

## ABSTRACT AND REFERENCES

## APPLIED MECHANICS

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.253770

**ADAPTING THE LOAD-BEARING STRUCTURE OF A GONDOLA CAR FOR TRANSPORTING HIGH-TEMPERATURE CARGOES (p. 6–13)****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>**Maryna Khara**

Pryazovskiy State Technical University, Mariupol, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6818-7938>**Iryna Nikolaienko**

Pryazovskiy State Technical University, Mariupol, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2933-0498>**Andrii Lytvynenko**

Volodymyr Dahl East Ukrainian National University,

Severodonetsk, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5182-9607>**Sergiy Sova**

Volodymyr Dahl East Ukrainian National University,

Severodonetsk, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3380-7604>

This paper determines the load on the load-bearing structure of a universal gondola car during the transportation of cargo with a temperature of 700 °C in it. It has been established that the maximum equivalent stresses, in this case, significantly exceed permissible ones. The maximum temperature of the cargo, at which the strength indicators of the carrying structure of the gondola do not exceed the permissible values, is 94 °C. At the same time, the temperature of the cargo transported in the cars by rail can be much higher. In this regard, in order to use gondola cars for the transportation of cargoes with high temperatures, it is possible to arrange them in heat-resistant containers of open type – flatcars. Therefore, in this study, a structure of the flatcar with convex walls has been proposed. Such configuration of the sidewalls makes it possible to increase the usable volume of the container by 8 % compared to the prototype. As a flatcar material, a composite with heat-resistant properties is used. To justify the proposed solution, the strength of a flatcar was calculated. It has been established that the maximum equivalent stresses in the carrying structure of the flatcar are about 300 MPa and do not exceed permissible ones.

To determine the main indicators of the dynamics of the gondola car loaded with flats, its dynamic load was mathematically modeled. The calculation results showed that the accelerations that operate in the center of the mass of the load-bearing structure of a gondola car are about 1.5 m/s<sup>2</sup>. The vertical dynamics coefficient is 0.22. The estimated dynamics indicators are within the permissible values.

The study reported here could contribute to improving the efficiency of the use of gondola cars and to further advancements in the design of innovative vehicles.

**Keywords:** transport mechanics, load-bearing structure, body load, temperature impact, heat-resistant flatcar.

**References**

- Antipin, D. Y., Racin, D. Y., Shorokhov, S. G. (2016). Justification of a Rational Design of the Pivot Center of the Open-top Wagon Frame by means of Computer Simulation. *Procedia Engineering*, 150, 150–154. doi: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.06.738>
- Shukla, C. P., Bharti, P. K. (2015). Study and Analysis of Doors of BCNHL Wagons. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, 4 (04), 1195–1200. Available at: <https://www.ijert.org/research/study-and-analysis-of-doors-of-bcnhl-wagons-IJERTV4IS041031.pdf>
- Patrascu, A. I., Hadar, A., Pastrama, S. D. (2019). 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>
- 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>
- Kosobudzki, M., Jamroziak, K., Bocian, M., Kotowski, P., Zajac, P. (2018). The analysis of structure of the repaired freight wagon. *AIP Conference Proceedings*. doi: <https://doi.org/10.1063/1.5066492>
- 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>
- Liu, Y., Guan, M. (2019). Selected physical, mechanical, and insulation properties of carbon fiber fabric-reinforced composite plywood for carriage floors. *European Journal of Wood and Wood Products*, 77 (6), 995–1007. doi: <https://doi.org/10.1007/s00107-019-01467-y>
- Olmos Irikovich, Z., Rustam Vyacheslavovich, R., Mahmod 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>
- Bulychev, M., Antipin, D. (2019). Improvement of strength calculation procedure of car side upper framing in gondola cars. *Bulletin of Bryansk state technical university*, 3, 58–64. doi: [https://doi.org/10.30987/article\\_5c8b5ceb111c58.12769482](https://doi.org/10.30987/article_5c8b5ceb111c58.12769482)
- 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>
- 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>
- 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>
- Pišťek, 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>
- 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](https://doi.org/10.1007/978-3-030-35543-2_10)
- Fomin, O., Gerlici, J., Lovskaya, A., Kravchenko, K., Prokopenko, P., Fomina, A., Hauser, V. (2018). Research of the strength of the bear-

- ing 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>
16. Gallager, R. (1984). *Metod konechnykh elementov. Osnovy*. Moscow: Mir, 428.
  17. Alyamovskiy, A. A. (2007). *SolidWorks/COSMOSWorks 2006–2007. Inzhenerniy analiz metodom konechnykh elementov*. Moscow: DMK, 784.
  18. Alyamovskiy, A. A. (2010). *COSMOSWorks. Osnovy rascheta konstruktivnykh v srede SolidWorks*. Moscow: DMK, 784.
  19. Vatulia, G., Rezunenko, 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>
  20. Vatulia, G., Lobiak, A., Orel, Y. (2017). Simulation of performance of circular CFST columns under short-time and long-time load. *MATEC Web of Conferences*, 116, 02036. doi: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201711602036>
  21. Vatulia, G. L., Petrenko, D. H., Novikova, M. A. (2017). Experimental estimation of load-carrying capacity of circular, square and rectangular CFTS columns. *Naukovyi visnyk natsionalnoho hirnychoho universytetu*, 6, 97–102. Available at: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nvngu\\_2017\\_6\\_16](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nvngu_2017_6_16)
  22. Lovska, A. (2018). Simulation of Loads on the Carrying Structure of an Articulated Flat Car in Combined Transportation. *International Journal of Engineering & Technology*, 7 (4.3), 140. doi: <https://doi.org/10.14419/ijet.v7i4.3.19724>
  23. Domin, Yu. V., Cherniak, H. Yu. (2003). *Osnovy dynamiky vahoniv*. Kyiv: KUETT, 269.
  24. 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>
  25. Krol, O., Porkuiian, O., Sokolov, V., Tsankov, P. (2019). Vibration stability of spindle nodes in the zone of tool equipment optimal parameters. *Comptes rendus de l'Academie bulgare des Sciences*, 72 (11), 1546–1556. doi: <https://doi.org/10.7546/crabs.2019.11.12>
  26. Kir'yanov, D. V. (2006). *Mathcad 13*. Sankt-Peterburg: BKhV. Peterburg, 608.
  27. D'yakonov, V. (2000). *MATHCAD 8/2000: spetsial'nyi spravochnik*. Sankt-Peterburg: Piter, 592.
  28. Alicinykov, 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>
  29. 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>
  30. 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>
  31. Fomin, O., Gerlici, J., Vatulia, G., Lovska, A., Kravchenko, K. (2021). Determination of the Loading of a Flat Rack Container during Operating Modes. *Applied Sciences*, 11 (16), 7623. doi: <https://doi.org/10.3390/app11167623>
  32. Lovska, A., Fomin, O., Píštěk, 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>
  33. Lovska, A., Fomin, O., Kučera, P., Píštěk, 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>
  34. Lukin, V. V., Shadur, L. A., Koturanov, V. I., Khokhlov, A. A., Anisimov, P. S. (2000). *Konstruirovaniye i raschet vagonov*. Moscow, 731.

---

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.254218

**STRENGTH ANALYSIS OF PRESTRESSED VERTICAL CYLINDRICAL STEEL OIL TANKS UNDER OPERATIONAL AND DYNAMIC LOADS (p. 14–21)**

**Timur Tursunkululy**

Mukhtar Aueзов South Kazakhstan University,  
Shymkent, Republic of Kazakhstan  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6215-7677>

**Nurlan Zhangabay**

Mukhtar Aueзов South Kazakhstan University,  
Shymkent, Republic of Kazakhstan  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8153-1449>

**Konstantin Avramov**

A. Pidhorneyi Institute of Mechanical Engineering Problems  
of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kharkiv, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8740-693X>

**Maryna Chernobryvko**

A. Pidhorneyi Institute of Mechanical Engineering Problems  
of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kharkiv, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8808-2415>

**Ulanbator Suleimenov**

Mukhtar Aueзов South Kazakhstan University,  
Shymkent, Republic of Kazakhstan  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7798-1044>

**Akmara Utelbayeva**

Mukhtar Aueзов South Kazakhstan University,  
Shymkent, Republic of Kazakhstan  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4771-9835>

**Bolat Duissenbekov**

Mukhtar Aueзов South Kazakhstan University,  
Shymkent, Republic of Kazakhstan  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3476-5218>

**Yermurat Aikozov**

Mukhtar Aueзов South Kazakhstan University,  
Shymkent, Republic of Kazakhstan  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2937-392X>

**Bakdaulet Dauitbek**

Mukhtar Aueзов South Kazakhstan University,  
Shymkent, Republic of Kazakhstan  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4945-5562>

**Zhuldyz Abdimanat**

Mukhtar Aueзов South Kazakhstan University,  
Shymkent, Republic of Kazakhstan  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4782-9070>

This paper reports a study into the effect of the winding type on the stressed-strained state of the wall of a steel cylindrical tank filled with oil to the predefined level. The shapes of free oscillations of oil in the tank and the effect of the winding type on the natural

frequencies of the structure were analyzed. Stress in the tank wall was estimated on the basis of finite-element simulation of the deformation of a three-dimensional structural model under the influence of distributed oil pressure on the inner surface of the wall and stresses on the outer surface of the wall. The stresses were induced by the winding of various types, taking into consideration the level of oil loading, the winding step of the winding, and the mechanical characteristics of the thread.

The stressed-strained state of a cylindrical tank with winding was investigated at its full filling with oil, half-filling with oil, and without oil. Three winding options were simulated: single, double, and triple intervals. Two types of winding were considered: made from high-strength steel wire and made from composite thread. It was established that when winding the tank wall with steel wire at a triple interval, the stress in the structure does not exceed 34.2 % of the yield strength. At the same time, the height of oil loading does not significantly affect its strength. Applying a composite thread leads to an increase in the stress of up to 47.2 % of the yield strength but makes it possible to reduce the mass of the tank with winding. When winding with a composite thread at a triple interval, the mass of the structure increases by only 3.6 %. The results reported here make it possible to effectively use pre-stress in order to improve the strength and dynamic characteristics of the studied structures, taking into consideration their windings made of different materials.

**Keywords:** steel tank, pre-stress, tank oscillations, operational loads, winding step.

#### References

- Semenets, S. N., Nasonova, S. S., Vlasenko, Y. E., Krivenkova, L. Y. (2018). Calculation models of reliability of petroleum reservoirs. *Bulletin of Prydniprov'ska State Academy of Civil Engineering and Architecture*, 1, 60–67. doi: <https://doi.org/10.30838/j.bpsacea.2312.170118.52.40>
- Zamikhovskiy, L. M., Pankiv, Kh. V., Pankiv, Yu. V., Dorofei, I. R. (2013). Metod i systema kontroliu zminy napruzhenno deformovano-ho stanu stinky vertykalnykh stalevykh tsylindrychnykh rezervuariv. *Naftohazova enerhetyka*, 1 (19), 99–108. Available at: <http://clar.nung.edu.ua/bitstream/123456789/3057/1/3313p.pdf>
- Suleimenov, U., Zhangabay, N., Utebayeva, A., Azmi Murad, M. A., Dosmakanbetova, A., Abshenov, K. et. al. (2022). Estimation of the strength of vertical cylindrical liquid storage tanks with dents in the wall. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (7 (115)), 6–20. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.252599>
- Suleimenov, U., Zhangabay, N., Utebayeva, 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>
- Ainabekov, A. I., Suleimenov, U. S., Avramov, K. V., Moldagaliyev, A. B., Kambarov, M. A., Serikbayev, T. T., Abshenov, Kh. A. (2016). Experimental vibration analysis of prestressed main pipelines. *Journal of Mechanical Engineering*, 19 (1), 21–27. doi: <https://doi.org/10.15407/pmach2016.01.021>
- Fan, Y., Hunt, J., Wang, Q., Yin, S., Li, Y. (2019). Water tank modeling of variations in inversion breakup over a circular city. *Building and Environment*, 164, 106342. doi: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.106342>
- Martynenko, G., Avramov, K., Martynenko, V., Chernobryvko, M., Tonkonozhenko, A., Kozharin, V. (2021). Numerical simulation of warhead transportation. *Defence Technology*, 17 (2), 478–494. doi: <https://doi.org/10.1016/j.dt.2020.03.005>
- Fomin, O., Lovska, A., Melnychenko, O., Shpylovi, I., Masliyev, V., Bambura, O., Klymenko, M. (2019). Determination of dynamic load features of tank containers when transported by rail ferry. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (7 (101)), 19–26. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.177311>
- Wang, Z., Hu, K., Zhao, Y. (2022). Doom-roof steel tanks under external explosion: Dynamic responses and anti-explosion measures. *Journal of Constructional Steel Research*, 190, 107118. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jcsr.2021.107118>
- Rastgar, M., Showkati, H. (2018). Buckling behavior of cylindrical steel tanks with concavity of vertical weld line imperfection. *Journal of Constructional Steel Research*, 145, 289–299. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jcsr.2018.02.028>
- Gatti, P. L. (2020). *Advanced Mechanical Vibrations: Physics, Mathematics and Applications*. CRC Press, 338. doi: <https://doi.org/10.1201/9781351008600>
- Degtyarev, K., Glushich, P., Gnitko, V., Strelnikova, E. (2015). Numerical simulation of free liquid-induced vibrations in elastic shells. *International Journal of Modern Physics and Applications*, 1 (4), 159–168. doi: <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1857.5209>
- Breslavsky, I. D., Avramov, K. V. (2010). Nonlinear modes of cylindrical panels with complex boundaries. R-function method. *Meccanica*, 46 (4), 817–832. doi: <https://doi.org/10.1007/s11012-010-9340-x>
- Usatova, O., Strelnikova, E. (2020). Simulation of liquid movement in cylindrical shells. *Bulletin of V. N. Karazin Kharkiv National University, Series «Mathematical Modeling. Information Technology. Automated Control Systems»*, 48, 81–88. Available at: <https://periodicals.karazin.ua/mia/article/view/17033>
- Idesman, A., Bhuiyan, A., Foley, J. R. (2017). Accurate finite element simulation of stresses for stationary dynamic cracks under impact loading. *Finite Elements in Analysis and Design*, 126, 26–38. doi: <https://doi.org/10.1016/j.finel.2016.12.004>
- Śliwa, A., Kwaśny, W., Nabia k, M., Dziwis, R. (2019). Numerical Analysis of Static Tensile Test of the Sample Made of Polyethylene Reinforced by Halloysite Nanoparticles. *Acta Physica Polonica A*, 136 (6), 996–1000. doi: <https://doi.org/10.12693/aphyspola.136.996>
- Ye, Z., Birk, A. M. (1994). Fluid Pressures in Partially Liquid-Filled Horizontal Cylindrical Vessels Undergoing Impact Acceleration. *Journal of Pressure Vessel Technology*, 116 (4), 449–458. doi: <https://doi.org/10.1115/1.2929615>

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.254315

#### DETERMINING FEATURES OF THE DEFORMED STATE OF REINFORCED CONCRETE BEAMS OF ROAD BRIDGES WHEN STRENGTHENING THE SPAN STRUCTURES (p. 22–28)

Serhii Kliuchnyk

Ukrainian State University of Science and Technologies,  
Dnipro, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7771-8377>

Dmytro Spivak

Ukrainian State University of Science and Technologies,  
Dnipro, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8155-7497>

Igor Goryushkin

Limited Liability Society Budivelnna Kompaniya Adamant,  
Mukachevo, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4842-0226>

The technology of repairing reinforced concrete bridges typically involves closing traffic on one half of the structure and

performing work on it when it is possible to move vehicles on the second part of this structure. The main process of interest to practitioners in terms of hardening concrete, which occurs in the beams of a span structure during the passage of a temporary moving load, is deformation. By the time the cement of freshly laid concrete of the overhead reinforcement slab is hardened, it is necessary to create the necessary conditions for this (temperature, humidity, immobility over time, etc.). Before concrete acquires strength, movements arising in the span structure cause the destruction of cement stone at the formation stage. It is necessary to investigate the presence of deformations, as well as their impact on the impossibility of forming a homogeneous structure of concrete and its adhesion to reinforcing elements that combine the existing slab with the new one.

This study has established deformations induced by a temporary load from 1.61 to 5.83 mm, which have a negative impact on the process of solidification of concrete in the reinforcement slab for a span structure during the repair of a motorway bridge. The three-dimensional models were calculated by simulating a bridge of the M-04 highway. The results underlie the conclusions that the technology of repair work does not take into consideration the required conditions for high-quality concrete strength acquisition in an additional slab.

The study results established that operations on concreting an additional overhead reinforcement slab in the presence of vibrational effects exerted by the temporary load on the span structure cannot be performed because of the destruction of concrete at the hardening stage.

Given the above issue, several ways to address it have been devised and analyzed; the best of them is recommended.

**Keywords:** repair of bridges, concrete road beams, reinforcement slab, deformation, concrete structure.

## References

- Bodnar, L., Koval, P., Stepanov, S., Panibratets, L. (2019). Operational state of bridges of Ukraine. *Avtoshliakhovyk Ukrainy*, 2 (258), 57–68. doi: <https://doi.org/10.33868/0365-8392-2019-2-258-57-68>
- Shen, L., Soliman, M., Ahmed, S. A. (2021). A probabilistic framework for life-cycle cost analysis of bridge decks constructed with different reinforcement alternatives. *Engineering Structures*, 245, 112879. doi: <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2021.112879>
- Kazaryan, V. Yu., Sakharova, I. D. (2018). Modern methods of reconstruction of bridge structures. *Mosty ta tuneli: teoriya, doslidzhennia, praktyka*, 14, 6–14. Available at: <http://btttrp.diit.edu.ua/article/view/152845/152034>
- Borshchov, V. I., Soldatov, K. I., Tarasenko, V. P., Popovych, M. M., Solomka, V. I. (2003). *Pravyla vyznachennia vantazhopidomnosti balkovykh zalizobetonnykh prohonovykh budov zaliznychnykh mostiv*. Dnipro, 404.
- Baloch, W. L., Siad, H., Lachemi, M., Sahmaran, M. (2021). A review on the durability of concrete-to-concrete bond in recent rehabilitated structures. *Journal of Building Engineering*, 44, 103315. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.103315>
- Pshinko, O. M., Krasniuk, A. V., Hromova, O. V. (2015). Vybir materialiv dlia remontu ta vidnovlennia betonnykh ta zalizobetonnykh konstruktsiy transportnykh sporud z urakhuvanniam kryteriyu sumisnosti. Dnipropetrovsk, 195. Available at: <https://docplayer.net/86071361-Vibir-materialiv-dlya-remontu-ta-vidnovlennia-betonnih-ta-zalizobetonnih-konstrukciy-transportnih-sporud-z-urakhuvanniam-kryteriyu-sumisnosti.html>
- Žiogas, V. A., Juočiušas, S., Medelienė, V., Žiogas, G. (2012). Concreting and early hardening processes in monolithic reinforced concrete structures / Procesai, vykstantys betonavimo ir pradinio kietėjimo metu gelžbetoninėse monolitinėse konstrukcijose. *Engineering Structures and Technologies*, 4 (2), 67–75. doi: <https://doi.org/10.3846/2029882x.2012.699258>
- He, Y., Zhang, X., Hooton, R. D., Zhang, X. (2017). Effects of interface roughness and interface adhesion on new-to-old concrete bonding. *Construction and Building Materials*, 151, 582–590. doi: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.05.049>
- Senchenko, I. O. Nabir mitsnosti betonu - stadiyi, hrafik narostannia v zalezhnosti vid temperatury po dobi. Available at: <http://stroytechnolgy.net/schkola-remonty/7998-nabir-miznosti-betony.html>
- DBN V.1.2-15:2009. Sporudy transportu. Navantazhennia ta vplyvy. Mosty ta truby. Kyiv. Available at: <http://kbu.org.ua/assets/app/documents/dbn2/48.1.%20ДБН%20В.1.2-15-2009.%20Споруди%20транспорту.%20Мости%20тра%20рп.pdf>
- Seriya 3.503.1-81. Proletnye stroeniya sbornye zhelezobetonnye dlinoy 12, 15, 18, 21, 24, 33 m iz balok dvutavrovogo secheniya s predvaritel'no napryagaemoy armaturoy dlya mostov i puteprovodov, raspolozhennykh na avtomobil'nykh dorogakh obshego pol'zovaniya, na ulitsakh i dorogakh v gorodakh. Available at: <https://www.eruditor.io/file/3335826/>
- Seriya 3.503.1-81. Proletnye stroeniya sbornye zhelezobetonnye dlinoy 12, 15, 18, 21, 24, 33 m iz balok dvutavrovogo secheniya s predvaritel'no napryagaemoy armaturoy dlya mostov i puteprovodov, raspolozhennykh na avtomobil'nykh dorogakh obshego pol'zovaniya, na ulitsakh i dorogakh v gorodakh. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/1200006844>
- DSTU-N B V.2.6-203:2015. Nastanova z vykonannia robit pry vyhotovlenni ta montazhi budivelnnykh konstruktsiy. Available at: [https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu\\_n\\_b\\_v\\_2\\_6\\_203/5-1-0-1833](https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu_n_b_v_2_6_203/5-1-0-1833)
- Morozova, L. M., Samosvat, V. V. (2012). Analiz vplyvu ruinovannia poperechnoho obiednannia zalizobetonnykh balok prohonovoi budovy rozrnykh mostiv na rozpodilennia navantazhennia. Donetsk, 165.

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.255275

## INFLUENCE OF THE DEFORMED STATE OF A ROAD BRIDGE ON OPERATIONAL SAFETY (p. 29–34)

Ivan Bondar

Academy of Logistics and Transport, Almaty,  
Republic of Kazakhstan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7376-5643>

Mikhail Kvashnin

Academy of Logistics and Transport, Almaty,  
Republic of Kazakhstan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3969-9299>

Dinara Aldekeyeva

Academy of Logistics and Transport, Almaty,  
Republic of Kazakhstan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7671-8383>

Saule Bekzhanova

Academy of Logistics and Transport, Almaty,  
Republic of Kazakhstan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6272-9567>

Aliya Izbairova

Academy of Logistics and Transport, Almaty,  
Republic of Kazakhstan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1727-7498>

Assem Akbayeva

Academy of Logistics and Transport, Almaty,  
Republic of Kazakhstan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0446-6003>



The article deals with the issues of vehicle traffic safety on artificial constructions. Ensuring safety in the field of rail transport is an essential element in the activities of all subjects of the market of railway services, including passenger carriers. To fully study the issues of the deformed state of beam superstructures, it is necessary to conduct static and dynamic tests. Before the start of the tests, it is mandatory to check the technical condition of the artificial structure:

- 1) visual inspection, special checks with verification of necessary parameters;
- 2) carrying out control linear measurements;
- 3) selective determination of concrete strength by non-destructive methods.

First, the static tests is conducted to determine the total deformations of each beam of the superstructure at the control point with maximum deformations of  $\frac{1}{2} L$ . Then dynamic tests with determination of periods of natural oscillations and deformations (stresses). Processing of the results of surveys and tests of the overpass with an assessment of the possibility of passing design loads on the road bridge, after which a dynamic passport of the transport structure is compiled. The study of the stressed state of vehicles gives a clear idea of the causes of deformations in the structural elements when analyzing the work of the span of the automobile bridge in conditions of increasing axial loads and traffic flow speeds. Deformation processes lead to defects, structural failures and accidents on the vehicle, which leads to premature wear, material damage and environmental damage. Periodic measurements of deformations (stresses) of the superstructure structure over several years will make it possible to predict changes in its condition over time and determine the remaining resource in terms of load-bearing capacity and load capacity. As a result of experimental studies, it was proved that the presented technique, developed in the classical version for detecting structural defects between a single-layer coating and a base of various types, can also work effectively in the case of non-destructive testing of multilayer structures.

**Keywords:** safety, road bridge, stress condition, technical inspection, static and dynamic tests.

## References

1. Kvashnin, M. Y., Bekzhanova, S. E., Akbayeva, A. S., Bondary, I. S., Kurbenov, A. (2021). On the question of safe operation of artificial structures of railways. *Bulletin of Kazakh Leading Academy of Architecture and Construction*, 1 (79), 229–240. doi: <https://doi.org/10.51488/1680-080x/2021.1-30>
2. Kaloop, M. R., Hu, J. W. (2016). Dynamic Performance Analysis of the Towers of a Long-Span Bridge Based on GPS Monitoring Technique. *Journal of Sensors*, 2016, 1–14. doi: <https://doi.org/10.1155/2016/7494817>
3. Sansyzbay, K. M., Kuandykov, A. A., Bakhtiyarova, Ye. A., Vlasenko, S. V., Mamyrbayev, O. Zh. (2020). Radio communication channel interaction method, maintaining train performance information security. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 98 (06), 957–969.
4. Bonessio, N., Lomiento, G., Benzoni, G. (2011). Damage identification procedure for seismically isolated bridges. *Structural Control and Health Monitoring*, 19 (5), 565–578. doi: <https://doi.org/10.1002/stc.448>
5. Yang, Y., Li, Q., Yan, B. (2017). Specifications and applications of the technical code for monitoring of building and bridge structures in China. *Advances in Mechanical Engineering*, 9 (1), 168781401668427. doi: <https://doi.org/10.1177/1687814016684272>
6. Maystrenko, I., Ovchinnikov, I., Ovchinnikov, I., Kokodeev, A. (2017). Failures and collapses of bridge constructions, analysis of their causes. Part 1. *Russian Journal of Transport Engineering*, 4 (4). doi: <https://doi.org/10.15862/13ts417>
7. Zhangabylova, A. M. (2016). Express-analysis of dynamic operation of rail fasteners PANDROL FASTCLIP and KPP-5. *Proceedings with International participation. Engineering structures on transport*. Moscow: Moscow State University of Railway Transport (MIIT), 77–78.
8. Aktan, A. E., Necati Catbas, F. (2002). Modal analysis for damage identification: past experiences and Swiss Z-24 bridge. *Proceedings of 20th International Modal Analysis Conference*, 448–456.
9. Abdullayev, S. S., Bondar, I. S., Bakyt, G. B., Ashirbayev, G. K., Budiukin, A. M., Baubekov, Y. Y. (2021). Interaction of frame structures with rolling stock. *Series of Geology and Technical Sciences*, 445 (1), 22–28. doi: <https://doi.org/10.32014/2021.2518-170x.3>
10. Fryba, L. (1973). *Vibration of Solids and Structures Under Moving Loads*. Prague: Academia Prague, 484. doi: <https://doi.org/10.1007/978-94-011-9685-7>
11. Law, S. S., Zhu, X. Q. (2004). Dynamic behavior of damaged concrete bridge structures under moving vehicular loads. *Engineering Structures*, 26(9), 1279–1293. doi: <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2004.04.007>
12. Liu, X. (1995). *Global Monitoring System on Lantau Fixed Crossing in Hong Kong*. IABSE Symposium. San Francisco, 929–934. doi: <https://doi.org/10.5169/seals-55290>

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.254573

## INVESTIGATING THE INFLUENCE OF THE DIAMETER OF A FIBERGLASS PIPE ON THE DEFORMED STATE OF RAILROAD TRANSPORTATION STRUCTURE “EMBANKMENT-PIPE” (p. 35–43)

**Vitalii Kovalchuk**

Lviv Institute of Ukrainian State University of Science and Technology, Lviv, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4350-1756>

**Yuliya Sobolevska**

Lviv Institute of Ukrainian State University of Science and Technology, Lviv, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8087-2014>

**Artur Onyshchenko**

National Transport University, Kyiv, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1040-4530>

**Olena Bal**

Lviv Research Institute of Forensic Expertise of the Ministry of Justice of Ukraine, Lviv, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2188-4098>

**Ivan Kravets**

Lviv Institute of Ukrainian State University of Science and Technology, Lviv, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2239-849X>

**Andriy Pentsak**

Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7491-6730>

**Bogdan Parneta**

Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2696-2449>

**Andriy Kuzyshyn**

Lviv Research Institute of Forensic Expertise of the Ministry of Justice of Ukraine, Lviv, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3012-5395>

**Vladyslav Boiarko**

Lviv Institute of Ukrainian State University of Science and Technology, Lviv, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0730-8406>

**Oleh Voznyak**

Lviv Research Institute of Forensic Expertise  
of the Ministry of Justice of Ukraine, Lviv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-7163-9026>

This paper has analyzed the use of fiberglass pipes in the body of the railroad embankment by a method of pushing them through the subgrade.

A flat rod model has been improved for assessing the deformed state of the transport structure “embankment-fiberglass pipe” by a method of forces when replacing the cross-section of the pipe with a polygonal one.

The analytical model accounts for the interaction between the pipe and soil of the railroad embankment. To this end, radial and tangential elastic ligaments are introduced into the estimation scheme, which make it possible to simulate elastic soil pressure, as well as friction forces that occur when the soil comes into contact with the pipe.

The deformed state of the transport structure “embankment-fiberglass pipe” was calculated by the method of forces and by a finite-element method under the action of load from the railroad rolling stock, taking into consideration the different cross-sections of the pipe.

It has been established that with an increase in the diameter of the fiberglass pipe, the value of deformations of the subgrade and fiberglass pipe increases. With a pipe diameter of 1.0 m, the deformation value in the vaulted pipe is 2.12 mm, and with a pipe diameter of 3.6 m – 4.16 mm. At the same time, the value of deformations of the subgrade under the sleeper is 5.2 mm and 6.0 mm, respectively.

It was determined that the maximum deformations of the subgrade, which occur above the pipe, with a pipe diameter of 3.6 m, are 4.46 mm. At the same time, the maximum vertical deformations of a fiberglass pipe arise in the pipe vault and, with a pipe diameter of 3.6 m, are 4.16 mm.

It has been established that the maximum horizontal deformations of the subgrade occur at points of horizontal diameter of the fiberglass pipe while the minimal horizontal deformations of the subgrade occur at points lying on the vertical diameter of the pipe.

**Keywords:** subgrade, fiberglass pipe, railroad track, horizontal and vertical deformations, equivalent load.

## References

- 3,000 mm GRP culverts jacked under railway. Available at: <https://www.plastics.gl/market/3000-mm-grp-culverts-jacked-under-railway/>
- Machelski, C. (2016). Steel plate curvatures of soil-steel structure during construction and exploitation. *Roads and Bridges - Drogi i Mosty*, 15 (3), 207–220. doi: <https://doi.org/10.7409/rabdim.016.013>
- Mistewicz, M. (2019). Risk assessment of the use of corrugated metal sheets for construction of road soil-shell structures. *Roads and Bridges-Drogi i Mosty*, 18 (2), 89–107. doi: <https://doi.org/10.7409/rabdim.019.006>
- Beben, D. (2013). Evaluation of backfill corrosivity around steel road culverts. *Roads and Bridges – Drogi i Mosty*, 12 (3), 255–268. doi: <https://doi.org/10.7409/rabdim.013.018>
- Gera, B., Kovalchuk, V. (2019). A study of the effects of climatic temperature changes on the corrugated structure. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (7 (99)), 26–35. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.168260>
- Kovalchuk, V., Kovalchuk, Y., Sysyn, M., Stankevych, V., Petrenko, O. (2018). Estimation of carrying capacity of metallic corrugated structures of the type Multiplate MP 150 during interaction with backfill soil. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (1 (91)), 18–26. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.123002>
- Esmaili, M., Zakeri, J. A., Abdulrazagh, P. H. (2013). Minimum depth of soil cover above long-span soil-steel railway bridges. *International Journal of Advanced Structural Engineering*, 5 (1), 7. doi: <https://doi.org/10.1186/2008-6695-5-7>
- Kovalchuk, V., Hnativ, Y., Luchko, J., Sysyn, M. (2020). Study of the temperature field and the thermo-elastic state of the multilayer soil-steel structure. *Roads and Bridges - Drogi i Mosty*, 19 (1), 65–78. doi: <https://doi.org/10.7409/rabdim.020.004>
- Machelski, C., Janusz, L., Czerepak, A. (2016). Estimation of Stress in the Crown of Soil-Steel Structures Based on Deformations. *Journal of Traffic and Transportation Engineering*, 4, 186–193. doi: <https://doi.org/10.17265/2328-2142/2016.04.002>
- Machelski, C., Mumot, M. (2016). Corrugated Shell Displacements During the Passage of a Vehicle Along a Soil-Steel Structure. *Studia Geotechnica et Mechanica*, 38 (4), 25–32. doi: <https://doi.org/10.1515/sgem-2016-0028>
- Kovalchuk, V., Sysyn, M., Hnativ, Y., Onyshchenko, A., Koval, M., Tiutkin, O., Parneta, M. (2021). Restoration of the Bearing Capacity of Damaged Transport Constructions Made of Corrugated Metal Structures. *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering*, 16 (2), 90–109. doi: <https://doi.org/10.7250/bjrbe.2021-16.529>
- Sysyn, M., Kovalchuk, V., Gerber, U., Nabochenko, O., Pentsak, A. (2020). Experimental study of railway ballast consolidation inhomogeneity under vibration loading. *Pollack Periodica*, 15 (1), 27–36. doi: v
- Kovalchuk, V., Luchko, J., Bondarenko, I., Markul, R., Parneta, B. (2016). Research and analysis of the stressed-strained state of metal corrugated structures of railroad tracks. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (7 (84)), 4–9. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.84236>
- Goddard, D. (2014). Polimernye trubyy v dorozhnom stroitel'stve: 50 let evolyutsii i rosta. *Polimernye trubyy*, 1 (43), 58–61.
- ASTM F405. Standard Specification for Corrugated Polyethylene (PE) Pipe and Fittings (2013). Available at: [https://global.ihs.com/doc\\_detail.cfm?document\\_name=ASTM%20F405&item\\_s\\_key=00020792](https://global.ihs.com/doc_detail.cfm?document_name=ASTM%20F405&item_s_key=00020792)
- AASHTO M 252. Standard Specification for Corrugated Polyethylene Drainage Pipe. Available at: <https://standards.globalspec.com/std/14289640/AASHTO%20M%20252>
- Jafari, N. H., Ulloa, H. O. (2020). Literature Search on Use of Flexible Pipes in Highway Engineering for DOTD's Needs. FHWA/LA.17/638. Dept. of Civil and Environmental Engineering Louisiana State University, 63.
- Specification for Pipe Subsoil Drain Construction. Available at: <https://www.nzta.govt.nz/assets/resources/pipe-subsoil-drain-const/docs/pipe-subsoil-drain-const.pdf>
- Specification for pipe culvert construction. Available at: <https://www.nzta.govt.nz/assets/resources/pipe-culvert-const/docs/pipe-culvert-const-2010-12.pdf>
- AS 2439.1. Perforated plastics drainage and effluent pipe and fittings. Part 1: Perforated drainage pipe and associated fittings. Available at: <https://www.saiglobal.com/pdftemp/previews/osh/as/as2000/2400/2439.1-2007.pdf>
- The Auckland Code of Practice for Land Development and Subdivision. Chapter 4 – Stormwater. Version 3.0 (2022). Available at: <https://content.aucklanddesignmanual.co.nz/regulations/codes-of-practice/Documents/SW-CoP-v3-January-2022.pdf>
- Manual. Road Drainage Chapter 9: Culvert Design (2019). The State of Queensland (Department of Transport and Main Roads). Available at: <https://www.tmr.qld.gov.au/-/media/busind/techstdpubs/Hydraulics-and-drainage/Road-drainage-manual/Chapter9.pdf?la=en>

23. Kang, J., Jung, Y., Ahn, Y. (2013). Cover requirements of thermoplastic pipes used under highways. *Composites Part B: Engineering*, 55, 184–192. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2013.06.025>
24. Shil'ko, S. V., Ryabchenko, T. V., Gavrilenko, S. L., Naumov, M. A., Naumova, N. Yu. (2019). Analysis of degradation of mechanical properties of fiberglass in water environment during pipeline operation. *Actual Problems of Machine Science*, 8, 59–62. Available at: [https://www.researchgate.net/publication/337289716\\_Analysis\\_of\\_Degradation\\_of\\_Mechanical\\_Properties\\_of\\_Fiberglass\\_in\\_Water\\_Environment\\_during\\_Pipeline\\_Operation\\_in-Russian-Analiz\\_degradacii\\_mehanicestkih\\_svoystv\\_stekloplastika\\_v\\_vodnoj\\_srede\\_pri\\_eksplu](https://www.researchgate.net/publication/337289716_Analysis_of_Degradation_of_Mechanical_Properties_of_Fiberglass_in_Water_Environment_during_Pipeline_Operation_in-Russian-Analiz_degradacii_mehanicestkih_svoystv_stekloplastika_v_vodnoj_srede_pri_eksplu)
25. Brinkgreve, R. B. J., Vermeer, P. A. (2002). PLAXIS (version 8) user's manual. Delft University of Technology and PLAXIS BV.

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.254214

**IDENTIFYING THE MECHANISM OF THE MIXED-PHASE FLOW IN THE HORIZONTAL PIPELINE USING COMPUTATIONAL FLUID DYNAMIC APPROACH (p. 44–50)**

**Ashham Mohammed Aned**

Middle Technical University, Baghdad, Iraq  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2595-6362>

**Saddam Hussein Raheemah**

Middle Technical University, Baghdad, Iraq  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2903-3311>

**Kareem Idan Fadheel**

Middle Technical University, Baghdad, Iraq  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1364-4636>

In this study, computational analysis has been carried out using computational fluid dynamics (CFD). These calculations have been made to investigate the rheological behavior of the mixed-phase flow in horizontal pipelines. In order to study the shear stress in a vertical pipe, a new numerical model for oil-water dispersion in three dimensions has been developed. CFD software has been used to study the wall shear stress function and water droplet pressure. Using Reynolds numbers and the Navier-Stokes equations with  $k$ -turbulence factor to save energy, the flow range for the continuous process was explained. The results from a recent study on experimental methodology were simulated. In this study, the diameter of the tube is 40 mm and the length is 3.5 m and modeled and analyzed using Ansys software. Thus, the geometry has been imported and modeled using the CFD tool. The meshed model has been tested and converged accordingly. The primary data of the simulation have been verified with experimental results successfully. Oil droplet widths have previously been thought to be dependent on the flow Reynolds number, which was confirmed in this case study. Droplet diameter  $D_d$  was measured at 6 mm while the mixture moved at a speed of 1.9 m/s. It was found that the largest shear stress value was found at the top of the pipe, where the oil fraction (cut-off) was 0.3, in the simulation results for varied velocities (1.6, 2.5, 2.9 m/s) and oil fraction (cut-off) values. The results of the simulation analysis of the two-phase flow of crude oil for the horizontal pipe are wall shear stresses with different velocities for crude oil in the two-phase flow. As well as pressure drop at different velocities for the same fluids.

**Keywords:** Iraqi crude oil, CFD, FEM, wall shear stress, pressure drop.

**References**

1. Burlutskiy, E., Turangan, C. K. (2015). A computational fluid dynamics study on oil-in-water dispersion in vertical pipe flows. *Chemical Engineering Research and Design*, 93, 48–54. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cherd.2014.05.020>
2. Hu, B., Angeli, P. (2008). Phase Inversion and Associated Phenomena in Oil-Water Vertical Pipeline Flow. *The Canadian Journal of Chemical Engineering*, 84 (1), 94–107. doi: <https://doi.org/10.1002/cjce.5450840113>
3. Saleh, Z. S., Sheikholeslami, R., Watkinson, A. P. (2005). Fouling Characteristics of a Light Australian Crude Oil. *Heat Transfer Engineering*, 26 (1), 15–22. doi: <https://doi.org/10.1080/01457630590890049>
4. Abdul Jalil, N. A., Kadhim Sharaf, H., Salman, S. (2017). A Simulation on the Effect of Ultrasonic Vibration on Ultrasonic Assisted Soldering of Cu/SAC305/Cu Joint. *Journal of Advanced Research in Applied Mechanics*, 36 (1), 1–9. Available at: <https://akademiabaru.com/submit/index.php/aram/article/view/1792>
5. Hu, H., Cheng, Y. F. (2016). Modeling by computational fluid dynamics simulation of pipeline corrosion in CO<sub>2</sub>-containing oil-water two phase flow. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 146, 134–141. doi: <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2016.04.030>
6. Wu, W.-T., Aubry, N., Antaki, J. F., Massoudi, M. (2017). Normal stress effects in the gravity driven flow of granular materials. *International Journal of Non-Linear Mechanics*, 92, 84–91. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijnonlinmec.2017.03.016>
7. Schumann, H., Fossen, M. (2018). Oil-water dispersion formation, development and stability studied in a wheel-shaped flow loop. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 162, 567–576. doi: <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2017.10.066>
8. Yang, Z., Velthuis, J., Veltin, J., Twerda, A. (2013). Cold restart of viscous multiphase flowline by hot water flushing. 16th International Conference on Multiphase Production Technology. Cannes.
9. Höhne, T., Porombka, P. (2018). Modelling horizontal two-phase flows using generalized models. *Annals of Nuclear Energy*, 111, 311–316. doi: <https://doi.org/10.1016/j.anucene.2017.09.018>
10. Parekh, J., Rzehak, R. (2018). Euler–Euler multiphase CFD-simulation with full Reynolds stress model and anisotropic bubble-induced turbulence. *International Journal of Multiphase Flow*, 99, 231–245. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijmultiphaseflow.2017.10.012>
11. Elahe, D., Alireza, H. (2018). A Review on Separation Techniques of Graphene Oxide (GO)/Base on Hybrid Polymer Membranes for Eradication of Dyes and Oil Compounds: Recent Progress in Graphene Oxide (GO)/Base on Polymer Membranes-Related Nanotechnologies. *Clinical Medical Reviews and Case Reports*, 5 (8). doi: <https://doi.org/10.23937/2378-3656/1410228>
12. Liu, J., Cheng, L., Huang, S. (2013). Numerical simulation study of gas-cap reservoir barrier water injection fluid interface migration laws. *Metalurgia International*, 18 (10), 23–27. Available at: [https://bib.irb.hr/datoteka/644822.644822.MI2013NO10\\_MOSUROVIC\\_SOLESARAJSMAN.pdf](https://bib.irb.hr/datoteka/644822.644822.MI2013NO10_MOSUROVIC_SOLESARAJSMAN.pdf)
13. Sellman, E., Sams, G., Mandewalkar, S. P. (2013). Improved Dehydration and Desalting of Mature Crude Oil Fields. *All Days*. doi: <https://doi.org/10.2118/164289-ms>
14. Duan, S. (2009). Progressive water-oil transition zone due to transverse mixing near wells. Louisiana State University. Available at: [https://digitalcommons.lsu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=4763&context=gradschool\\_dissertations](https://digitalcommons.lsu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=4763&context=gradschool_dissertations)
15. Zhang, D., Tan, J., Yang, D., Mu, S., Peng, Q. (2019). The Residual Potential of Bottom Water Reservoir Based upon Genetic Algorithm for the Relative Permeability Inversion. *Journal of Geoscience and Environment Protection*, 07 (04), 192–201. doi: <https://doi.org/10.4236/gep.2019.74012>
16. Bayat, M., Aminian, J., Bazmi, M., Shahhosseini, S., Sharifi, K. (2012). CFD modeling of fouling in crude oil pre-heaters. *Energy Conversion and Management*, 64, 344–350. doi: <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2012.05.003>

17. Tkulich, P. (2006). A CFD solution of oil spill problems. *Environmental Modelling & Software*, 21 (2), 271–282. doi: <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2004.04.024>
18. Lin, Z., Sun, X., Yu, T., Zhang, Y., Li, Y., Zhu, Z. (2020). Gas–solid two-phase flow and erosion calculation of gate valve based on the CFD-DEM model. *Powder Technology*, 366, 395–407. doi: <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2020.02.050>
19. Sharma, S. L., Ishii, M., Hibiki, T., Schlegel, J. P., Liu, Y., Buchanan, J. R. (2019). Beyond bubbly two-phase flow investigation using a CFD three-field two-fluid model. *International Journal of Multiphase Flow*, 113, 1–15. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijmultiphaseflow.2018.12.010>
20. Sergeev, V., Vatin, N., Kotov, E., Nemova, D., Khorobrov, S. (2020). Slug Regime Transitions in a Two-Phase Flow in Horizontal Round Pipe. *CFD Simulations. Applied Sciences*, 10 (23), 8739. doi: <https://doi.org/10.3390/app10238739>
21. Dempster, W., Alshaikh, M. (2018). CFD Prediction of Safety Valve Disc Forces Under Two Phase Flow Conditions. Volume 3A: Design and Analysis. doi: <https://doi.org/10.1115/pvp2018-84745>
22. Burlutskii, E. (2018). CFD study of oil-in-water two-phase flow in horizontal and vertical pipes. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 162, 524–531. doi: <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2017.10.035>
23. Sarkar, S., Singh, K. K., Shenoy, K. T. (2019). Two-phase CFD modeling of pulsed disc and doughnut column: Prediction of dispersed phase holdup. *Separation and Purification Technology*, 209, 608–622. doi: <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2018.07.020>
24. Swery, E. E., Meier, R., Lomov, S. V., Drechsler, K., Kelly, P. (2015). Predicting permeability based on flow simulations and textile modelling techniques: Comparison with experimental values and verification of FlowTex solver using Ansys CFX. *Journal of Composite Materials*, 50 (5), 601–615. doi: <https://doi.org/10.1177/0021998315579927>
25. Nosrati, K., Tahershamsi, A., Seyed Taheri, S. H. (2017). Numerical Analysis of Energy Loss Coefficient in Pipe Contraction Using ANSYS CFX Software. *Civil Engineering Journal*, 3 (4), 288–300. doi: <https://doi.org/10.28991/cej-2017-00000091>
26. Santana, H. S., da Silva, A. G. P., Lopes, M. G. M., Rodrigues, A. C., Taranto, O. P., Lameu Silva, J. (2020). Computational methodology for the development of microdevices and microreactors with ANSYS CFX. *MethodsX*, 7, 100765. doi: <https://doi.org/10.1016/j.mex.2019.12.006>
27. Sharma, D., Mistry, A., Mistry, H., Chaudhuri, P., Murugan, P. V., Patnaik, S. et. al. (2020). Thermal performance analysis and experimental validation of primary chamber of plasma pyrolysis system during preheating stage using CFD analysis in ANSYS CFX. *Thermal Science and Engineering Progress*, 18, 100525. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tsep.2020.100525>

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.254867

#### ESTIMATING THE INITIAL STAGE IN THE PROCESS OF RADIAL-REVERSE EXTRUSION USING A TRIANGULAR KINEMATIC MODULE (p. 51–60)

**Natalia Hrudkina**

Donbass State Engineering Academy, Kramatorsk, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0914-8875>

**Vladmyr Levchenko**

O. Ya. Usikov Institute for Radio Physics and Electronics of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kharkiv, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2411-4198>

**Igramotdin Aliiev**

Donbass State Engineering Academy, Kramatorsk, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4248-8214>

**Yurii Diachenko**

Donbass State Engineering Academy, Kramatorsk, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0711-8354>

**Roman Sivak**

Vinnitsia National Agrarian University, Vinnitsia, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7459-2585>

**Liudmyla Sukhovirska**

Donetsk National Medical University, Lyman, Ukraine  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0353-9354>

Those parts of solid or hollow blanks whose shape is complex should be produced by means of combined radial-longitudinal extrusion. However, the use of combined extrusion processes with several degrees of flow freedom requires a preliminary assessment of shape formation, which is true, taking into consideration the peculiarities of evolution of strain sites at different stages of deformation. When deforming high blanks, the presence of an intermediate rigid zone can be observed, separating two autonomous strain sites. When constructing an estimation scheme of the initial stage of the process of combined radial-backward extrusion of hollow parts with a flange, the presence of an intermediate rigid zone is taken into consideration. The need to improve the devised estimation scheme is caused by significant deviations in the projected growths of a part from its experimentally derived dimensions. As an alternative to the axial rectangular kinematic module of the lower deformation site, the use of an axial triangular module has been proposed, whose effectiveness is demonstrated in simulating the process of radial-longitudinal extrusion with expansion. The rationality of the proposed replacement was revealed, both for forecasting the forced mode of the deformation process and for the gradual part's shape formation. This has made it possible to reduce the projected estimates to 10 % in terms of the increase in the size of a part based on a comparative analysis with experimentally derived data. It is recommended to use the devised scheme for modeling the initial stage of the process for relatively high blanks at  $H_0/h_f > 4..6$ ; the limitation is the degeneration of the intermediate rigid zone. This will contribute to compiling recommendations for expanding the possibilities of using combined radial-backward extrusion of hollow parts with a flange during production.

**Keywords:** combined extrusion, process modeling, energy method, kinematic module, forced mode, shape formation.

#### References

1. Kukhar, V. V. (2015). Producing of elongated forgings with sharpened end by rupture with local heating of the workpiece method. *Metallurgical and Mining Industry*, 6, 122–132. Available at: <https://www.metaljournal.com.ua/assets/Journal/MMI-6/016-Kukhar.pdf>
2. Shapoval, A., Drahobetskyi, V., Savchenko, I., Gurenko, A., Markov, O. (2020). Profitability of Production of Stainless Steel + Zirconium Metals Combination Adapters. *Key Engineering Materials*, 864, 285–291. doi: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/kem.864.285>
3. Markov, O., Kukhar, V., Zlygoriev, V., Shapoval, A., Khvashchynskyi, A., Zhytnikov, R. (2020). Improvement of upsetting process of four-beam workpieces based on computerized and physical modeling. *FME Transactions*, 48 (4), 946–953. doi: <https://doi.org/10.5937/fme2004946m>
4. Zhibankov, I., Aliieva, L., Malii, K. (2020). Simulation of microstructure changes of steel during the open die forging process. *Journal of Chemical Technology and Metallurgy*, 55 (3), 523–529. Available at: [https://dl.uctm.edu/journal/node/j2020-3/4\\_19-278\\_p\\_523-529.pdf](https://dl.uctm.edu/journal/node/j2020-3/4_19-278_p_523-529.pdf)



5. Kukhar, V., Balalayeva, E., Hurkovska, S., Sahirov, Y., Markov, O., Prysiaznyi, A., Anishchenko, O. (2019). The Selection of Options for Closed-Die Forging of Complex Parts Using Computer Simulation by the Criteria of Material Savings and Minimum Forging Force. *Intelligent Communication, Control and Devices*, 325–331. doi: [https://doi.org/10.1007/978-981-13-8618-3\\_35](https://doi.org/10.1007/978-981-13-8618-3_35)
6. Gribkov, E. P., Malyhin, S. O., Hurkovskaya, S. S., Berezhnaya, E. V., Merezko, D. V. (2022). Mathematical modelling, study and computer-aided design of flux-cored wire rolling in round gauges. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 119 (7-8), 4249–4263. doi: <https://doi.org/10.1007/s00170-022-08662-x>
7. Kulagin, R., Beygelzimer, Y., Estrin, Y., Ivanisenko, Y., Baretzky, B., Hahn, H. (2019). A Mathematical Model of Deformation under High Pressure Torsion Extrusion. *Metals*, 9 (3), 306. doi: <https://doi.org/10.3390/met9030306>
8. Bhaduri, A. (2018). *Extrusion*. Springer Series in Materials Science, 599–646. doi: [https://doi.org/10.1007/978-981-10-7209-3\\_13](https://doi.org/10.1007/978-981-10-7209-3_13)
9. Marini, D., Cunningham, D., Corney, J. R. (2017). Near net shape manufacturing of metal: A review of approaches and their evolutions. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*, 232 (4), 650–669. doi: <https://doi.org/10.1177/0954405417708220>
10. Ogorodnikov, V. A., Dereven'ko, I. A., Sivak, R. I. (2018). On the Influence of Curvature of the Trajectories of Deformation of a Volume of the Material by Pressing on Its Plasticity Under the Conditions of Complex Loading. *Materials Science*, 54 (3), 326–332. doi: <https://doi.org/10.1007/s11003-018-0188-x>
11. Alieva, L. I. (2018). *Sovershenstvovanie protsessov kombinirovannogo vydavlivaniya*. Kramatorsk: OOO «Tirazh - 51», 352.
12. Aliev, I. S. (1988). Radial extrusion processes. *Soviet Forging and Sheet Metal Stamping Technology*, 6, 1–4.
13. Kalyuzhnyi, V. L., Alieva, L. I., Kartamyshev, D. A., Savchinskii, I. G. (2017). Simulation of Cold Extrusion of Hollow Parts. *Metallurgist*, 61 (5-6), 359–365. doi: <https://doi.org/10.1007/s11015-017-0501-1>
14. Perig, A. (2015). Two-parameter Rigid Block Approach to Upper Bound Analysis of Equal Channel Angular Extrusion Through a Segal 20-die. *Materials Research*, 18 (3), 628–638. doi: <https://doi.org/10.1590/1516-1439.004215>
15. Alyushin, Yu. A. (2012). *Mekhanika tverdogo tela v peremennykh Lagranzha*. Moscow: Mashinostroenie, 192.
16. Shestakov, N. A. (1998). *Energeticheskie metody rascheta protsessov obrabotki metallov davleniem*. Moscow: MGIU, 125.
17. Hu, Y., Lai, Z., Zhang, Y. (2007). The study of cup-rod combined extrusion processes of magnesium alloy (AZ61A). *Journal of Materials Processing Technology*, 187-188, 649–652. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jmatprot.2006.11.054>
18. Lee, D. J., Kim, D. J., Kim, B. M. (2003). New processes to prevent a flow defect in the combined forward–backward cold extrusion of a piston-pin. *Journal of Materials Processing Technology*, 139 (1-3), 422–427. doi: [https://doi.org/10.1016/s0924-0136\(03\)00515-6](https://doi.org/10.1016/s0924-0136(03)00515-6)
19. Lee, H. I., Hwang, B. C., Bae, W. B. (2001). A UBET analysis of non-axisymmetric forward and backward extrusion. *Journal of Materials Processing Technology*, 113 (1-3), 103–108. doi: [https://doi.org/10.1016/s0924-0136\(01\)00666-5](https://doi.org/10.1016/s0924-0136(01)00666-5)
20. Aleksandrov, A. A., Evstifeev, V. V., Koval'chuk, A. I., Evstifeev, A. V. (2012). *Matematicheskoe modelirovanie protsessov vydavlivaniya konicheskikh flantsev na trubnoy zagotovke*. *Vestnik SibADI*, 6 (28), 93–98.
21. Golovin, V. A. et. al. (2005). *Razrabotka i issledovanie protsessov kholodnoy obemnoy shtampovki polykh osesimmetrichnykh detaley slozhnoy formy*. *Kuznechno-shtampovochnoe proizvodstvo. Obrabotka materialov davleniem*, 11, 35–38.
22. Lee, H. Y., Hwang, B. B., Lee, S. H. (2012). Forming load and deformation energy in combined radial backward extrusion process. *Proceedings of the Int. Conf. "Metal Forming 2012"*. Krakow, 487–490.
23. Noh, J., Hwang, B. B., Lee, H. Y. (2015). Influence of punch face angle and reduction on flow mode in backward and combined radial backward extrusion process. *Metals and Materials International*, 21 (6), 1091–1100. doi: <https://doi.org/10.1007/s12540-015-5276-y>
24. Vlasenko, K., Hrudkina, N., Reutova, I., Chumak, O. (2018). Development of calculation schemes for the combined extrusion to predict the shape formation of axisymmetric parts with a flange. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (1 (93)), 51–59. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.131766>
25. Hrudkina, N., Aliieva, L. (2020). Modeling of cold extrusion processes using kinematic trapezoidal modules. *FME Transactions*, 48 (2), 357–363. doi: <https://doi.org/10.5937/fme2002357h>
26. Hrudkina, N., Aliieva, L., Abhari, P., Kuznetsov, M., Shevtsov, S. (2019). Derivation of engineering formulas in order to calculate energy-power parameters and a shape change in a semi-finished product in the process of combined extrusion. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (7 (98)), 49–57. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.160585>
27. Hrudkina, N. S., Markov, O. E., Shapoval, A. A., Titov, V. A., Aliiev, I. S., Abhari, P., Malii, K. V. (2022). Mathematical and computer simulation for the appearance of dimple defect by cold combined extrusion. *FME Transactions*, 50 (1), 90–98. doi: <https://doi.org/10.5937/fme2201090h>
28. Farhoumand, A., Ebrahimi, R. (2009). Analysis of forward–backward-radial extrusion process. *Materials & Design*, 30 (6), 2152–2157. doi: <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2008.08.025>
29. Farhoumand, A., Ebrahimi, R. (2016). Experimental investigation and numerical simulation of plastic flow behavior during forward-backward-radial extrusion process. *Progress in Natural Science: Materials International*, 26 (6), 650–656. doi: <https://doi.org/10.1016/j.pnsc.2016.12.005>
30. Jafarzadeh, H., Barzegar, S., Babaei, A. (2014). Analysis of Deformation Behavior in Backward–Radial–Forward Extrusion Process. *Transactions of the Indian Institute of Metals*, 68 (2), 191–199. doi: <https://doi.org/10.1007/s12666-014-0441-4>
31. Hrudkina, N., Aliieva, L., Markov, O., Malii, K., Sukhovirskaya, L., Kuznetsov, M. (2020). Predicting the shape formation of parts with a flange and an axial protrusion in the process of combined aligned radial-direct extrusion. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (1 (107)), 110–117. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.212018>
32. Hrudkina, N. (2021). Process modeling of sequential radial-direct extrusion using curved triangular kinematic module. *FME Transactions*, 49 (1), 56–63. doi: <https://doi.org/10.5937/fme2101056h>

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.254688

**DETERMINING THE INFLUENCE OF GEOMETRIC PARAMETERS OF THE TRACTION-TRANSPORTATION VEHICLE'S FRAME ON ITS TRACTIVE CAPACITY AND ENERGY INDICATORS (p. 61–67)**

Roman Antoshchenkov

State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0769-7464>

Ivan Halych

State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9137-036X>

**Anton Nikiforov**

State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-7788-8878>

**Halyna Cherevatenko**

State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-8972-3875>

**Ivan Chyzykyov**

Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University,  
 Melitopol, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-3022-4828>

**Serhii Sushko**

Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University,  
 Melitopol, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-2933-2573>

**Nataliia Ponomarenko**

Dnipro State Agrarian and Economic University, Dnipro, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-8263-2914>

**Sergey Diundik**

National Academy of the National Guard of Ukraine,  
 Kharkiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-3558-0028>

**Ivan Tsebruk**

National Academy of the National Guard of Ukraine,  
 Kharkiv, Ukraine  
**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-4246-8854>

This paper reports results of studying the influence of geometrical parameters of the frame in a traction-transportation vehicle on its traction and energy indicators. A method for estimating the influence of geometrical parameters of the frame in a traction-transportation vehicle on its traction and energy indicators has been substantiated, based on the traction calculation of the tractor and taking into consideration the change in the distance from the hinge of the traction-transportation vehicle to the front and rear drive axles. The method makes it possible to determine the normal reactions, tangent thrust forces, and traction power on the wheels of the machine. The method reported here enables defining the optimal geometric parameters for improving the traction-adhesion and fuel-economic indicators of the traction-transportation vehicle. It was theoretically established that the normal reactions on the front wheels of the studied traction-transportation vehicle are 27,800 N and exceed by 1.95 times the normal reactions on the rear wheels of 14,200 N. This is due to the fact that the distance from the hinge to the corresponding axles of the wheels is 1.89 m and 0.97 m. Increasing the distance from the hinge to the axle of the rear wheels to 1.17 m produces a positive effect on improving the tractive performance of the traction-transportation vehicle. There is an increase in the tractive power on rear wheels to 24.39 kW. The experimental study of the traction-transportation vehicle was performed using an all-wheel-drive machine with a hinge-connected frame as an example. The maximum traction power is 121 kW, which is achieved at a speed of 12 km/h, traction efficiency of 0.68, and a thrust force per hook of 30.2 kN. The difference between the results obtained theoretically and experimentally is 8 %. Applying the method could make it possible to provide designers and manufacturers with recommendations for the construction and improvement of a traction-transportation vehicle, to improve traction and adhesion properties, and reduce the anthropogenic impact on the soil.

**Keywords:** tractive force, thrust force, normal reaction, geometrical parameters, traction-transportation vehicle.

**References**

1. Antoshchenkov, R. V. (2017). *Dynamika ta enerhetyka rukhu bahatoelementnykh mashynno-traktornykh ahreativ*. Kharkiv: KhNTUSH, 244.
2. Rekhliitskiy, O. V., Chuprynin, Yu. V. (2013). Ratsional'noe raspredelenie massy po oporam samokhodnogo kormouborochnogo kombayna. *Vestnik Gomel'skogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta imeni P. O. Sukhogo*, 4, 49–57. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/ratsionalnoe-raspredelenie-massy-po-oporam-samohodnogo-kormouborochnogo-kombayna>
3. Galych, I., Antoshchenkov, R., Antoshchenkov, V., Lukjanov, I., Diundik, S., Kis, O. (2021). Estimating the dynamics of a machine-tractor assembly considering the effect of the supporting surface profile. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (7 (109)), 51–62. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.225117>
4. 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>
5. Panchenko, A., Voloshina, A., Luzan, P., Panchenko, I., Volkov, S. (2021). Kinematics of motion of rotors of an orbital hydraulic machine. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1021 (1), 012045. doi: <https://doi.org/10.1088/1757-899x/1021/1/012045>
6. Nazarova, O. (2020). Computer Modeling of Multi-Mass Electromechanical Systems. The Third International Workshop on Computer Modeling and Intelligent Systems (CMIS-2020). Zaporizhzhia. Available at: <http://ceur-ws.org/Vol-2608/paper36.pdf>
7. Nazarova, O., Osadchyy, V., Brylysty, V. (2020). Research on the Influence of the Position of the Electric Vehicles Mass Center on Their Characteristics. 2020 IEEE Problems of Automated Electrodrive. Theory and Practice (PAEP). doi: <https://doi.org/10.1109/paep49887.2020.9240824>
8. Antoshchenkov, R., Nikiforov, A., Galych, I., Tolstolutskiy, V., Antoshchenkova, V., Diundik, S. (2020). Solution of the system of gas-dynamic equations for the processes of interaction of vibrators with the air. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (7 (104)), 67–73. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.198501>
9. Nikiforov, A., Nykyforova, A., Antoshchenkov, R., Antoshchenkova, V., Diundik, S., Mazanov, V. (2021). Development of a mathematical model of vibratory non-lift movement of light seeds taking into account the aerodynamic forces and moments. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (1 (111)), 70–78. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.232508>
10. Adamchuk, V., Petrychenko, I., Korenko, M., Beloev, H., Borisov, B. (2015). Study plane-parallel motion movement combined seeding unit. III International scientific and technical congress agricultural machinery proceedings. Varna, 7–11.
11. Tajanowskij, G., Tanas, W., Pawlowski, T. (2007). Distribution of loadings in transmission of traction power means with all driving wheels and with system of pumping of tyres at work with mounted instruments. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 52 (2), 30–34.
12. Artiomov, N., Antoshchenkov, R., Antoshchenkov, V., Ayubov, A. (2021). Innovative approach to agricultural machinery testing. 20th International Scientific Conference Engineering for Rural Development Proceedings. doi: <https://doi.org/10.22616/er-dev.2021.20.tf150>
13. Bulgakov, V., Ivanovs, S., Adamchuk, V., Antoshchenkov, R. (2019). Investigations of the Dynamics of a Four-Element Machine-and-Tractor Aggregate. *Acta Technologica Agriculturae*, 22 (4), 146–151. doi: <https://doi.org/10.2478/ata-2019-0026>

14. Tajanowskij, G., Tanaś, W. (2012). Analysis of movement kinematics at turn of wheel tractor with semi-trailer with articulated operated draught bar. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 57, 190–196.
15. Bulgakov, V., Ivanovs, S., Nadykto, V., Kuvachov, V., Masalabov, V. (2018). Research on the turning ability of a two-machine aggregate. *INMATEH-Agricultural Engineering*, 54 (1), 139–146.
16. Padureanu, V., Lupu, M. I., Canja, C. M. (2013). Theoretical research to improve traction performance of wheeled tractors by using a supplementary driven axle. 5th International Conference: Computational Mechanics and Virtual Engineering. Brasov, 410–415. Available at: <http://aspekt.unitbv.ro/jspui/bitstream/123456789/415/1/410%20-%20415%2c%20Padureanu%201.pdf>
17. Bulgakov, V., Pascuzzi, S., Santoro, F., Anifantis, A. (2018). Mathematical Model of the Plane-Parallel Movement of the Self-Propelled Root-Harvesting Machine. *Sustainability*, 10 (10), 3614. doi: <https://doi.org/10.3390/su10103614>
18. Tajanowskij, G. A. (2001). The conception and tasks structure system of the analysis and approval of tractors transport units. *News of Mogilev State Technical University*, 1, 173–178.
19. Macmillan, R. H. (2002). *The mechanics of tractor-implement performance: theory and worked examples: a textbook for students and engineers*. The University of Melbourne, 166. Available at: <https://rest.neptune-prod.its.unimelb.edu.au/server/api/core/bitstreams/1fb33cfd-03a2-523e-9958-bfcceebc9ef5/content>
20. Dzyuba, O., Dzyuba, A., Polyakov, A., Volokh, V., Antoshchenkov, R., Mykhailov, A. (2019). Studying the influence of structural-mode parameters on energy efficiency of the plough PLN-3-35. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (1 (99)), 55–65. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.169903>

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.253770

### АДАПТАЦІЯ НЕСУЧОЇ КОНСТРУКЦІЇ НАПІВВАГОНА ДО ПЕРЕВЕЗЕНЬ ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНИХ ВАНТАЖІВ (с. 6–13)

О. В. Фомін, А. О. Ловська, М. В. Хара, І. В. Ніколаєнко, А. С. Литвиненко, С. С. Сова

Проведено визначення навантаженості несучої конструкції універсального напіввагона при перевезенні в ньому вантажу з температурою 700 °С. Встановлено, що при цьому максимальні еквівалентні напруження значно перевищують допустимі. Максимальна температура вантажу, при якій показники міцності несучої конструкції напіввагона не перевищують допустимих значень, складає 94 °С. Разом з цим температура вантажу, що перевозиться у вагонах залізницею, може мати значно більші величини. У зв'язку з цим для можливості використання напіввагонів для перевезень вантажів з підвищеною температурою є можливим розміщувати їх у термостійких контейнерах відкритого типу – флетах. Тому в рамках дослідження запропоновано конструкцію флета з випуклими стінами. Така конфігурація бокових стін дозволяє підвищити корисний об'єм контейнера на 8 % у порівнянні з прототипом. В якості матеріалу флета застосовується композит з термостійкими властивостями. Для обґрунтування запропонованого рішення проведено розрахунок на міцність флета. Встановлено, що максимальні еквівалентні напруження в несучій конструкції флета складають близько 300 МПа та не перевищують допустимі.

Для визначення основних показників динаміки напіввагона, завантаженого флетами, проведено математичне моделювання його динамічної навантаженості. Результати розрахунку показали, що прискорення, які діють в центрі мас несучої конструкції напіввагона, складають близько 1,5 м/с<sup>2</sup>. Коефіцієнт вертикальної динаміки дорівнює 0,22. Розраховані показники динаміки знаходяться в межах допустимих значень.

Проведені дослідження сприятимуть підвищенню ефективності використання напіввагонів та створенню напрацювань щодо проектування інноваційних конструкцій транспортних засобів.

**Ключові слова:** транспортна механіка, несуча конструкція, навантаженість кузова, температурний вплив, термостійкий флет.

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.254218

### АНАЛІЗ МІЦНОСТІ ПОПЕРЕДНЬО НАПРУЖЕНИХ ВЕРТИКАЛЬНИХ ЦИЛІНДРИЧНИХ СТАЛЕВИХ РЕЗЕРВУАРІВ ДЛЯ НАФТИ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ТА ДИНАМІЧНИХ НАВАНТАЖЕННЯХ (с. 14–21)

Timur Tursunkululy, Nurlan Zhangabay, Konstantin Avramov, Maryna Chernobryvko, Ulanbator Suleimenov, Akmaral Utelbayeva, Duissenbekov Bolat, Aikozov Yermurat, DautbekBakdaulet, Zhuldyz Abdimanat

Запропоновано дослідження впливу типу обмотки на напружено-деформований стан стінки сталевих циліндричних резервуарів, заповненого нафтою до заданого рівня. Аналізувалися форми вільних коливань нафти у резервуарі та вплив типу обмотки на власні частоти конструкції. Оцінка напруги в стінці резервуара проводилася на основі скінчено-елементного моделювання деформування тривимірної моделі конструкції під дією розподіленого тиску нафти на внутрішню поверхню стінки та напруги на зовнішній поверхні стінки. Напряга створювалася з обмотки різного типу з урахуванням рівня наливу нафти, кроку намотування обмотки та механічних характеристик нитки.

Проведено дослідження напружено-деформованого стану циліндричного резервуару з обмоткою при повному, половинному заповненні нафтою та без нафти. Моделювалися три варіанти обмотки: з одним, з подвійним та потрійним інтервалом. Розглядалися два типи обмотки: із високоміцного сталевих дроту та з композитної нитки. Отримано, що при обмотці стінки резервуару сталевим дротом із потрійним інтервалом напруга в конструкції не перевищує 34,2 % границі плинності. При цьому висота наливу нафти істотно не впливає на її міцність. Використання композитної нитки призводить до зростання напруги до 47,2 % від границі плинності, але дозволяє знизити масу резервуару з обмоткою. При обмотці композитною ниткою з потрійним інтервалом маса конструкції збільшується лише на 3,6 %. Отримані результати дозволять ефективно використовувати попередню напругу з метою покращення міцності та динамічних характеристик у досліджуваних конструкціях з урахуванням обмотки з різних матеріалів.

**Ключові слова:** сталевий резервуар, попередня напруга, коливання резервуару, експлуатаційні навантаження, крок намотування.

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.254315

### ВИЯВЛЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БАЛОК АВТОДОРОЖНИХ МОСТІВ ПРИ ПІДСИЛЕННІ ПРОГОНОВИХ БУДОВ (с. 22–28)

С. В. Ключник, Д. С. Співак, І. Ф. Горюшкін

Технологія виконання ремонту залізобетонних мостів, зазвичай, передбачає закриття руху на одній половині споруди та виконання робіт на ній, при можливості подальшого руху автомобільного навантаження на другій частині споруди. Основний процес, що цікавить практиків в плані твердіння бетону, який відбувається в балках прогонової будови при проходженні тимчасового рухомого навантаження, – це деформації. До моменту закінчення схоплювання цементу свіжоукладеного бетону накладної плити



підсилення потрібно створити необхідні умови для цього (температура, вологість, нерухомість в часі та інше). Коли бетон ще не має міцності, переміщення, що виникають в прогоновій будові, спричиняють руйнування цементного каменю на стадії формування. Необхідно дослідити наявність деформацій, та їх вплив на неможливість утворення цілісної структури бетону і зчеплення його з арматурними елементами, що об'єднують існуючу плиту з новою.

Дослідженням встановлені деформації від тимчасового навантаження від 1,61 до 5,83 мм, що мають негативний вплив на процес застигання бетону плити підсилення для прогонової будови під час ремонту автодорожнього мосту. Виконується програмне обчислення об'ємних моделей на прикладі моста автомобільної дороги М-04. Із наочно отриманих результатів формулюються висновки, що технологія виконання ремонтних робіт не враховує необхідних умов для якісного набору міцності бетону додаткової плити.

В результаті досліджень встановлено, що роботи з бетонування додаткової накладної плити підсилення при наявності вібраційних впливів від тимчасового навантаження на прогонову будову, через руйнування бетону на стадії твердіння, виконувати не можна.

На підставі виникнення вищеописаної проблеми сформовано і проаналізовано декілька шляхів її вирішення та запропоновано найкращий із них.

**Ключові слова:** ремонт мостів, бетонні автодорожні балки, плита підсилення, деформації, структура бетону.

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.255275

### ВПЛИВ ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ АВТОДОРОЖНЬОГО МОСТУ НА ЕКСПЛУАТАЦІЙНУ БЕЗПЕКУ (с. 29–34)

Ivan Bondar, Mikhail Kvashnin, Dinara Aldekeyeva, Bekzhanova Saule, Aliya Izbaierova, Assem Akbayeva

У статті розглядаються питання щодо забезпечення безпеки руху транспортних засобів на штучних спорудах. Забезпечення безпеки у сфері залізничного транспорту є найважливішим елементом діяльності всіх суб'єктів ринку залізничних послуг, зокрема пасажирських перевізників. Для повного вивчення питань деформованого стану балкових прогонових будов необхідно проведення статичних та динамічних випробувань. Перед початком випробувань обов'язково перевіряється технічний стан штучної споруди:

- 1) візуальний огляд, спеціальні перевірки із перевіркою необхідних параметрів;
- 2) проведення контрольних лінійних вимірів;
- 3) вибіркоче визначення міцності бетону неруйнівними способами.

Спочатку проводять статичні випробування для визначення сумарних деформацій кожної балки прогону в контрольній точці з максимальними деформаціями  $\frac{1}{2} L$ . Потім проводять динамічні випробування з визначенням періодів власних коливань і деформацій (напружень). Обробка результатів обстежень та випробувань шляхопроводу з оцінкою можливості проходження розрахункових навантажень на автодорожній міст, після чого складається динамічний паспорт транспортної споруди. Вивчення напруженого стану транспортних засобів дає чітке уявлення про причини виникнення деформацій в елементах конструкції при аналізі роботи прогонової будови автодорожнього мосту в умовах зростаючих осьових навантажень та швидкостей транспортних потоків. Деформаційні процеси призводять до дефектів, конструктивних руйнувань та аварій на транспортному засобі, що призводить до передчасного зносу, матеріальних збитків та збитків навколишньому середовищу. Періодичні виміри деформацій (напруження) конструкції надбудови протягом декількох років дозволять спрогнозувати зміну її стану в часі і визначити залишковий ресурс по несучій здатності та вантажопідйомності. В результаті експериментальних досліджень було доведено, що представлена методика, розроблена в класичному варіанті для виявлення структурних дефектів між одношаровим покриттям та основою різних типів, може ефективно працювати і у разі неруйнівного контролю багатошарових конструкцій.

**Ключові слова:** безпека, автодорожній міст, напружений стан, техогляд, статичні та динамічні випробування.

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.254573

### ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ДІАМЕТРУ СКЛОПЛАСТИКОВОЇ ТРУБИ НА ДЕФОРМОВАНИЙ СТАН ТРАНСПОРТНОЇ СПОРУДИ «НАСИП-ТРУБА» ЗАЛІЗНИЧНОЇ КОЛІЇ (с. 35–43)

В. В. Ковальчук, Ю. Г. Соболевська, А. М. Онищенко, О. М. Баль, І. Б. Кравець, А. Я. Пенцак, Б. З. Парнета, А. Я. Кузишин, В. В. Боярко, О. М. Возняк

Проведено аналіз застосування склопластикових труб у тілі насипу залізничної колії методом продавлювання земляного полотна.

Удосконалено плоску стержневу модель для оцінки деформованого стану транспортної споруди «насип-склопластикова труба» методом сил при заміні поперечного перерізу труби полігональним.

В аналітичній моделі враховано взаємодію труби з ґрунтом насипу залізничної колії. Для цього у розрахункову схему вводяться радіальні та тангенціальні пружні в'язі, які дозволяють моделювати пружний відпір ґрунту, а також сили тертя, які виникають при контакті ґрунту з трубою.

Проведено розрахунок деформованого стану транспортної споруди «насип-склопластикова труба» методом сил та методом скінченних елементів при дії навантаження від залізничного рухомого складу із врахуванням різного поперечного перерізу труби.

Встановлено, що із збільшенням діаметру склопластикової труби величина деформацій земляного полотна та склопластикової труби збільшується. При діаметрі труби 1,0 м величина деформації у склепінні труби становить 2,12 мм, а при діаметрі труби 3,6 м – 4,16 мм. При цьому величина деформацій земляного полотна під шпалою становить 5,2 мм та 6,0 мм відповідно.

Встановлено, що максимальні деформації земляного полотна, які виникають над трубою, при діаметрі труби 3,6 м становлять 4,46 мм. При цьому максимальні вертикальні деформації склопластикової труби виникають у склепінні труби і при діаметрі труби 3,6 м становлять 4,16 мм.

Встановлено, що максимальні горизонтальні деформації земляного полотна виникають в точках горизонтального діаметру склопластикової труби, а мінімальні горизонтальні деформації земляного полотна виникають в точках, що лежать на вертикальному діаметрі труби.

**Ключові слова:** земляне полотно, склопластикові труба, залізнична колія, горизонтальні та вертикальні деформації, еквівалентне навантаження.

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.254214

### ВИЗНАЧЕННЯ МЕХАНІЗМУ БАГАТОФАЗНОЇ ТЕЧІЇ В ГОРИЗОНТАЛЬНОМУ ТРУБОПРОВОДІ З ВИКОРИСТАННЯМ ОБЧИСЛЮВАЛЬНОЇ ГІДРОДИНАМІКИ (с. 44–50)

Ashham Mohammed Aned, Saddam Hussein Raheemah, Kareem Idan Fadheel

У даній роботі проведено обчислювальний аналіз з використанням обчислювальної гідродинаміки (ОГД). Розрахунки були виконані для дослідження реологічних характеристик багатофазної течії в горизонтальних трубопроводах. Для вивчення напруги зсуву у вертикальній трубі була розроблена нова тривимірна чисельна модель водонафтової дисперсії. Для дослідження функції напруги зсуву на стінці і тиску крапель води використовувалося програмне забезпечення ОГД. За допомогою числа Рейнольдса та рівняння Нав'є-Стокса з коефіцієнтом турбулентності  $k$  для економії енергії, був описаний діапазон течії для безперервного процесу. Змодельовані результати недавнього дослідження експериментальної методології. У даному дослідженні діаметр труби становить 40 мм, довжина – 3,5 м, моделювання та аналіз виконані за допомогою програмного забезпечення Ansys. Таким чином, геометрія була імпортована і змодельована за допомогою інструменту ОГД. Сітчаста модель була протестована та відповідно сходила. Первинні дані моделювання були успішно підтвержені експериментальними результатами. Вважалося, що ширина нафтових крапель залежить від числа Рейнольдса течії, що було підтверджено у цьому тематичному дослідженні. Діаметр крапель  $D_d$  склав 6 мм за умови руху суміші зі швидкістю 1,9 м/с. Встановлено, що найбільше значення напруги зсуву спостерігається у верхній частині труби, де частка нафти (відсічення) склала 0,3, за результатами моделювання для різних швидкостей (1,6, 2,5, 2,9 м/с) та значень частки нафти (відсічення). Результатами моделювання багатофазної течії сирої нафти для горизонтальної труби є напруги зсуву на стінці з різними швидкостями для сирої нафти у двофазній течії. А також перепад тиску за різних швидкостей для одних і тих самих рідин.

**Ключові слова:** іракська сира нафта, ОГД, МКЕ, напруга зсуву на стінці, перепад тиску.

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.254867

### РОЗРАХУНОК ПОЧАТКОВОЇ СТАДІЇ ПРОЦЕСУ РАДІАЛЬНО-ЗВОРТНОГО ВИДАВЛЮВАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ТРИКУТНОГО КІНЕМАТИЧНОГО МОДУЛЯ (с. 51–60)

Н. С. Грудкіна, В. М. Левченко, І. С. Алієв, Ю. Г. Дьяченко, Р. І. Сивак, Л. П. Суховірська

Складні за формою деталі із суцільних або порожнистих заготовок доцільно виготовляти способами комбінованого радіально-поздовжнього видавлювання. Однак використання процесів комбінованого видавлювання з декількома ступенями свободи течії вимагає попередньої оцінки формоутворення, що відповідає дійсності, з урахуванням особливостей формування осередків деформації на різних етапах деформування. При деформуванні високих заготовок може спостерігатися наявність проміжної жорсткої зони, що відокремлює два автономних осередки деформації. При побудові розрахункової схеми початкової стадії процесу комбінованого радіально-зворотного видавлювання порожнистих деталей з фланцем враховано наявність проміжної жорсткої зони. Необхідність удосконалення розробленої розрахункової схеми викликана суттєвими відхиленнями прогнозованих приrostів деталі від експериментально отриманих розмірів деталі. У якості альтернативи осьовому прямокутному кінематичному модулю нижнього осередку деформації запропоновано використання осьового трикутного модуля, ефективність застосування якого продемонстрована при моделюванні процесу радіально-поздовжнього видавлювання з роздачею. Виявлено раціональність запропонованої заміни, як із прогнозування силового режиму процесу деформування, так і поетапного формозмінення деталі. Це дозволило знизити прогнозовані оцінки до 10 % за приростами розмірів деталі згідно порівняльного аналізу з експериментально отриманими даними. Рекомендовано використання розробленої схеми для моделювання початкової стадії процесу для відносно високих заготовок при  $H_0/h_1 > 4..6$ , обмеженням є виродження проміжної жорсткої зони. Це сприятиме виробленню рекомендацій щодо розширення можливостей використання комбінованого радіально-зворотного видавлювання порожнистих деталей з фланцем на виробництві.

**Ключові слова:** комбіноване видавлювання, моделювання процесів, енергетичний метод, кінематичний модуль, силовий режим, формоутворення.

DOI: 10.15587/1729-4061.2022.254688

### ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ РАМИ ТЯГОВО-ТРАНСПОРТНОЇ МАШИНИ НА ТЯГОВО-ЕНЕРГЕТИЧНІ ПОКАЗНИКИ (с. 61–67)

Р. В. Антощенков, І. В. Галич, А. О. Никифоров, Г. І. Череватенко, І. О. Чижиков, С. Л. Сушко, Н. О. Пономаренко, С. М. Дюндик, І. В. Цєбрюк

Наведено результати дослідження впливу геометричних параметрів рами тягово-транспортної машини на тягово-енергетичні показники. Обґрунтовано метод оцінки впливу геометричних параметрів рами тягово-транспортної машини на тягово-енергетичні показники, що базується на тяговому розрахунку трактора та враховує зміну відстані від шарніру тягово-транспортної машини до передньої та задньої ведучих осей. Метод дозволяє визначити нормальні реакції, дотичні сили тяги та тягові потужності на колесах машини. Наведений метод дозволяє визначити оптимальні геометричні параметри для підвищення тягово-

зчіпних та паливо-економічних показників тягово-транспортної машини. Теоретично визначено нормальні реакції на передніх колесах досліджуваної тягово-транспортної машини складають 27800 Н та перевищують в 1,95 рази нормальні реакції на задніх колесах 14200 Н. Це відбувається внаслідок того, що відстані від шарніру до відповідних осей коліс дорівнюють 1,89 м та 0,97 м. Збільшення відстані від шарніру до осі задніх коліс до 1,17 м позитивно впливає на підвищення тягових показників тягово-транспортної машини. Відбувається підвищення тягової потужності на задніх колесах до 24,39 кВт. Експериментальні дослідження тягово-транспортної машини виконані на прикладі повнопривідної машини з шарнірно-з'єднаною рамою. Максимальна тягова потужність складає 121 кВт, яка досягається при швидкості 12 км/год, тяговому ККД 0,68 та силі тяги на гаку 30,2 кН. Розбіжність між результатами отриманими теоретично та експериментально складає 8 %. Застосування методу дозволить надати конструкторам та виробникам рекомендації щодо створення та удосконалення тягово-транспортної машини, підвищити тягово-зчіпні властивості та знизити техногенний вплив на ґрунт.

**Ключові слова:** тягова потужність, сила тяги, нормальна реакція, геометричні параметри, тягово-транспортна машина.