasbekov, Almaty, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4255-6926>

Yerzhan Syrgaliyev

Nazarbayev University Research and Innovation System,
 Nur-Sultan, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1911-1072>

Amandyk Tuleshov

Institute of Mechanics and Engineering
 named after U. A. Joldasbekov, Almaty, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9775-3049>

Talgat Kaiym

Military Engineering Institute of Radio Electronics
 and Communications of the Ministry of Defense
 of the Republic of Kazakhstan, Almaty, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3806-5606>

Aidarkhan Kaimov

Al-Farabi Kazakh National University,
 Almaty, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9737-9605>

Altynay Primbetova

Halyk Bank of Republic of Kazakhstan,
 Almaty, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6770-7671>

Vitaly Gribanov

Institute of Mechanics and Engineering
 named after U. A. Joldasbekov, Almaty, Republic of Kazakhstan
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4289-3911>

The industrial development of cities is the main cause of the destruction and degradation of natural resources around the world. Urbanization negatively affects the species composition of plants, the atmosphere and soil cover of areas of populated areas of large cities of the World. Tree plantations are the main mechanism for stabilizing the ecological situation in large cities and arid territories of the countries of the World.

In this regard, in order to obtain a large number of genetically identical plants using their micropropagation, it is necessary to automate the main stages of this technological process.

The result of the study is the creation of an adaptive phalanx gripper of a robotic complex for automating the technological process of handling operations. That will have a positive effect on solving the urgent problem of planting greenery in large cities and areas of arid territories not only in the Republic of Kazakhstan, but also in other countries of the World and represents a fundamentally new approach to solving the environmental problems of the Earth.

The article substantiates various options for structural-kinematic schemes of the robot gripper, taking into account the stochastic conditions of its interaction with the overloaded object. Mathematical methods have been created for the selection and justification of the geometric, structural-kinematic and dynamic parameters of grippers for overloading plant microshoots and their computer 3D models. Software has been developed for modeling the functioning of a remotely controlled physical prototype of a mobile robot with an adaptive gripper for reloading microshoots from a transport tank to a cargo tank.

Keywords: robot, adaptive gripper, Kalman coefficient, microshoot overload, plant micropropagation.

References

1. Kakimzhanova, A., Karimova, V., Nurtaza, A. (2017). Commercialization of the technology of microclonal propagation of tree plants for industrial use for greening in cities. *Journal of Biotechnology*, 256, S107. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2017.06.1166>
2. Timofeev, A. V. (1988). *Adaptivnyye robototekhnicheskie komplekсы*. Sankt-Peterburg: Mashinostroenie, 332. Available at: <http://roboticslib.ru/books/item/f00/s00/z0000018/index.shtml>
3. Figurin, A. V. (1988). *Strukturno-parametricheskii sintez skhvatov promyshlennykh robotov*. Leningrad, 199. Available at: <https://www.dissercat.com/content/strukturno-parametricheskii-sintez-skhvatov-promyshlennykh-robotov>
4. Ceccarelli, M. (2004). *Fundamentals of Mechanics of Robotic Manipulation*. Springer, 312. doi: <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-2110-7>

5. Ceccarelli, M., Rodriguez, N. E. N., Carbone, G. (2005). Design and tests of a three finger hand with 1-DOF articulated fingers. *Robotica*, 24 (2), 183–196. doi: <https://doi.org/10.1017/s0263574705002018>
6. Rodríguez, F., Moreno, J. C., Sánchez, J. A., Berenguel, M. (2012). Grasping in Agriculture: State-of-the-Art and Main Characteristics. *Mechanisms and Machine Science*, 385–409. doi: https://doi.org/10.1007/978-1-4471-4664-3_15
7. Zhu, W.-H., Piedboeuf, J.-C., Gonthier, Y. (2002). Emulation of a space robot using a hydraulic manipulator on ground. *Proceedings 2002 IEEE International Conference on Robotics and Automation (Cat. No.02CH37292)*. doi: <https://doi.org/10.1109/robot.2002.1013577>
8. Petković, D., Pavlović, N. D. (2011). A New Principle of Adaptive Compliant Gripper. *Mechanisms and Machine Science*, 143–150. doi: https://doi.org/10.1007/978-94-007-2727-4_13
9. Zareinia, K., Sepehri, N. (2015). A Hybrid Haptic Sensation for Teleoperation of Hydraulic Manipulators. *Journal of Dynamic Systems, Measurement, and Control*, 137 (9). doi: <https://doi.org/10.1115/1.4030337>
10. Ivanov, K. S. (2013). Creation of Adaptive-Mechanical Continuously Variable Transmission. *Applied Mechanics and Materials*, 436, 63–70. doi: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amm.436.63>
11. Kaiym, T. T., Gribanov, V. F., Temirbekov, E. S., Kaimov, S. T., Kaimov, Ab. T., Kaimov, A. T. et. al. (2017). The modeling of the theoretical and mathematical system and specifically the stochastic processes of the dynamical system an innovative mechanism for grasping of the robot for overloading the highly radioactive firm waste of fuel element from the secondary container into the main container. *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences*, 2 (422), 157–174. Available at: <http://rmebrk.kz/journals/3434/2454.pdf>
12. Temirbekov, E. S., Kaiym, T. T., Ceccarelli, M., Bostanov, B. O., Kaimov, S. T., Kaimov, A. T. (2018). Grasps of Robot Manipulator When Overloading Solid High-Radioactive Elements and Their Calculation. *Advances in Italian Mechanism Science*, 316–323. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-03320-0_34
13. Kaimov, S., Kaimov, A. T., Kaimov, A. T., Ceccarelli, M., Kaiym, T., Kaimova, G. et. al. (2018). A Gripper Mechanism to Automate Overload Process for Fuel Elements. *Mechanisms and Machine Science*, 118–128. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-030-00365-4_15
14. Kaimov, S., Kaimov, A. (2020). Pat. No. 35040 KZ. Auto speed transmission. No. 2020/0153.1; declared: 04.03.2020; published: 30.04.2021. Available at: https://drive.google.com/file/d/1BLgY-qRL_yDLZ_0hqvR4y67RUQq99cT6/view?usp=sharing
15. Kaimov, S., Kaimov, A. (2021). Pat. No. 6839 KZ. Adaptive robotic gripper. No. 2021/0999.2; declared: 22.10.2021; published: 04.02.2022. Available at: <https://drive.google.com/file/d/107rKd-Mlx3qDLO2E5eaXdf81oL8x8CtWb/view?usp=sharing>

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.253561
IMPROVING VEHICLE DAMPING OF VIBRATION
BY IMPROVING PNEUMATIC SPRING (p. 59–66)

Vyacheslav Masliyev

National Technical University
 «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4575-7077>

Vladislav Dushchenko

National Technical University
 «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6308-7068>

Vitalii Yepifanov

National Technical University
 «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6240-9771>

Roman Nanivskiy

Hetman Petro Sahaidachnyi National
 Army Academy, Lviv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6504-1178>

Yurii Cherevko

Hetman Petro Sahaidachnyi National
 Army Academy, Lviv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7468-8213>

Anton Masliev

Individual entrepreneur, Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1120-0660>

Alexander Demydov

National Technical University
 «Kharkov Polytechnic Institute», Kharkiv, Ukraine
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0532-9748>

Yurii Makarenko

LLC STC «Technosintez», Kharkiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6807-9080>

It is known that the air suspension of vehicles, in which diaphragm-type air springs are used as an elastic element, do not provide the necessary vibration damping. The reason for this is that such air springs have a relatively large passive part. As a result, a relatively small mass of compressed air crosses through the throttle installed between the air spring and the additional reservoir. This mass of air contains thermal energy, into which the energy of vibrations, which enters through the walls of the additional reservoir into the environment, has turned. This is interpreted as vibration damping, which is insufficient due to the low air mass.

Therefore, hydraulic vibration dampers are installed parallel to the diaphragm air springs, which complicates and increases the cost of the vehicle. Increasing the damping properties of such air suspensions could eliminate these hydraulic vibration dampers, which would reduce costs and simplify operation.

An air suspension with an improved air spring has been proposed, which has an increased effective area and a reduced «passive» capacity, an empirical formula has been built to determine its damping coefficient, as well as an expression for the stiffness coefficient. Mathematical modeling of oscillations of vehicles with different designs of pneumatic springs was carried out in order to improve their damping. The mathematical model takes into account the change in the parameters of the air spring during vibrations. The study was carried out for the diesel train DL-02. Using mathematical modeling, the effectiveness of the air suspension with an improved air spring has been proven: its damping index reaches 0.263, and the vibration damping coefficient is 45,859 kg/s, which corresponds to the values recommended for vehicles

Keywords: vehicle, air suspension, air spring, throttle, additional reservoir, simulation, damping factor

References

1. Novikov, V. V., Ryabov, I. M., Chernyshov, K. V., Pozdeev, A. V., Pohlebin, A. V. (2020). Pneumohydraulic spring with adaptive self-adjusting damper for suspension of a high-speed tracked vehicle and its calculation procedure. *Traktory i Sel'hozmashiny*, 1 (2), 13–20. doi: <https://doi.org/10.31992/0321-4443-2020-2-13-20>
2. Zuo, L., Scully, B., Shestani, J., Zhou, Y. (2010). Design and characterization of an electromagnetic energy harvester for vehicle suspensions. *Smart Materials and Structures*, 19 (4), 045003. doi: <https://doi.org/10.1088/0964-1726/19/4/045003>
3. Takahashi, M., Wakui, S. (2009). Improvement of Isolated table Using Auxiliary Tank. *Journal of the Japan Society for Precision Engineering*, 75 (4), 542–547. doi: <https://doi.org/10.2493/jjspe.75.542>

4. Choi, S.-B., Seong, M.-S., Kim, K.-S. (2009). Vibration control of an electrorheological fluid-based suspension system with an energy regenerative mechanism. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering*, 223 (4), 459–469. doi: <https://doi.org/10.1243/09544070jauto968>
5. Dushchenko, V. V., Masliev, V. G., Nanivskiy, R. A., Masliev, A. O. (2019). Application of magnetorheological elastomers for performance control of cushioning systems for wheeled vehicles. *Electrical Engineering & Electromechanics*, 5, 50–59. doi: <https://doi.org/10.20998/2074-272x.2019.5.09>
6. Liubarskiy, B., Lukashova, N., Petrenko, O., Pavlenko, T., Iakunin, D., Yatsko, S., Vashchenko, Y. (2019). Devising a procedure to choose optimal parameters for the electromechanical shock absorber for a subway car. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (5 (100)), 16–25. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.176304>
7. Liubarskiy, B., Lukashova, N., Petrenko, O., Yeritsyan, B., Kovalchuk, Y., Overianova, L. (2019). Procedure for modeling dynamic processes of the electromechanical shock absorber in a subway car. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (5 (101)), 44–52. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.181117>
8. Dushchenko, V., Vorontsov, S., Masliyev, V., Agapov, O., Nanivskiy, R., Cherevko, Y., Masliiev, A. (2021). Comparing the physical principles of action of suspension damping devices based on their influence on the mobility of wheeled vehicles. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (5(112)), 51–60. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.237312>
9. Jang, J.-S. (2014). The Effects of Parameter Changes on the Properties of an Air Spring. *Journal of the Korea Society For Power System Engineering*, 18 (2), 77–82. doi: <https://doi.org/10.9726/kspse.2014.18.2.077>
10. Asami, T., Yokota, Y., Ise, T., Honda, I., Sakamoto, H. (2013). Theoretical and Experimental Analysis of the Nonlinear Characteristics of an Air Spring With an Orifice. *Journal of Vibration and Acoustics*, 135 (1). doi: <https://doi.org/10.1115/1.4007677>
11. Korobka, B. A., Shkabrov, O. A., Kovalenko, Yu. N., Nazarenko, V. F. (2010). Otechestvennaya passazhirskaia telezhka na pnevmopodveske. *Vagonniy park*, 6, 48–51.
12. Vol'pert, A. G., Zholobov, V. A. (1985). Vibrogasiteli podvizhnogo sostava: kakimi oni dolzhny byt'? *Zheleznodorozhniy transport*, 3, 54–57.
13. Masliev, V. G., Shevchenko, P. M., Evstratov, A. S., Alekseev, A. O. (1981). Pnevmaticheskoe resornoe podveshivanie teplovoza 2TE116. *Transportnoe mashinostroenie*. Moscow: NIIFORM-TYaZhMASH.
14. Masliiev, A. O., Makarenko, Yu. V. Masliiev, V. H. (2015). Dempfiruvannia kolyvan kuzoviv transportnykh zasobiv, yaki obladnano pnevmatychnymy resoramy. *Visnyk Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu «KhPI»*. Zb. nauk. prats. Seriya: Transportne mashynobuduvannia, 43 (1152), 59–64.
15. Posibnyk z tekhnichnoho obsluhovuvannia ta remontu hidravlichnykh ta fryktsiynykh hasnykiv kolyvan pasazhyrskykh vahoniv. *Rada z zh. d. transportu derzhav-uchasnyts Spivdruzhnosti, Protokol vid 21-22 zhovtnia 2014 r. No. 61.*
16. Masliiev, A. O., Masliiev, V. H., Dushchenko, V. V. (2017). Pat. No. 113641 UA. Pnevmatychna pidviska. No. u201607535; zaiavl. 11.07.2016; opubl. 10.02.2017, Bul. No. 3.

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.252599

ОЦІНКА МІЦНОСТІ ВЕРТИКАЛЬНИХ ЦИЛІНДРИЧНИХ РЕЗЕРВУАРІВ ДЛЯ ЗБЕРІГАННЯ РІДИНИ З ВМ'ЯТИНАМИ У СТІНЦІ (с. 6–20)**Ulanbator Suleimenov, Nurlan Zhangabay, Akmaral Utelbayeva, Masrah Azrifan Azmi Murad, Aibarsha Dosmakanbetova, Khassen Abshenov, Svetlana Buganova, Arman Moldagaliyev, Kuanysh Imanaliyev, Bolat Duissenbekov**

На основі використання багаторівневої математичної моделі оцінено напружено-деформований стан циліндричного резервуару з дефектом форми стінки у вигляді вм'ятини та вивчено концентрацію напружень у зоні дефекту.

Проведено верифікацію правильності обраної математичної моделі, і показано, що для інженерної оцінки напружено-деформованого стану стінки циліндричного резервуара зі змінною товщиною можна скористатися співвідношеннями для циліндричної оболонки з постійною товщиною стінки. Розкид значень становить 2–10 %. Це свідчить про правильність обраної математичної моделі, а також про те, що для інженерної оцінки напружено-деформованого стану стінки циліндричного резервуара зі змінною товщиною можна скористатися співвідношеннями для циліндричної оболонки з постійною товщиною стінки.

Проведена чисельна оцінка напружено-деформованого стану зони вм'ятини в стінці резервуара довела припущення про значні концентрації напруг у зоні вм'ятини та вказала на визначальний вплив на концентрацію напруг у зоні вм'ятини її геометричних розмірів і особливо, її глибини.

Досліджено концентрацію напруг у зоні вм'ятин стінки резервуара в середовищі ANSYS при різних розмірах вм'ятин на стінці резервуара, де введено два безрозмірні параметри: безрозмірний радіус вм'ятини та безрозмірна глибина вм'ятини.

За результатами чисельного дослідження напружено-деформованого стану зони вм'ятини в стінці резервуару отримані графічні залежності коефіцієнта концентрації напруг від безрозмірної глибини вм'ятини для різних значень безрозмірного радіусу вм'ятини і не перевищує 2 % показника.

На основі апроксимації кривих залежностей концентрації напруг від розмірів вм'ятини та резервуару отримано формулу для розрахунку коефіцієнта концентрації напруг залежно від безрозмірного радіусу ξ та безрозмірної глибини ζ вм'ятини. Отримана формула дозволяє при відомих безрозмірних параметрах глибини та радіусу вм'ятини визначити коефіцієнти концентрації напруги в зоні вм'ятини стінки резервуара.

Ключові слова: сталевий резервуар, концентрація напруг, дефекти у вигляді вм'ятин, безрозмірні параметри вм'ятини, чисельний метод, моделювання.

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.251189

ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ АРМУВАННЯ ЦЕМЕНТОБЕТОННОГО ПОКРИТТЯ МОСТІВ НА НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНИЙ СТАН КОНСТРУКЦІЙ (с. 21–31)**І. П. Гамеляк, А. М. Дмитриченко, В. М. Цибульський, А. М. Харченко**

Виконано дослідження цементобетонного покриття на мостах з використанням FRP-арматури. Це дозволило розробити оптимальні конструкції шляхом підбору висоти розміщення арматури в шарах дорожнього одягу для забезпечення міцностних характеристик.

Розроблено інженерний метод розрахунку жорсткого дорожнього одягу з композитною арматурою, який дозволяє врахувати його роботу як у спільному пакеті конструкції з плитою, так і окремо – при його відшаруванні від плити прогонової будови мосту. В основу дослідження були покладені методи визначення зусиль, розрахункові залежності теорії згину шаруватих конструкцій та залежності теорії пружності для оцінки міцності матеріалів дорожнього одягу. За рахунок врахування деформацій зсуву при проектуванні плит встановлено, що прогини за розробленим методом у 1,4 рази більші ніж за класичним підходом.

Виконано апробацію методу за рахунок числового експерименту, який підтвердив необхідність використання композитного армування у верхніх шарах дорожнього покриття на мостах, що підвищує його довговічність в 1,2 рази. Отримані результати числового експерименту вказують, що еквівалентні напруження в нижніх шарах дорожнього одягу з вільним переміщенням склали 2,91 МПа, а при роботі у спільному пакеті з плитою – мали від'ємне значення (–0,2 МПа).

Застосування розробленого методу розрахунку на практиці дозволяє визначити уточнені нормальні напруження в шарах дорожнього одягу з урахуванням особливостей роботи конструкції. Завдяки цьому відкриваються додаткові можливості для розрахунку дорожнього одягу мостів, що запроектовані з використанням найбільш розповсюджених в мостовій галузі типів прогонових будов.

Ключові слова: цементобетонне покриття, дорожній одяг, шаруваті конструкції, композитні матеріали, напружено-деформований стан.

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.251300

ВИЯВЛЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ТЕМПЕРАТУРНОГО ВПЛИВУ НА НЕСУЧУ КОНСТРУКЦІЮ ВАГОНА-ХОПЕРА З КОМПЗИТНОЮ ОБШИВКОЮ ПРИ ТРАНСПОРТУВАННІ ОКАТИШІВ НА МЕТАЛУРГІЙНІ ПІДПРИЄМСТВА (с. 32–41)**О. В. Фомін, А. О. Ловська, В. Г. Дженчако, О. О. Жилінков, А. М. Фоміна, А. С. Литвиненко**

Проведено удосконалення несучої конструкції вагона-хопера для перевезення окатишів та гарячого агломерату. З метою покращення міцності несучої конструкції вагона-хопера під впливом високих температур від перевозимого вантажу запропоновано

використання обшивки з композитного матеріалу. Дане рішення також сприяє зменшенню тари вагона на 5 % у порівнянні з вагоном-прототипом.

Проведено визначення динамічної навантаженості несучої конструкції вагона-хопера. Дослідження проведені при русі вагона у порожньому стані стиковою нерівністю. Проведені розрахунки показали, що досліджувані показники динаміки не перевищують допустимих значень. При цьому хід руху вагона-хопера оцінюється як "відмінний".

Визначено основні показники міцності несучої конструкції вагона-хопера з урахування запропонованого удосконалення. При цьому враховано температурний вплив на несучу конструкцію вагона-хопера від гарячого агломерату. Встановлено, що максимальні еквівалентні напруження виникають в зоні взаємодії хребтової балки зі шворневою та складають близько 290 МПа. При цьому напруження в обшивці вагона-хопера складають близько 200 МПа, що на 12 % нижче ніж у типовій конструкції.

Для визначення частот та форм власних коливань несучої конструкції вагона-хопера з композитною обшивкою проведено модальний аналіз. Результати розрахунку встановили, що перша власна частота перевищує 8 Гц. Отже безпека руху вагона забезпечується.

Розраховано коефіцієнт опору втомі несучої конструкції вагона-хопера. Встановлено, що його значення майже вдвічі вище за допустиме. Тобто опір втомі несучої конструкції забезпечується.

Проведені дослідження сприятимуть забезпеченню міцності несучих конструкцій вагонів-хоперів, скороченню витрат на утримання та підвищенню ефективності їх експлуатації.

Ключові слова: транспортна механіка, вагон-хопер, несуча конструкція, композитний матеріал, динамічна навантаженість, міцність, опір втомі.

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.253545

РЕАЛІЗАЦІЯ ЧИСЛЕННОГО АНАЛІЗУ ДИНАМІЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ НА КОМПЗИТНУ КОНСТРУКЦІЮ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДУ КІНЦЕВИХ ЕЛЕМЕНТІВ (с. 42–47)

Kussay Ahmed Subhi, Emad Kamil Hussein, Shaymaa Abdul Khader Al-Jumaili, Zaid Ali Abbas

У цьому дослідженні було проведено чисельне дослідження для аналізу динамічного навантаження на композитну конструкцію. Композитну структуру розв'язували та аналізували за допомогою інструмента статичної структури. Існує фізична модель, яка була імпортована, і сітки були створені відповідно. Напряга зсуву, напряга фон-Місеса та повна деформація розглядаються як частина аналізу. Використання кінцевих елементів для моделювання композитної структури та реакції на прикладені навантаження. Оскільки динамічні навантаження застосовувалися регулярно, частотна характеристика була досліджена. У цьому дослідженні після перевірки цього комп'ютерного моделювання з експериментальними результатами і результати показали, що впевненість 95 %. Ця відсоткова довіра дозволяє продовжити чисельний аналіз. Деформація всієї конструкції була розрахована і виявлено, що вона становить 10 мм, що є максимальною величиною загальної деформації, яку може спричинити прикладене навантаження. На осі Y було застосовано динамічне навантаження. Накладене динамічне навантаження досліджено чисельно та інтерпретовано в термінах зсувних напружень. В результаті максимального прикладеного навантаження максимальне напруження зсуву становить 10 МПа. Повну композитну конструкцію піддавали вимірюванням напружень по фон-Місесу. Здатність конструкції протистояти цим навантаженням була визначена шляхом проведення серії випробувань. Найбільше напруження фон Місеса, яке можна застосувати в цьому дослідженні, становило 40 МПа. Дослідження того, як реагувати на вібрацію, вже проведено. У чисельних результатах було виявлено, що реакція на вібрацію була непостійною. З точки зору амплітуди, найвищі значення можна знайти при 200 Гц, а найнижчі значення можна знайти при 20 Гц.

Ключові слова: ANSYS, FEM, фракційна корозія, L-подібний сендвіч, USV, вібрація, напруження Фон-Місеса, напруження зсуву, повна деформація, вібраційна реакція

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.253135

СТВОРЕННЯ ІННОВАЦІЙНОГО РОБОТА ІЗ ЗАХВАТОМ ДЛЯ ПЕРЕМІЩЕННЯ МІКРОПАГОНІВ РОСЛИН З ТРАНСПОРТНОЇ ЄМНОСТІ IN VITRO У РОБОЧУ ЄМНІСТЬ ІЗ ҐРУНТОҐРУНТОМ НА ЕТАПІ ЇХ АДАПТАЦІЇ У ҐРУНТОҐРУНТІ ПРИ МІКРОКЛОНАЛЬНОМУ РОЗМНОЖЕННІ (с. 48–58)

Abylay Kaimov, Suleimen Kaimov, Yerzhan Syrgaliyev, Amandyk Tuleshov, Talgat Kaiym, Aidarkhan Kaimov, Altynay Primbetova, Vitaly Gribanov

Промисловий розвиток міст є основною причиною руйнування та деградації природних ресурсів у всьому світі. Урбанізація негативно впливає на видовий склад рослин, атмосферу та ґрунтовий покрив ділянок населених територій великих міст країн світу. Деревні насадження є основним механізмом стабілізації екологічної обстановки у великих містах та посушливих територій країн Світу.

У зв'язку з цим для отримання великої кількості генетично ідентичних рослин за допомогою їх мікронального розмноження необхідна автоматизація основних етапів цього технологічного процесу.

Результатом дослідження є створення адаптивного фалангового захвату робототехнічного комплексу для автоматизації технологічного процесу перевантажувальних операцій. Це позитивно вплине на вирішення актуальної проблеми озеленення великих міст і ділянок посушливих територій не тільки Республіки Казахстан, а й інших країн світу, і представляє принципово новий підхід у вирішенні екологічних проблем Землі.

У статті обґрунтовано різні варіанти структурно-кінематичних схем схоплення робота з урахуванням стохастичних умов його взаємодії з предметом, що перевантажується. Створено математичні методи щодо вибору та обґрунтування геометричних, структурно-кінематичних та динамічних параметрів захватів для перевантаження мікропагонів рослин та їх комп'ютерні 3D моделі. Розроблено програме забезпечення для моделювання функціонування фізичного прототипу мобільного робота, що дистанційно керується, з адаптивним захватом для перевантаження мікропагонів з транспортної ємності у вантажну ємність.

Ключові слова: робот, адаптивний захват, коефіцієнт Калмана, навантаження мікропагона, мікрональне розмноження рослин.

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.253561

ПОЛІПШЕННЯ ДЕМПФІРУВАННЯ КОЛИВАНЬ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ШЛЯХОМ УДОСКОНАЛЕННЯ ПНЕВМОРЕСОР (с. 59–66)

В. Г. Маслієв, В. В. Дуценко, В. В. Єпіфанов, Р. А. Нанівський, Ю. М. Черевко, А. О. Маслієв, О. В. Демідов, Ю. В. Макаренко

Відомо, що пневмопідвіски транспортних засобів, у яких в якості пружного елемента використано пневморесори діафрагмового типу, не забезпечують необхідного демпфірування коливань. Причина цього в тому, що такі пневморесори мають відносно велику за ємністю «пасивну» частину. В наслідок цього через дросель, що встановлений між пневморесорою та додатковим резервуаром, перетикає відносно мала маса стислого повітря. Ця маса повітря містить теплову енергію, у яку перетворилась енергія коливань, яка надходить через стінки додаткового резервуару в довкілля. Це трактується як демпфірування коливань, яке є недостатнім із-за малої маси повітря.

Тому паралельно до діафрагмових пневморесор встановлюють гідравлічні гасителі коливань, що ускладнює і здорожує транспортний засіб. Підвищення демпфуючих властивостей таких пневмопідвісок дозволить виключити гідравлічні гасителі коливань, що зменшить витрати та спростить експлуатацію.

Запропоновано пневмопідвіску з удосконаленою пневморесорою, у якій збільшено ефективну площу та зменшено «пасивну» ємність, складено емпіричну формулу для визначення її коефіцієнту демпфірування і вираз для коефіцієнту жорсткості. Проведено математичне моделювання коливань транспортних засобів із різною конструкцією пневморесор з метою поліпшення їх демпфірування. У математичній моделі враховано зміну параметрів пневморесори при коливаннях. Дослідження проведено стосовно дизель-поїзда ДЛ-02. З використанням математичного моделювання доведено ефективність пневмопідвіски з удосконаленою пневморесорою: її показник демпфірування досягає 0,263, а коефіцієнт демпфірування коливань 45859 кг/с, що відповідає значенням, які рекомендовано для транспортних засобів.

Ключові слова: транспортний засіб, пневмопідвіска, пневморесора, дросель, додатковий резервуар, моделювання, коефіцієнт демпфірування.